

Relatório de Resultados da Primeira Campanha do Projeto de Monitoramento Ambiental Regional da Bacia de Campos (PMAR-BC)

Volume I



E&P

Setembro/2021

 **PETROBRAS**

**Relatório de Resultados da Primeira Campanha do
Projeto de Monitoramento Ambiental Regional da
Bacia de Campos (PMAR-BC)**

RELATÓRIO FINAL

Volume I

Revisão 01 Setembro / 2021



E&P

CONTROLE DE REVISÕES

REV.	DESCRIÇÃO		DATA							
00	Documento Original		31/05/2021							
01	Adição do Capítulo IV.8 – Nêuston		28/09/2021							
	Original	Rev. 01	Rev. 02	Rev. 03	Rev. 04	Rev. 05	Rev. 06	Rev. 07	Rev. 08	
Data	31/05/2021	28/09/2021								
Elaboração	Diversos	Diversos								
Verificação	NOAA2	NOAA2								
Aprovação	BU6E	BU6E								

SUMÁRIO GERAL - CAPÍTULOS

LISTA DE TABELAS	xiii
LISTA DE FIGURAS	xxiv
SUMÁRIO EXECUTIVO	ii
I – APRESENTAÇÃO	1
II – AVALIAÇÃO DAS METAS DO PMAR-BC	3
III – METODOLOGIAS DE AMOSTRAGEM, ANALÍTICAS E DE TRATAMENTO DE DADOS	7
III.3.1 – MÉTODOS DE AMOSTRAGEM	8
III.3.1.1 – Períodos de Coleta e Embarcações Utilizadas	8
III.3.1.2 – Compartimento Água	10
III.3.1.2.1 – Desenho amostral	10
III.3.1.2.2 – Metodologia de coleta	15
III.3.1.3 – Compartimento Sedimento	29
III.3.1.3.1 – Desenho amostral	30
III.3.1.3.2 – Metodologia de coleta	37
III.3.2 – MÉTODOS DE ANÁLISE	46
III.3.3 – MÉTODOS DE TRATAMENTO DE DADOS	51
III.3.3.1 – Análises Estatísticas	52
III.3.3.1.1 – Análises exploratórias univariadas	52
III.3.3.1.2 – Análises exploratórias multivariadas	52
III.3.3.1.3 – Análises inferenciais multivariadas	54
IV – RESULTADOS	
IV.1 – ASPECTOS FÍSICOS (PERFIS DE CTD: T, S E OD)	65
RESUMO	66
IV.1.1 – INTRODUÇÃO	67
IV.1.1.1 – Objetivo Geral	69
IV.1.1.1.1 – Objetivos Específicos	69
IV.1.2 – METODOLOGIAS APLICADAS	70
IV.1.2.1 – Metodologia de Campo	70
IV.1.2.2 – Metodologia de Tratamento de Dados	71

IV.1.3 – RESULTADOS	72
IV.1.3.1 – Temperatura	72
IV.1.3.2- SALINIDADE	77
IV.1.3.3 – OXIGÊNIO DISSOLVIDO (OD)	82
IV.1.3.4 – CARACTERIZAÇÃO TERMOHALINA	87
IV.1.4 – DISCUSSÃO	92
IV.1.5 – CONCLUSÕES	93
IV.1.6 – REFERÊNCIAS	94
IV.2 – SENSORIAMENTO REMOTO	95
RESUMO	96
IV.2.1 – INTRODUÇÃO	97
IV.2.1.1 – Objetivo Geral	101
IV.2.1.1.1 – Objetivos Específicos	101
IV.2.2 – METODOLOGIAS APLICADAS	102
IV.2.2.1 – Base de Dados	102
IV.2.2.1.1 – Precipitação (PPT)	102
IV.2.2.1.2 – Temperatura da Superfície do Mar (TSM)	103
IV.2.2.1.3 – Clorofila na Superfície do Mar (CSM)	104
IV.2.2.2 – Delimitação dos pontos de referência	104
IV.2.2.3 – Análises	106
IV.2.3 – RESULTADOS E DISCUSSÃO	107
IV.2.3.1 – Análise regional da Bacia de Campos	107
IV.2.3.2 – Análise das características meteo- oceanográficas locais	113
IV.2.3.2.1 – Precipitação (PPT)	113
IV.2.3.2.2 – Temperatura da Superfície do Mar (TSM)	116
IV.2.3.2.3 – Clorofila-a na Superfície do Mar (CSM)	118
IV.2.4 – CONSIDERAÇÕES FINAIS	121
IV.2.5 - REFERÊNCIAS	122
IV.3 – HIDROQUÍMICA	125
RESUMO	127
IV.3.1 – INTRODUÇÃO	128
IV.3.1.1 – Objetivo Principal	130
IV.3.1.1.1 – Objetivos Específicos	130
IV.3.2 – METODOLOGIAS APLICADAS	132
IV.3.2.1 – Metodologia de Campo	132
IV.3.2.1.1 – Medição de temperatura, salinidade, OD e pH	132
IV.3.2.2 – Metodologia Analítica	133

IV.3.2.2.1 – Material particulado em suspensão (MPS), carbono orgânico particulado (COP), carbono orgânico dissolvido (COD) e carbono orgânico total (COT)	133
IV.3.2.2.2 – Nutrientes (Amônio, nitrito, nitrato, fosfato e fósforo total)	135
IV.3.2.2.3 – Fitopigmentos (clorofila a e feofitina-a)	137
Controles Analíticos	138
IV.3.2.3 – Metodologia de Tratamento de Dados	140
IV.3.3 – RESULTADOS	142
IV.3.3.1 – Variáveis físico-químicas nas três áreas da Bacia de Campos	142
IV.3.3.1.1 – Análises estatísticas multivariadas com base nas variáveis físico-químicas nas três áreas da Bacia de Campos	149
IV.3.3.2 – Distribuição de carbono (COD, COP e COT) e MPS nas três áreas da Bacia de Campos	154
IV.3.3.2.1 – Análises estatísticas multivariadas com base nas concentrações dos compostos de carbono nas três áreas da Bacia de Campos	161
IV.3.3.3 – Distribuição de nutrientes nas três áreas da Bacia de Campos	166
IV.3.3.3.1 – Análises estatísticas multivariadas com base nas concentrações de nutrientes nas três áreas da Bacia de Campos	177
IV.3.3.4 – Distribuição de fitopigmentos nas três áreas da Bacia de Campos	182
IV.3.3.4.1 – Análises estatísticas bivariadas com base nos resultados do grupo de fitopigmentos nas três áreas da Bacia de Campos	187
IV.3.3.5 – Comparações entre os projetos PMAR-BC e PCR-BC	192
IV.3.4 – DISCUSSÃO	200
IV.3.4.1 – VARIABILIDADE ESPACIAL ENTRE AS ÁREAS DO PMAR-BC	200
IV.3.4.2 – Variabilidade entre projetos PMAR- BC e PCR-BC	207
IV.3.5 – CONCLUSÕES	209
IV.3.6 - REFERÊNCIAS	211
IV.3.7 – ANEXOS	216
IV.4 – HIDROCARBONETOS EM ÁGUA	217
RESUMO	218
IV.4.1 – INTRODUÇÃO	219
IV.4.1.1 – Objetivo Principal	220
IV.4.1.1.1 – Objetivos Específicos	220
IV.4.2 – METODOLOGIAS APLICADAS	222

IV.4.2.1 – Metodologia de Campo	222
IV.4.2.2 – Metodologia Analítica	222
IV.4.2.2.1 – Pré-Tratamento das Amostras	222
IV.4.2.2.2 – Quantificação de hidrocarbonetos aromáticos e alifáticos	223
Controles Analíticos	225
IV.4.2.3 – Metodologia de Tratamento de Dados	227
IV.4.3 – RESULTADOS	229
IV.4.3.1 – Distribuição e composição de hidrocarbonetos aromáticos e alifáticos	229
IV.4.3.2 – Análises estatísticas bivariadas com base nos resultados de hidrocarbonetos em água	236
IV.4.3.2.1 – Comparações entre as águas superficiais da plataforma e do talude nas três áreas da Bacia de Campos	236
IV.4.3.2.2 – Comparações entre as profundidades de coleta da plataforma nas três áreas da Bacia de Campos	239
IV.4.3.2.3 – Comparações entre os projetos PMAR-BC e PCR-BC	243
IV.4.4 – DISCUSSÃO	247
IV.4.4.1 – Distribuição e nível de contaminação de hidrocarbonetos alifáticos e policíclicos aromáticos totais na água	247
IV.4.4.2 – Origem dos hidrocarbonetos com base nos perfis de composição individual das frações de alifáticos e HPAs	252
IV.4.4.3 – Comparação de hidrocarbonetos entre PMAR-BC e PCR-BC	256
IV.4.5 – CONCLUSÕES	259
IV.4.6 – REFERÊNCIAS	261
IV.4.7 – ANEXOS	264
IV.5 – PRODUTIVIDADE PRIMÁRIA	265
RESUMO	266
IV.5.1 – INTRODUÇÃO	267
IV.5.1.1. Objetivo Geral	269
IV.5.1.1.1. Objetivos Específicos	269
IV.5.2 – METODOLOGIAS APLICADAS	271
IV.5.2.1 – Metodologia de Campo	272
IV.5.2.2 – Metodologia Analítica	275
IV.5.2.3 – Metodologia de Tratamento de Dados	276
IV.5.3 – RESULTADOS	278
IV.5.3.1. Plataforma continental	278
IV.5.3.2. Talude	286

IV.5.3.3. Plataforma Continental x Talude	292
IV.5.3.4. Comparações PMAR-BC x PCR- BC/HABITATS	297
IV.5.4 – DISCUSSÃO	298
IV.5.5 – CONCLUSÕES	301
IV.5.6 - REFERÊNCIAS	302
IV.6 – ZOOPLÂNCTON	305
IV.6.1 – INTRODUÇÃO	307
IV.6.1.1 – Objetivo Geral	309
IV.6.1.1.1 – Objetivos Específicos	309
IV.6.2 – METODOLOGIAS APLICADAS	310
IV.6.2.1 – Metodologia de Campo	310
IV.6.2.2 – Metodologia Analítica	311
IV.6.2.2.1 – Conferência das amostras no laboratório	311
IV.6.2.2.2 – Retirada do meio conservante	312
IV.6.2.2.3 - Biomassa	312
IV.6.2.2.4 - Triagem do zooplâncton	315
IV.6.2.2.5 – Controle de qualidade das análises	318
IV.6.2.2.6 – Identificação taxonômica	318
IV.6.2.2.6 – Índices Ecológicos	318
IV.6.2.3 – Metodologia de Tratamento de Dados	320
IV.6.2.3.1 – Análises Exploratórias	320
IV.6.2.3.1.2 – Análises exploratórias multivariadas	321
IV.6.2.3.2 – Análises Inferenciais	321
IV.6.3 – RESULTADOS	322
IV.6.3.1 – Áreas Norte, Centro e Sul da Plataforma Continental	323
IV.6.3.2 – Áreas Sul, Centro e Norte do Talude	333
IV.6.3.3 - Comparação entre Plataforma e Talude	342
IV.6.3.4 – Comparação PMAR-BC e PCR-BC	350
IV.6.4 – DISCUSSÃO	362
IV.6.5 – CONCLUSÕES	368
IV.6.6 – REFERÊNCIAS	370
IV.6.7 – ANEXOS	376
IV.7 – ICTIOPLÂNCTON	377
RESUMO	378
IV.7.1 – INTRODUÇÃO	379
IV.7.1.1 – Objetivo Geral	380
IV.7.1.1.1 – Objetivos Específicos	381
IV.7.2 – METODOLOGIAS APLICADAS	382
IV.7.2.1 – Metodologia de Campo	382

IV.7.2.2 – Metodologia Analítica	383
IV.7.2.2.1 – Conferência das amostras no laboratório	383
IV.7.2.2.2 – Retirada do meio conservante	384
IV.7.2.2.3 - Biomassa	384
IV.7.2.2.4 - Triagem do icteoplâncton	388
IV.7.2.2.5 – Controle de qualidade	389
IV.7.2.2.6 – Identificação taxonômica	390
IV.7.2.2.7 – Índices Ecológicos	390
IV.7.2.3 – Metodologia de Tratamento de Dados	391
IV.7.2.3.1 – Análises Exploratórias	395
IV.7.2.3.2 – Análises Inferenciais	395
IV.7.3 – RESULTADOS	397
IV.7.3.1 – Áreas Norte, Centro e Sul da Plataforma Continental	397
IV.7.3.2 – Áreas Norte, Centro e Sul do Talude	407
IV.7.3.3 – Comparação Plataforma Continental e Talude	415
IV.7.3.4 – Comparação PMAR-BC e PCR-BC	419
IV.7.4 – DISCUSSÃO	426
IV.7.5 – CONCLUSÕES	432
IV.7.6 - REFERÊNCIAS	434
IV.7.7 – ANEXOS	441
IV.8 - NÊUSTON	443
RESUMO	444
IV.81 – INTRODUÇÃO	445
IV.8.1.1 – Objetivo Geral	446
IV.8.1.1.1 – Objetivos Específicos	447
IV.8.2 – METODOLOGIAS APLICADAS	448
IV.8.2.1 – Metodologia de Campo	448
IV.8.2.2 – Metodologia Analítica	449
IV.8.2.3 – Metodologia de Tratamento de Dados	456
IV.8.3 – RESULTADOS	460
IV. 8.3.1 – Áreas Sul, Centro e Norte da Plataforma Continental	460
IV.8.3.2 – Áreas Sul, Centro e Norte do Talude	476
IV.8.3.3 – Comparação Plataforma Continental e Talude	493
IV.8.4 – DISCUSSÃO	502
IV.8.5 – CONCLUSÕES	506
IV.8.6 – REFERÊNCIAS	507
IV.8.7 - ANEXOS	511

IV.9 – SEDIMENTOLOGIA (GRANULOMETRIA E CARBONATOS)	513
RESUMO	515
IV.9.1 – INTRODUÇÃO	516
IV.9.1.1 – Objetivo Principal	518
IV.9.1.1.1 – Objetivos Específicos	518
IV.9.2 – METODOLOGIAS APLICADAS	520
IV.9.2.1 – Metodologia de Campo	520
IV.9.2.2 – Metodologia Analítica	520
IV.9.2.2.1 – Granulometria	520
IV.9.2.2.2 – Teor de Carbonatos	521
Controles Analíticos	522
IV.9.2.3 – Metodologia de Tratamento de Dados	523
IV.9.3 – RESULTADOS	527
IV.9.3.1 – Granulometria	527
IV.9.3.1.1 - Plataforma das áreas Norte, Centro e Sul	531
IV.9.3.1.2 – Talude das áreas Norte, Centro e Sul	538
IV.9.3.1.3 – Cânions das áreas Norte e Sul	543
IV.9.3.1.4 – Análises estatísticas multivariadas com base nos resultados das classes granulométricas	548
A. Plataforma Continental	548
B. Talude e Cânions	553
C. Comparação entre os projetos PMAR- BC e PCR- BC	557
IV.9.3.2 – Carbonatos	559
IV.9.3.2.1 – Plataforma Continental das áreas Norte, Centro e Sul	561
IV.9.3.2.2 – Talude das áreas Norte, Centro e Sul	566
IV.9.3.2.3 – Cânions das áreas Sul e Norte	569
IV.9.3.2.4 – Análises estatísticas com base nos resultados dos teores de carbonatos	573
A. Plataforma Continental	573
B. Talude e Cânions	576
IV.9.4 – DISCUSSÃO	580
IV.9.4.1 – Variabilidade espacial	580
IV.9.4.1.2 – Comparação entre projetos PMAR- BC e PCR-BC	584
IV.9.5 – CONCLUSÕES	585
IV.9.6 - REFERÊNCIAS	587
IV.9.7 – ANEXOS	591
IV.10 – COMPOSIÇÃO ELEMENTAR DA MATÉRIA ORGÂNICA E FITOPIGMENTOS EM SEDIMENTOS	593
RESUMO	595
IV.10.1 – INTRODUÇÃO	596

IV.10.1.1 – Objetivo Principal	598
IV.10.1.1.1 – Objetivos Específicos	598
IV.10.2 – METODOLOGIAS APLICADAS	600
IV.10.2.1 – Metodologia de Campo	600
IV.10.2.2 – Metodologia Analítica	600
IV.10.2.2.1 – Carbono Orgânico Total (COT) e Nitrogênio Total (NT)	600
Controles Analíticos	602
IV.10.2.2.2 Fitopigmentos (clorofila-a e feofitina-a)	603
Controles Analíticos	605
IV.10.2.3 – Metodologia de Tratamento de Dados	606
IV.10.3 – RESULTADOS	608
IV.10.3.1 – Composição Elementar da Matéria Orgânica (COT e NT)	608
IV.10.3.1.1 – Plataforma das áreas Norte, Centro e Sul	612
IV.10.3.1.2 – Talude das áreas Norte, Centro e Sul	616
IV.10.3.1.3 – Cânions nas áreas Norte e Sul	619
IV.10.3.1.4 – Razões molares C:N	623
IV.10.3.1.5 – Análises estatísticas bivariadas com base nos resultados de COT e NT	624
A. Plataforma Continental	624
B. Talude e Cânions	628
C. Comparação entre os projetos PMAR- BC e PCR- BC	632
IV.10.3.2 – Fitopigmentos em Sedimentos (Clorofila-a e Feofitina-a)	634
IV.10.3.2.1 – Plataforma das áreas Norte, Centro e Sul	638
IV.10.3.2.2 – Talude nas áreas Norte, Centro e Sul	641
IV.10.3.2.3 – Cânions das áreas Norte e Sul	645
IV.10.3.2.4 – Razão Clorofila-a:Feofitina-a	648
IV.10.3.2.5 – Análises estatísticas bivariadas com base nos resultados de fitopigmentos no sedimento	649
A. Plataforma Continental	649
B. Talude e Cânions	653
C. Comparação entre os projetos PMAR- BC e PCR- BC	657
IV.10.4 – DISCUSSÃO	659
IV.10.4.1 – Variabilidade espacial da composição elementar da matéria orgânica e fitopigmentos no sedimento	659
IV.10.4.2 – Variabilidade entre projetos PMAR-BC e PCR-BC	665
IV.10.5 – CONCLUSÕES	667
IV.10.6 - REFERÊNCIAS	669
IV.10.7 – ANEXOS	674

IV.11 – METAIS E SEMIMETAIS EM SEDIMENTOS	675
RESUMO	676
IV.11.1 – INTRODUÇÃO	678
IV.11.1.1 – Objetivo Principal	681
IV.11.1.1.1 – Objetivos Específicos	681
IV.11.2 – METODOLOGIAS APLICADAS	683
IV.11.2.1 – Metodologia de Campo	683
IV.11.2.2 – Metodologia Analítica	683
IV.11.2.2.1 – Determinação Elementar (metais: Al, Ba, Cd, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb, V e Zn, semi-metal: As e não-metal: Se)	683
Pré-Tratamento das Amostras	683
Determinações por ICP OES	685
Determinações por ICP-MS	687
Determinações por GFAAS	688
Garantia da qualidade analítica	689
IV.11.2.2.2 – Determinação de Mercúrio (Hg)	692
Extração	692
Determinação Instrumental (CV AAS)	692
Garantia da qualidade analítica	693
IV.11.2.3 – Metodologia de Tratamento de Dados	695
IV.11.3 – RESULTADOS	697
IV.11.3.1 – Áreas Sul, Centro e Norte da Plataforma Continental	702
IV.11.3.2 – Áreas Sul, Centro e Norte do Talude nas isóbatas de 400 m e 700 m	705
IV.11.3.3 – Áreas Sul e Norte de Cânions nas isóbatas de 400 m e 700 m	708
IV.11.3.4 – Análises estatísticas multivariadas com base nos resultados de metais	711
Análises exploratórias multivariadas	712
Análises inferenciais multivariadas	717
IV.11.3.5 – Comparações PMAR-BC versus PCR-BC	720
Análises exploratórias multivariadas	720
Análises inferenciais multivariadas	721
Análises Inferenciais sobre Ba na comparação entre projetos	723
IV.11.4 – DISCUSSÃO	725
IV.11.4.1 – Avaliação da contaminação por metais e semi-metais e qualidade do sedimento do PMAR-BC	725
IV.11.4.2 – Distribuição e origem de metais e semi-metais	732
IV.11.4.3 – Comparação entre PMAR-BC e PCR-BC	733
IV.11.5 – CONCLUSÕES	739
IV.11.6 – REFERÊNCIAS	741

IV.12 – HIDROCARBONETOS E BIOMARCADORES DE PETRÓLEO EM SEDIMENTOS	745
RESUMO	746
IV.12.1 – INTRODUÇÃO	747
IV.12.1.1 – Objetivo Principal	750
IV.12.1.1.1 – Objetivos Específicos	750
IV.12.2 – METODOLOGIAS APLICADAS	752
IV.12.2.1 – Metodologia de Campo	752
IV.12.2.2 – Metodologia Analítica	752
IV.12.2.2.1 – Pré-Tratamento das Amostras	752
IV.12.2.2.2 – Quantificação de hidrocarbonetos aromáticos, alifáticos, HTP e biomarcadores	754
Controles Analíticos	757
IV.12.2.3 – Metodologia de Tratamento de Dados	760
IV.12.3 – RESULTADOS	763
IV.12.3.1 – Distribuição de hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (HPAs)	766
IV.12.3.2 – Distribuição de hidrocarbonetos alifáticos (totais, n-alcanos, pristano, fitano, MCNR e resolvidos)	772
IV.12.3.3 – Distribuição de hidrocarbonetos totais de petróleo (HTP)	785
IV.12.3.4 – Distribuição de biomarcadores de petróleo (hopanos e esteranos)	790
IV.12.3.5 – Análises estatísticas multivariadas com hidrocarbonetos (HPA, alifáticos e HPT) e biomarcadores (hopanos e esteranos) do PMAR-BC	798
A. Plataforma continental	804
B. Talude e cânions	809
IV.12.3.6– Comparação entre os projetos PMAR-BC e PCR-BC	814
IV.12.3.6.1 – Variáveis de hidrocarbonetos (grupo 1: HPA, AT, MCNR e HTP)	814
A. Hidrocarbonetos na plataforma	815
B. Hidrocarbonetos no talude e cânions	816
IV.12.3.6.2 – Variáveis de biomarcadores (grupo 2: hopanos e esteranos)	817
A. Biomarcadores na plataforma	818
B. Biomarcadores no talude e cânions	819
IV.12.4 – DISCUSSÃO	821
IV.12.4.1 – Avaliação da contaminação por hidrocarbonetos e qualidade do sedimento	821
IV.12.4.2 – Distribuição e origem de hidrocarbonetos	825
IV.12.4.3 – Distribuição e origem de biomarcadores	829

IV.12.4.4 – Comparação PMAR-BC e PCR-BC	831
IV.12.4.4.1 – Hidrocarbonetos	832
IV.12.4.4.2 – Biomarcadores	833
IV.12.5 – CONCLUSÕES	836
IV.12.6 - REFERÊNCIAS	838
IV.12.7 – ANEXOS	842
IV.13 - MACROFAUNA BENTÔNICA	843
RESUMO	844
IV.13.1 - INTRODUÇÃO	845
IV.13.1.1 – Objetivo Geral	848
IV.13.1.1.1 – Objetivos Específicos	848
IV.13.2 – METODOLOGIAS APLICADAS	850
IV.13.2.1 – Metodologia de Campo	850
IV.13.2.2 – Metodologia Analítica	850
IV.13.2.2.1 - Lavagem da amostra	850
IV.13.2.2.2 - Triagem e Identificação taxonômica	854
IV.13.2.2.3 - Biomassa da macrofauna	855
IV.13.2.2.4 - Controle de qualidade	856
IV.13.2.3 – Metodologia de Tratamento de Dados	857
IV.13.2.3.1 – Análises Exploratórias	857
IV.13.2.3.2 – Análises Inferenciais	858
IV.13.3 – RESULTADOS	859
IV.13.3.1 –Plataforma Continental	862
IV.13.3.1.1 – Plataforma Arenosa	870
IV.13.3.1.2 – Plataforma Carbonática	876
IV.13.3.1.3 – Plataforma Lamosa	882
IV.13.3.1.4 - Comparação PMAR-BC e PCR-BC	883
IV.13.3.2 - Talude e Cânions	889
IV.13.3.2.1 –Talude na isóbata de 400 m	889
IV.13.3.2.2 –Talude na isóbata de 700 m	905
IV.13.3.2.3 –Cânions nas isóbatas de 400 m e 700 m	911
IV.13.3.2.4 - Comparação entre PMAR-BC e PCR-BC (Talude e Cânions)	917
IV.13.4 – DISCUSSÃO	921
IV.13.5 – CONCLUSÕES	925
IV.13.6 – REFERÊNCIAS	927
IV.13.7 – ANEXOS	931
EQUIPE TÉCNICA	933

LISTA DE TABELAS

Tabela III.3.1.1-1 – Descritivo da embarcação utilizada, período de realização e atividade de cada pernada da 1ª campanha do PMAR-BC.	9
Tabela III.3.1.2.2-1 – Profundidades de coleta (S – superfície; M – meia água; F – fundo) das amostras de água para análises físico-químicas, químicas e medições in situ da coluna d'água, por estação.	16
Tabela III.3.1.2.2-2 – Procedimentos adotados para as medições e acondicionamento/conservação das amostras de água.	23
Tabela III.3.1.3.1-1 – Número de estações alocadas por área (Norte, Centro e Sul) e fácies (Arenosa, Carbonática e Lamosa) no compartimento sedimento, na província da Plataforma Continental.	36
Tabela III.3.1.3.1-2 – Número de estações alocadas por área (Norte, Centro e Sul) e isóbata (400 m e 700 m) no compartimento sedimento, nas províncias de Talude e Cânion.	36
Tabela III.3.1.3.2-1 – Procedimentos adotados para o acondicionamento / conservação das amostras de sedimento. PC: Plataforma Continental. T_C: Talude e Cânions.	45
Tabela III.3.2-1 – Compartimento Água: métodos de análise dos parâmetros e os capítulos em que estão descritos.	47
Tabela III.3.2-2 – Compartimento Sedimento: métodos de análise dos parâmetros e os capítulos em que estão descritos.	49
Tabela III.3.3.1.2-1 – Apresentação dos conjuntos de variáveis compostos por parâmetros individuais amostrados no compartimento água. Em negrito estão destacadas as variáveis selecionadas para as análises bi ou multivariadas.	53
Tabela III.3.3.1.2-2 – Apresentação dos conjuntos de variáveis compostos por parâmetros individuais amostrados no compartimento sedimento. Em negrito estão destacadas as variáveis selecionadas para as análises bi ou multivariadas.	54
Tabela III.3.3.1.3-1 – Detalhamento de estações que comporam os polígonos de comparação do PMAR-BC e PCR-BC conforme província e área.	58
Tabela III.3.3.1.3-2 – Detalhamento de estações que comporam os polígonos de comparação dos parâmetros abióticos do PMAR-BC e PCR-BC conforme área e fácies para a plataforma continental. Estações em vermelho e negrito representam as estações que também foram incorporadas à malha amostral de comparação dos parâmetros bióticos.	62
Tabela III.3.3.1.3-3 – Detalhamento de estações que comporam os polígonos de comparação dos parâmetros abióticos e bióticos do PMAR-BC e PCR-BC conforme área e isóbata para o talude.	63
Tabela III.3.3.1.3-4 – Detalhamento de estações que comporam os polígonos de comparação dos parâmetros abióticos e bióticos do PMAR-BC e PCR-BC conforme área e isóbata para os cânions.	64
Tabela IV.1.3.1-1 – Estatística básica dos dados de temperatura para cada estação na área Norte – período de janeiro/fevereiro de 2019.	75
Tabela IV.1.3.1-2 – Estatística básica dos dados de temperatura para cada estação na área Norte – período de abril de 2019.	75
Tabela IV.1.3.1-3 – Estatística básica dos dados de temperatura para cada estação na área Centro – período de abril de 2019.	76
Tabela IV.1.3.1-4 – Estatística básica dos dados de temperatura para cada estação na área Sul – período de março de 2019.	76
Tabela IV.1.3.2-1 – Estatística básica de dados de salinidade para cada estação na área Norte – período de janeiro/fevereiro de 2019.	80

Tabela IV.1.3.2-2 – Estatística básica de dados de salinidade para cada estação na área Norte – período de abril de 2019.	80
Tabela IV.1.3.2-3 – Estatística básica de dados de salinidade para cada estação na área Centro – período de abril de 2019.	81
Tabela IV.1.3.2-4 – Estatística básica de dados de salinidade para cada estação na área Sul – período de março de 2019.	81
Tabela IV.1.3.3-1 – Estatística básica de dados de OD para cada estação na área Norte – período de janeiro/fevereiro de 2019.	85
Tabela IV.1.3.3-2 – Estatística básica de dados de OD para cada estação na área Norte – período de abril de 2019.	85
Tabela IV.1.3.3-3 – Estatística básica de dados de OD para cada estação na área Centro – período de abril de 2019.	86
Tabela IV.1.3.3-4 – Valores estatísticos de dados de OD para cada estação na área Sul – período de março de 2019.	86
Tabela IV.2.2.2-1 – Polígono, pernada, data inicial e final da coleta de dados in situ.	106
Tabela IV.2.3.2.1-1 – Estatística descritiva da precipitação nos pontos de referência dos polígonos P100S, T900S, P100C, T900C, P100N e T900N ao longo das respectivas semanas de coleta amostral.	115
Tabela IV.2.3.2.2-1 – Análise estatística semanal da Temperatura da Superfície do Mar diária nos pontos de referência dos polígonos P100S, T900S, P100C, T900C, P100N e T900N ao longo das respectivas semanas de coleta amostral.	118
Tabela IV.2.3.2.3-1 – Estatística semanal da concentração de clorofila-a na superfície do mar diária nos pontos de referência dos polígonos P100S, T900S, P100C, T900C, P100N e T900N ao longo das respectivas semanas de coleta amostral.	120
Tabela IV.3.2.1.1-1 – Métodos dos parâmetros temperatura (T), salinidade (S), oxigênio dissolvido (OD) e pH adotados para as medições.	133
Tabela IV.3.2.2.1-2 – Valores dos limites de detecção e quantificação para as determinações de Carbono Orgânico Particulado (COP), Carbono Orgânico Dissolvido (COD) e Carbono Orgânico Total (COT) em amostras de água do mar.	135
Tabela IV.3.2.2.2-1 – Valores dos limites de detecção e quantificação para as determinações de amônio, nitrito, nitrato, fosfato e fósforo total, obtidos em amostras de água do mar.	137
Tabela IV.3.2.2.3-1 – Valores dos limites de detecção e quantificação para as determinações de Clorofila a e Feofitina-a em amostras de água do mar.	138
Tabela IV.3.2.2-1 – Controles de qualidade analítica adotados no presente estudo e respectiva descrição/frequência.	139
Tabela IV.3.2.3-1 – Apresentação das variáveis de hidroquímica usadas nas análises univariadas e bi ou multivariadas.	141
Tabela IV.3.3.1-1 – Resultados das variáveis físico-químicas nas amostras da 1a Campanha do PMAR-BC: valores médios, desvio padrão (DP), medianos, mínimos (Mín.) e máximos (Máx).	144
Tabela IV.3.3.1.1-1 – Resultados dos testes de inferência PERMANOVA (testes main effects e pareados) para as amostras de superfície considerando comparações entre área e província do PMAR-BC, em relação ao grupo de variáveis físico-químicas (T, S, OD e pH).	152
Tabela IV.3.3.1.1-2 – Resultados dos testes de inferência PERMANOVA para as amostras nos estratos (superfície - S, meio - M e fundo - F) coletados na plataforma do PMAR-BC, em relação ao grupo de variáveis físico-químicas (T, S, OD e pH).	153
Tabela IV.3.3.2-1 – Resultados do grupo de compostos de carbono e MPS nas amostras da 1a Campanha do PMAR-BC: valores médios, desvio padrão (DP), medianos, mínimos (Mín.) e máximos (Máx.).	156

Tabela IV.3.3.2.1-1 – Resultados dos testes de inferência PERMANOVA (testes main effects e pareados) para as amostras de superfície considerando comparações entre área e província do PMAR-BC, em relação às variáveis do grupo compostos de carbono (MPS, COT, COP e COD).	163
Tabela IV.3.3.2.1-2 – Resultados dos testes de inferência PERMANOVA (testes main effects e pareados) para as amostras nos estratos (superfície, meio e fundo) coletados na plataforma do PMAR-BC, em relação às variáveis do grupo dos compostos de carbono (COT, COP e COD).	165
Tabela IV.3.3.3-1 – Resultados do grupo de nutrientes nas amostras da 1ª Campanha do PMAR-BC: valores médios, desvio padrão (DP), medianos, mínimos (Mín.) e máximos (Máx.).	168
Tabela IV.3.3.3-2 – Resultados da razão N:P da 1ª Campanha do PMAR-BC.	174
Tabela IV.3.3.3.1-1 – Resultados dos testes de inferência PERMANOVA (testes main effects e pareados) para as amostras de superfície considerando comparações entre área e província do PMAR-BC, em relação às variáveis nutrientes (amônio, nitrito, nitrato, fosfato e fósforo total).	180
Tabela IV.3.3.3.1-2 – Resultados dos testes de inferência PERMANOVA (testes main effects e pareados) para as amostras nos estratos (superfície, meio e fundo) coletados na plataforma do PMAR-BC, em relação às variáveis nutrientes (amônio, nitrito, nitrato, fosfato e fósforo total).	181
Tabela IV.3.3.4-1 – Resultados do grupo de fitopigmentos nas amostras da 1ª Campanha do PMAR-BC: valores médios, desvio padrão (DP), medianos, mínimos (Mín.) e máximos (Máx.).	183
Tabela IV.3.3.4-2 – Resultados da razão Clorofila-a:Feofitina-a da 1ª Campanha do PMAR-BC.	186
Tabela IV.3.3.4.1-1 – Resultados dos testes de inferência PERMANOVA para as amostras de superfície considerando comparações entre área e província do PMAR-BC, em relação às variáveis do grupo de fitopigmentos (clorofila-a e feofitina-a).	189
Tabela IV.3.3.4.1-2 – Resultados dos testes de inferência PERMANOVA para as amostras nos estratos (superfície, meio e fundo) coletados na plataforma do PMAR-BC, em relação às variáveis do grupo com base o grupo de fitopigmentos (clorofila-a e feofitina-a).	191
Tabela 3.3.5-1 – PERMDISP e PERMANOVA para o grupo de variáveis físico-químicas das águas superficiais das províncias (plataforma continental e talude) nas áreas (norte, centro, sul) dos projetos PMAR-BC e PCR-BC.	196
Tabela 3.3.5-2 – PERMDISP e PERMANOVA para o grupo de compostos com carbono das águas superficiais das províncias (plataforma continental e talude) nas áreas (norte, centro, sul) dos projetos PMAR-BC e PCR-BC.	197
Tabela 3.3.5-3 – PERMDISP e PERMANOVA para o grupo de nutrientes das águas superficiais das províncias (plataforma continental e talude) nas áreas (norte, centro, sul) dos projetos PMAR-BC e PCR-BC.	198
Tabela 3.3.5-4 – PERMDISP e PERMANOVA para o grupo de pigmentos das águas superficiais das províncias (plataforma continental e talude) nas áreas (norte, centro, sul) dos projetos PMAR-BC e PCR-BC.	199
Tabela IV.3.4.1-1 – Comparação entre a concentração (mg/L) dos nutrientes (valores máximos) obtidos durante a 1ª campanha do PMAR-BC e o descrito pela Resolução CONAMA 357/2005 para águas salinas classe 1.	205
Tabela IV.4.2.2.2-1 – Condições instrumentais para determinação de hidrocarbonetos policíclicos aromáticos.	224
Tabela IV.4.2.2.2-2 – Condições instrumentais para determinação de hidrocarbonetos alifáticos.	224

Tabela IV.4.2.2-3 – Controles de qualidade analítica adotados no presente estudo e respectiva descrição/frequência.	225
Tabela IV.4.2.3-1 – Apresentação das variáveis de hidrocarbonetos analisadas em amostras de água.	227
Tabela IV.4.3.1-1 – Resultados de hidrocarbonetos nas amostras da 1a Campanha do PMAR-BC: valores médios, desvio padrão (DP), medianos, mínimos (Mín.) e máximos (Máx.).	230
Tabela IV.4.3.2.1-1 – Resultados dos testes de inferência PERMANOVA para as amostras de superfície considerando comparações entre área e província do PMAR-BC, em relação às variáveis do grupo Orgânicos (Σ 37HPAs e ATs).	238
Tabela IV.4.3.2.2-1 – Resultados dos testes de inferência PERMANOVA para as amostras nos estratos (superfície, meio e fundo) coletados na plataforma do PMAR-BC, em relação às variáveis do grupo Orgânicos (Σ 37HPAs e ATs).	242
Tabela IV.4.4.3-1 – Resultados dos testes de inferência PERMANOVA e PERMANOVA para as amostras nos estratos (superfície, meio e fundo) coletados na plataforma do PMAR-BC, em relação às variáveis do grupo Orgânicos (Σ 37HPAs e ATs).	246
Tabela IV.4.4.1-1 – Concentrações típicas de Σ 37HPAs e hidrocarbonetos alifáticos totais (ATs) em amostras de água de diferentes regiões da margem continental brasileira. Somente dados obtidos por análise de compostos individuais através de cromatografia em fase gasosa.	248
Tabela IV.4.4.1-2 – Concentrações médias (\pm desvio-padrão e faixa de variação) de hidrocarbonetos policíclicos aromáticos nas águas coletadas na campanha 1 do PMAR-BC. Número de amostras com concentração acima do limite de quantificação é indicado. Comparação com dados da legislação brasileira.	249
Tabela IV.4.4.1-3 – Diretrizes de qualidade de água no exterior para HPAs, e comparação com valores medianos obtidos nas águas da campanha 1 do PMAR-BC.	250
Tabela IV.4.4.2-1 – Contagem das observações obtidas pela análise de agrupamento apresentada na Figura IV.4.4-1.	255
Tabela IV.4.4.3-1 – Comparação das concentrações de Σ 37HPAs e ATs nas águas superficiais nas províncias (plataforma e talude) e áreas (norte, central e sul) definidas nos projetos PMAR-BC e PCR-BC .	258
Tabela IV.4.4.1-3 – Diretrizes de qualidade de água no exterior para HPAs, e comparação com valores medianos obtidos nas águas da campanha 1 do PMAR-BC.	250
Tabela IV.4.4.2-1 – Contagem das observações obtidas pela análise de agrupamento apresentada na Figura IV.4.4-1.	255
Tabela IV.4.4.3-1 – Comparação das concentrações de Σ 37HPAs e ATs nas águas superficiais nas províncias (plataforma e talude) e áreas (norte, central e sul) definidas nos projetos PMAR-BC e PCR-BC .	258
Tabela IV.6.3.1-1 – Número de amostras (N) e valores de biomassa do séston (g.m-3), densidade do zooplâncton (ind. m-3), riqueza (S), equitatividade de Pielou (J'), diversidade de Shannon (H') e dominância de Simpson (Lambda) obtidos nas áreas Norte, Centro e Sul da Plataforma Continental.	328
Tabela IV.6.3.1-2 – Densidade média (ind.m-3) dos táxons mais importantes (≥ 1 ind.m-3) nas áreas Norte, Centro e Sul da plataforma continental, e média geral consolidada (Geral).	329
Tabela IV.6.3.1-3 – Densidade média (ind.m-3) das espécies de copépodes mais importantes (≥ 10 ind.m-3) nas áreas Norte, Centro e Sul da plataforma continental, e média geral consolidada (Geral).	332

Tabela IV.6.3.2-1 – Número de amostras (N) e valores de biomassa do séston (g.m-3), densidade do zooplâncton (ind. m-3), riqueza (S), equitatividade de Pielou (J'), diversidade de Shannon (H') e dominância de Simpson (Lambda) obtidos nas áreas Norte, Centro e Sul do Talude.	338
Tabela IV.6.3.2-2 – Densidade média (ind.m-3) dos táxons mais importantes (≥ 1 ind.m-3) nas áreas Norte, Centro e Sul do talude, e média geral consolidada (Geral).	339
Tabela IV.6.3.2-3 – Densidade média (ind.m-3) das espécies de copépodes mais importantes (≥ 10 ind.m-3) nas áreas Norte, Centro e Sul do talude, e média geral consolidada (Geral).	340
Tabela IV.6.3.3-1 – Estatística descritiva (tamanho amostral – N; média; mediana; amplitude; desvio padrão - DP; coeficiente de variação - CV) das variáveis sintéticas (biomassa – g.m-3, densidade – ind.m-3, riqueza – S, equitatividade de Pielou – J', diversidade de Shannon – H' e dominância de Simpson – Lambda) nas amostras da Plataforma Continental e do Talude.	342
Tabela IV.6.3.4-1 – Número de polígonos em que houve ocorrência dos táxons principais (frequência relativa acima de 5%) consolidado para os projetos PMAR-BC e PCR-BC (A), específico para PMAR-BC (B) e específico para PCR-BC (C). Número total de polígonos por projeto (PMAR-BC e PCR-BC) = 6.	352
Tabela IV.7.2.3-1 – Táxons excluídos do conjunto de dados utilizado para realização das análises exploratórias e inferenciais das larvas de peixes.	392
Tabela IV.7.2.3-2 – Táxons selecionados para realização das análises exploratórias e inferenciais das larvas de peixes.	393
Tabela IV.7.3.1-1 – Número de amostras (N) e valores de biomassa planctônica (g. 100 m-3), densidade de ovos e densidade de larvas de peixes (ind. 100 m-3), riqueza (S), equitatividade de Pielou (J'), diversidade de Shannon (H') e dominância de Simpson (Lambda) obtidos nas áreas Norte, Centro e Sul da Plataforma Continental.	398
Tabela IV.7.3.1-2 – Densidade média de ovos de peixes (ovos. 100 m-3) e desvio padrão (DP) dos táxons de ovos de peixes coletados nas áreas Norte, Centro e Sul da Plataforma Continental.	400
Tabela IV.7.3.1-3 – Contribuição (%) dos táxons de larvas de peixes coletados para as diferenças entre as áreas Norte, Centro e Sul da Plataforma Continental. Os cinco táxons com maior contribuição foram listados. Em negrito, valores de $p < 0,05$.	406
Tabela IV.7.3.2-1 – Número de amostras (N) e valores de biomassa planctônica (g. 100 m-3), densidade de ovos e densidade de larvas de peixes (ind. 100 m-3), riqueza (S), equitatividade de Pielou (J'), diversidade de Shannon (H') e dominância de Simpson (Lambda) obtidos nas áreas Norte, Centro e Sul do Talude.	407
Tabela IV.7.3.2-2 - Densidade média de ovos de peixes (ovos. 100 m-3) e desvio padrão (DP) dos táxons de ovos de peixes coletados nas áreas Norte, Centro e Sul do Talude.	409
Tabela IV.7.3.2-3 – Contribuição (%) dos táxons de larvas de peixes coletados para as diferenças entre as áreas Norte, Centro e Sul do Talude. Os cinco táxons com maior contribuição foram listados. Em negrito, valores de $p < 0,05$.	412
Tabela IV.7.3.3-1 – Contribuição (%) dos táxons de larvas de peixes coletados para as diferenças entre a Plataforma Continental e Talude nas áreas Norte, Centro e Sul da Bacia de Campos. Os cinco táxons com maior contribuição foram listados. Em negrito, valores de $p < 0,05$.	417
Tabela IV.7.3.4-1 – Contribuição (%) dos táxons de larvas de peixes coletados para as diferenças entre a PMAR-BC e PCR-BC nas áreas da Plataforma Continental e Talude da Bacia de Campos. Os cinco táxons com maior contribuição foram listados. Em negrito, valores de $p < 0,05$.	425

Tabela IV.8.2.3-1 – Táxons excluídos do conjunto de dados utilizado para realização das análises exploratórias e inferenciais do ictionêuston.	457
Tabela IV.8.2.3-2 – Táxons selecionados para realização das análises exploratórias e inferenciais do ictionêuston	458
Tabela IV.8.3.1.1-1 – Número de amostras (N) e valores de biomassa (g.100 m-2) do estrato superior e inferior do nêuston obtidos nas áreas Norte, Centro e Sul da Plataforma Continental.	461
Tabela IV.8.3.1.2-1 – Número de amostras (N) e valores de densidade de zoonêuston (ind. 1000 m-2), riqueza (S), equitatividade de Pielou (J'), diversidade de Shannon (H') e dominância de Simpson (Lambda) do estrato superior do zoonêuston obtidos nas áreas Norte, Centro e Sul da Plataforma Continental.	462
Tabela IV.8.3.1.2-2 – Número de amostras (N) e valores de densidade de zoonêuston (ind. 1000 m-2), riqueza (S), equitatividade de Pielou (J'), diversidade de Shannon (H') e dominância de Simpson (Lambda) do estrato inferior do zoonêuston obtidos nas áreas Norte, Centro e Sul da Plataforma Continental.	463
Tabela IV.8.3.1.2-3 – Contribuição (%) dos táxons principais do zoonêuston coletados para as diferenças entre as áreas Norte, Centro e Sul da Plataforma Continental. Em negrito, valores de $p < 0,05$.	469
Tabela IV.8.3.1.3-1 – Número de amostras (N) e valores de densidade de ovos e larvas de peixes (ind. 1000 m-2), riqueza (S), equitatividade de Pielou (J'), diversidade de Shannon (H') e dominância de Simpson (Lambda) do estrato superior do ictionêuston obtidos nas áreas Norte, Centro e Sul da Plataforma Continental.	470
Tabela IV.8.3.1.3-2 – Número de amostras (N) e valores de densidade de ovos e larvas de peixes (ind. 1000 m-2), riqueza (S), equitatividade de Pielou (J'), diversidade de Shannon (H') e dominância de Simpson (Lambda) do estrato inferior do ictionêuston obtidos nas áreas Norte, Centro e Sul da Plataforma Continental.	471
Tabela IV.8.3.2.1-1 – Número de amostras (N) e valores de biomassa (g. 100 m-2) do estrato superior e inferior do nêuston obtidos nas áreas Norte, Centro e Sul do Talude.	476
Tabela IV.8.3.2.2-1 – Número de amostras (N) e valores de densidade de zoonêuston (ind. 1000 m-2), riqueza (S), equitatividade de Pielou (J'), diversidade de Shannon (H') e dominância de Simpson (Lambda) da interface superior do zoonêuston obtidos nas áreas Norte, Centro e Sul do Talude.	478
Tabela IV.8.3.2.2-2 – Número de amostras (N) e valores de densidade de zoonêuston (ind. 1000 m-2), riqueza (S), equitatividade de Pielou (J'), diversidade de Shannon (H') e dominância de Simpson (Lambda) da interface inferior do zoonêuston obtidos nas áreas Norte, Centro e Sul do Talude.	478
Tabela IV.8.3.2.2-3 – Contribuição (%) dos táxons principais do zoonêuston coletados para as diferenças entre as áreas Norte, Centro e Sul do Talude. Em negrito, valores de $p < 0,05$.	483
Tabela IV.8.3.2.2-1 – Número de amostras (N) e valores de densidade de ovos e larvas de peixes (ind. 1000 m-2), riqueza (S), equitatividade de Pielou (J'), diversidade de Shannon (H') e dominância de Simpson (Lambda) do estrato superior do ictionêuston obtidos nas áreas Norte, Centro e Sul do Talude.	485
Tabela IV.8.3.2.2-2 – Número de amostras (N) e valores de densidade de ovos e larvas de peixes (ind. 1000 m-2), riqueza (S), equitatividade de Pielou (J'), diversidade de Shannon (H') e dominância de Simpson (Lambda) do estrato inferior do ictionêuston obtidos nas áreas Norte, Centro e Sul do Talude.	486
Tabela IV.8.3.2.2-3 – Contribuição (%) dos táxons principais do ictionêuston coletados para as diferenças entre as áreas Norte, Centro e Sul do Talude. Em negrito, valores de $p < 0,05$.	492

Tabela IV.8.3.3.2-1 – Contribuição (%) dos táxons principais do zoonêuston coletados para as diferenças entre a Plataforma Continental e Talude nas áreas Norte, Centro e Sul da Bacia de Campos. Em negrito, valores de $p < 0,05$.	497
Tabela IV.9.2.2.1-1 – Métodos de análise de granulometria, massa analisada (g) e limites de detecção.	521
Tabela IV.9.2.2.2-1 – Método de análise de Carbonatos, massa analisada (g) e limites de detecção.	522
Tabela IV.9.2.3-1 – Apresentação das variáveis de sedimentologia usadas nas análises uni e multivariadas.	523
Tabela IV.9.2.3-2 – Escala de tamanhos de grão de Wentworth (1922).	524
Tabela IV.9.3.1-1 – Tabela resumo da estatística descritiva: média, desvio padrão (DP), mediana, mínimo (Mín) e máximo (Máx) das análises de Granulometria do PMAR-BC01.	528
Tabela IV.9.3.1.4-1 – PERMDISP e PERMANOVA para os dados do grupo de variáveis granulométricas da 1ª Campanha do PMAR-BC. Comparações entre os polígonos da plataforma.	551
Tabela IV.9.3.1.4-2 – PERMDISP e PERMANOVA para os dados do grupo de variáveis granulométricas da 1ª Campanha do PMAR-BC. Comparações entre os polígonos talude e cânions.	556
Tabela IV.9.3.1.4-3 – PERMDISP e PERMANOVA para os dados do grupo de variáveis granulométricas (multivar). Comparações entre os projetos PMAR-BC e PCR-BC.	558
Tabela IV.9.3.2-1 – Tabela resumo da estatística descritiva: média, desvio padrão (DP), mediana, mínimo (Mín) e máximo (Máx) das análises de Carbonatos na 1ª campanha do PMAR-BC.	560
Tabela IV.9.3.2.4-1 – PERMDISP e PERMANOVA para os teores de carbonatos (univar) da 1ª Campanha do PMAR-BC. Comparações entre os polígonos da plataforma.	575
Tabela IV.9.3.2.4-2 – PERMDISP e PERMANOVA para os teores de carbonatos (univar) da 1ª Campanha do PMAR-BC. Comparações entre os polígonos da talude e cânions.	579
Tabela IV.10.2.2.1-1 – Métodos de análise de Composição Elementar em Sedimentos, massa analisada (mg) e limites (LD e LQ).	602
Tabela IV.10.2.2.1-2 – Controles de qualidade analítica adotados durante as análises de composição elementar (carbono orgânico total – COT e nitrogênio total – NT).	603
Tabela IV.10.2.2.2-1 – Método de análise de Fitopigmentos (clorofila e feofitina) em sedimentos, massa analisada e limites (LD e LQ).	605
Tabela IV.10.2.2.2-2 – Controles de qualidade e analíticos adotados durante as análises de fitopigmentos (clorofila e feofitina).	605
Tabela IV.10.2.3-1 – Apresentação das variáveis da composição elementar e fitopigmentos usadas nas análises univariadas e multivariadas.	606
Tabela IV.10.3.1-1 – Tabela resumo da estatística descritiva: média, desvio padrão (DP), mediana, mínimo (Mín) e máximo (Máx) das análises de COT e NT em Sedimentos na 1ª campanha do PMAR-BC.	609
Tabela IV.10.3.1.5-1 – PERMDISP e PERMANOVA para os dados do grupo de variáveis de COT e NT (bivar) da 1ª Campanha do PMAR-BC. Comparações entre os polígonos da plataforma.	627
Tabela IV.10.3.1.5-2 – PERMDISP e PERMANOVA para os dados do grupo de variáveis de COT e NT (bivar) da 1ª Campanha do PMAR-BC. Comparações entre os polígonos de talude e cânions.	631

Tabela IV.10.3.1.5-3 – PERMDISP e PERMANOVA para os dados do grupo de variáveis COT e NT (bivar) da 1ª Campanha do PMAR-BC. Comparações entre os projetos PMAR-BC e PCR-BC.	634
Tabela IV.10.3.2-1 – Tabela resumo da estatística descritiva: média, desvio padrão (DP), mediana, mínimo (Mín) e máximo (Máx) das análises de fitopigmentos (clorofila-a, feofitina-a) em sedimentos na 1ª campanha do PMAR-BC.	635
Tabela IV.10.3.2.5-1 – PERMDISP e PERMANOVA para os dados do grupo de variáveis de clorofila-a e feofitina-a (bivar) da 1ª Campanha do PMAR-BC. Comparações entre os polígonos da plataforma.	652
Tabela IV.10.3.2.5-2 – PERMDISP e PERMANOVA para os dados do grupo de variáveis de clorofila-a e feofitina-a (bivar) da 1ª Campanha do PMAR-BC. Comparações entre os polígonos de talude e cânions.	656
Tabela IV.10.3.2.5-3 – PERMDISP e PERMANOVA para os dados do grupo de variáveis clorofila-a e feofitina-a da 1ª Campanha do PMAR-BC. Comparações entre os projetos PMAR-BC e PCR-BC.	658
Tabela IV.11.2.2.1-1: Linhas analíticas empregadas na determinação elementar com ICP-OES.	686
Tabela IV.11.2.2.1-2: Dados da curva analítica de calibração, desvio padrão dos brancos e os limites de detecção instrumental e do método, para a determinação de metais por ICP-OES.	687
Tabela IV.11.2.2.1-3: Dados da curva analítica de calibração, desvio padrão dos brancos e os limites de detecção instrumental e do método, para a determinação de Cd por ICP-MS.	688
Tabela IV.11.2.2.1-4.: Intervalos (mínimo - máximo) das concentrações medidas de elementos traço nos brancos de frascaria, branco de campo e branco do método, medidos por ICP OES (Al, Ba, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb, Se, V, Zn), por ICP-MS (Cd) e por GF AAS (As).	690
Tabela IV.11.2.2.1-5: Valores certificados e medidos (média ± desvio padrão) das concentrações de elementos traço nos materiais de referência certificados PACS-2 e SEM-2704, determinados por ICP OES (Al, Ba, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb, Se, V, Zn), por ICP-MS (Cd) e por GF AAS (As).	691
Tabela IV.11.2.2.2-1: Intervalos (mínimo - máximo) das concentrações medidas de Hg nos brancos de frascaria, branco de campo e branco do método, medidos por CV AAS.	694
Tabela IV.11.2.2.2-2: Valores certificados e medidos (média ± desvio padrão) das concentrações de Hg no material de referência certificado MESS-3, determinados por CV AAS.	694
Tabela IV.11.3-1 – Estatística descritiva: média, desvio padrão (DP), mediana, mínimo (Mín) e máximo (Máx) das concentrações (mg kg ⁻¹) de metais e semi-metais na 1ª campanha do PMAR-BC.	698
Tabela IV.11.3.4-1: Análise PERMANOVA para os dados do grupo de variáveis metais e semimetais (multivar) da 1ª Campanha do PMAR-BC, agrupados nos diferentes polígonos: províncias (plataforma - P, talude - T e cânion - C), áreas (norte - N, centro - C, sul - S) e fácies (arenosa - A, carbonática - C e lamosa - L) ou isóbatas (400 m - 4 e 700 m - 7).	720
Tabela IV.11.3.5-1: Resultados das análises PERMDISP e PERMANOVA para os dados do grupo de variáveis metais e semimetais (multivar) agrupados nos diferentes polígonos dos projetos PMAR-BC(1) e PCR-BC: províncias (plataforma - P, talude - T e cânion - C), áreas (norte - N, centro - C, sul - S) e fácies (arenosa - A, carbonática - C e lamosa - L) ou isóbatas (400 m - 4 e 700 m - 7).	723

Tabela IV.11.3.5-2: Resultados das análises PERMDISP e PERMANOVA para os dados de Ba (univar) agrupados nos diferentes polígonos dos projetos PMAR-BC(‘) e PCR-BC: províncias (plataforma - P, talude - T e cânion - C), áreas (norte - N, centro - C, sul - S) e fácies (arenosa - A, carbonática - C e lamosa - L) ou isóbatas (400 m - 4 e 700 m - 7).	725
Tabela IV.11.4.1-1: Comparativo entre as concentrações máximas observadas para As, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb e Zn e os níveis de classificação CONAMA 454/2012 e da NOAA (valores em mg kg-1).	732
Tabela IV.11.4.1-2: Estatística descritiva do As, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb e Zn envolvendo todas as amostras analisadas. Concentrações em mg kg-1.	733
Tabela IV.11.4.3-1: Tabela comparativa entre os resultados das concentrações dos elementos estudados no presente trabalho com aquelas obtidas no projeto PCR-BC, bem como com dados existentes na literatura.	736
Tabela VI.12.2.2.1-1 – Classes de compostos e respectivos parâmetros considerados na avaliação da distribuição de hidrocarbonetos nas amostras de sedimento.	752
Tabela IV.12.2.2.1-2 - Condições instrumentais de operação do ASE.	753
Tabela VI.12.2.2.2-1 – Condições instrumentais para determinação de hidrocarbonetos policíclicos aromáticos.	755
Tabela VI.12.2.2.2-2 – Condições instrumentais para determinação de hidrocarbonetos alifáticos.	755
Tabela VI.12.2.2.2-3 – Hopanos e esteranos saturados.	756
Tabela VI.12.2.2.2-4 – Condições instrumentais para determinação de hopanos e esteranos.	757
Tabela IV.12.2.2.2-5 – Métodos de análise de Hidrocarbonetos e Biomarcadores de Petróleo em Sedimentos, massa analisada (g) e limites (LQ).	757
Tabela IV.12.2.2-6 – Controles de qualidade analítica adotados no presente estudo e respectiva descrição/frequência.	758
Tabela IV.12.2.3-1 – Apresentação das variáveis de hidrocarbonetos analisadas em sedimento – grupo 1 e grupo 2.	760
Tabela IV.12.3-1 – Tabela resumo da estatística descritiva: média, desvio padrão (DP), mediana, mínimo (Mín) e máximo (Máx) das análises de Hidrocarbonetos e Biomarcadores de Petróleo em Sedimentos na 1ª campanha do PMAR-BC.	764
Tabela IV.12.3.5-1 – PERMDISP e PERMANOVA para os dados do grupo de variáveis de orgânicos “1” – HTP, MCNR, AT, 16HPAs e 37HPAs (multivar) da 1ª Campanha do PMAR-BC, agrupados nos diferentes polígonos de plataforma.	799
Tabela IV.12.3.5-2 – PERMDISP e PERMANOVA para os dados do grupo de variáveis de orgânicos “1” – HTP, MCNR, AT, 16HPAs e 37HPAs (multivar) da 1ª Campanha do PMAR-BC, agrupados nos diferentes polígonos de talude e cânions.	800
Tabela IV.12.3.5-3 – PERMDISP e PERMANOVA para os dados do grupo de variáveis de orgânicos “2” – esteranos e hopanos (bivar) da 1ª Campanha do PMAR-BC, agrupados nos diferentes polígonos da plataforma.	801
Tabela IV.12.3.5-4 – PERMDISP e PERMANOVA para os dados do grupo de variáveis de orgânicos “2” – esteranos e hopanos (bivar) da 1ª Campanha do PMAR-BC, agrupados nos diferentes polígonos do talude e cânions.	803
Tabela IV.12.3.6.1-1 – PERMDISP e PERMANOVA para os dados do grupo de variáveis de orgânicos “1” – HTP, MCNR, AT, 16HPAs e 37HPAs (multivar) agrupados nos diferentes polígonos dos projetos PMAR-BC e PCR-BC: províncias (plataforma - P, talude - T e cânion - C), áreas (norte - N, centro - C, sul - S) e fácies (arenosa - A, carbonática - C e lamosa - L) ou isóbatas (400m - 4 e 700 m - 7).	814

Tabela IV.12.3.6.2-1 – PERMDISP e PERMANOVA para os dados do grupo de variáveis de orgânicos “2” – esteranos e hopanos (bivar) agrupados nos diferentes polígonos dos projetos PMAR-BC e PCR-BC: províncias (plataforma - P, talude - T e cânion - C), áreas (norte - N, centro - C, sul - S) e fácies (arenosa - A, carbonática - C e lamosa - L) ou isóbatas (400m - 4 e 700 m - 7).	818
Tabela IV.12.4.1-1 – Hidrocarbonetos alifáticos, poliaromáticos, HTP e biomarcadores em sedimentos coletados no PMAR-BC 1ª campanha e de outras áreas oceânicas no Brasil. Medianas e faixas de concentração mínimas e máximas entre parênteses.	823
Tabela IV.12.4.1-2 – Valores de HPAs do PMAR-BC (mediana e faixa até 0,95 percentil) e comparação com valores de background para Europa (PÉREZ-FERNÁNDEZ; VIÑAS; BARGIELA, 2019), diretrizes canadenses (TEL e PEL) e brasileira (CONAMA).	824
Tabela IV.12.4.2-1 – <i>Contagem das observações obtidas pela análise de agrupamento apresentada na Figura IV.12.4.2-1.</i>	829
Tabela IV.13.2.2.4-1 – Resultados do Controle de Qualidade do processo de triagem das amostras de plataforma continental, talude e cânions da 1ª Campanha do PMAR-BC.	857
Tabela IV.13.3.1.1-1 – Número de amostras (N) e valores de biomassa total (g.m-2), densidade (ind.m-2), riqueza (S), equitatividade de Pielou (J'), diversidade de Shannon (H') e dominância de Simpson (Lambda) obtidos nas áreas Norte (PNA), Centro (PCA) e Sul (PSA) da fácies arenosa da Plataforma Continental.	871
Tabela IV.13.3.1.1-2 – Contribuição (%) dos táxons da macrofauna bentônica para as diferenças entre as áreas Norte (PNA), Centro (PCA) e Sul (PSA) na fácies arenosa da Plataforma Continental, junto à densidade média (ind.m-2) dos táxons em cada polígono. Os cinco táxons com maior contribuição foram listados. Em negrito, valores de $p < 0,05$.	874
Tabela IV.13.3.1.2-1. Número de amostras (N) e valores de biomassa total (g.m-2), densidade (ind.m-2), riqueza (S), equitatividade de Pielou (J'), diversidade de Shannon (H') e dominância de Simpson (Lambda) obtidos nas áreas Norte (PNC), Centro (PCC) e Sul (PSC) carbonática da Plataforma Continental.	877
Tabela IV.13.3.1.2-2 – Contribuição (%) dos táxons da macrofauna bentônica para as diferenças entre as áreas Norte (PNC), Centro (PCC) e Sul (PSC) na fácies carbonática da Plataforma Continental, junto à densidade média (ind.m-2) dos táxons em cada polígono. Os cinco táxons com maior contribuição foram listados. Em negrito, valores de $p < 0,05$.	880
Tabela IV.13.3.1.3-1 – Número de amostras (N) e valores de biomassa total (g.m-2), densidade (ind.m-2), riqueza (S), equitatividade de Pielou (J'), diversidade de Shannon (H') e dominância de Simpson (Lambda) obtidos na fácies lamosa da Plataforma Continental, na área Sul.	882
Tabela IV.13.3.2.1-1 – Número de amostras (N) e valores de biomassa total (g.m-2), densidade (ind.m-2), riqueza (S), equitatividade de Pielou (J'), diversidade de Shannon (H') e dominância de Simpson (Lambda) obtidos nas três áreas (Norte, Centro e Sul) da isóbata de 400 m do Talude.	900
Tabela IV.13.3.2.1-2 – Contribuição (%) dos táxons da macrofauna bentônica para as diferenças entre as áreas Norte (TN4), Centro (TC4) e Sul (TS4) na isóbata de 400 m do Talude, junto à densidade média (ind.m-2) dos táxons em cada polígono. Os cinco táxons com maior contribuição foram listados. Em negrito, valores de $p < 0,05$.	903
Tabela IV.13.3.2.2-1 – Número de amostras (N) e valores de biomassa total (g.m-2), densidade (ind.m-2), riqueza (S), equitatividade de Pielou (J'), diversidade de Shannon (H') e dominância de Simpson (Lambda) obtidos nas três áreas (Norte, Centro e Sul) da isóbata de 700 m do Talude.	906

Tabela IV.13.3.2.2-2 – Contribuição (%) dos táxons da macrofauna bentônica para as diferenças entre as áreas Norte (TN7), Centro (TC7) e Sul (TS7) na isóbata de 700 m do Talude, junto à densidade média (ind.m-2) dos táxons em cada polígono. Os cinco táxons com maior contribuição foram listados. Em negrito, valores de $p < 0,05$.	909
Tabela IV.13.3.2.3-1 – Número de amostras (N) e valores de biomassa total (g.m-2), densidade (ind.m-2), riqueza (S), equitatividade de Pielou (J'), diversidade de Shannon (H'2) e dominância de Simpson (Lambda) obtidos nas áreas Norte e Sul das isóbatas de 400 e 700 m dos Cânions Almirante Câmara (CN4 e CN7) e Sul-Sudeste (CS7).	912
Tabela IV.13.3.2.3-2 – Contribuição (%) dos táxons da macrofauna bentônica para as diferenças entre os Cânions dos polígonos CN4, CN7 e CS7, junto à densidade média (ind.m-2) dos táxons em cada polígono. Os cinco táxons com maior contribuição foram listados. Em negrito, valores de $p < 0,05$.	915

LISTA DE FIGURAS

Figura III.3.1.1-1 – Embarcação Starnav Andromeda, utilizada para a coleta de dados e das amostras na primeira pernada da 1ª campanha do PMAR-BC.	8
Figura III.3.1.1-2 – Embarcação RV Ocean Stalwart utilizada para a coleta de dados e das amostras nas pernasas 2 a 8 da 1ª campanha do PMAR-BC.	9
Figura III.3.1.2.1-1 – Áreas amostrais do compartimento água sobre as isóbatas 100 m e 900 m na Bacia de Campos.	11
Figura III.3.1.2.1-2 – Estações de amostragem do compartimento água na área norte da Bacia de Campos. (A) Plataforma continental – isóbata de 100 m. (B) Talude – isóbata de 900 m.	12
Figura III.3.1.2.1-3 – Estações de amostragem do compartimento água na área centro da Bacia de Campos. (A) Plataforma continental – isóbata de 100 m. (B) Talude – isóbata de 900 m.	13
Figura III.3.1.2.1-4 – Estações de amostragem do compartimento água na área sul da Bacia de Campos. (A) Plataforma continental – isóbata de 100 m. (B) Talude – isóbata de 900 m.	14
Figura III.3.1.2.2-1 – (A) Sistema Rosette/CTD equipado com garrafas Go-Flo. (B) Coleta de água.	17
Figura III.3.1.2.2-2 – (A) Frascaria utilizadas no acondicionamento dos diferentes parâmetros coletados na água do mar; (B) filtros para COP/MPS; (C) filtros para fitopigmentos em tubos criogênicos (D) filtros para Carbono 14; (E) frascos para nutrientes; (F) frascos para COD; (G) frascos para COT e (H) frascos para hidrocarbonetos.	20
Figura III.3.1.2.2-3 – (A) Bureta digital para titulação de oxigênio dissolvido; (B) Medidor para análise de pH; (C) Sistema de filtração com bomba à vácuo (D) Câmara fria para refrigeração das amostras (4°C); (E) Freezer para congelamento das amostras (-20°C).	21
Figura III.3.1.2.2-4 – (A) Armação Bongô utilizada para coleta de zooplâncton; (B) Fluxômetros no centro do aro; (C) Copo coletor no final da rede e utilização de depressor na rede Bongô; (D) Verificação da inclinação do cabo.	25
Figura III.3.1.2.2-5 – (A) Lavagem das redes para que os organismos retidos sejam concentrados nos copos; (B) Lavagem dos copos para retirada dos organismos retidos; (C) Copos coletores com plâncton; (D) Transferência das amostras para frascos de polietileno com formaldeído a 4%; (E) Frascos plásticos vedados para armazenamento e transporte.	26
Figura III.3.1.2.2-6 – (A) Preparação e lançamento do Catamarã; (B) Arrasto fora da influência da esteira do barco; (C) copos coletores com malha de 500 µm; (D) amostras em frascos de polietileno com formaldeído a 4%, vedados para armazenamento e transporte.	29
Figura III.3.1.3.1-1 – Estações executadas nas áreas amostrais para o monitoramento dos parâmetros físico-químicos e biológicos do sedimento sobre as isóbatas 100 m, 400 m e 700 m na Bacia de Campos.	31
Figura III.3.1.3.1-2 – Estações de amostragem do sedimento, nas fácies (A) arenosa e (B) carbonática na isóbata de 100 m e na (C) fácies lamosa nas isóbatas de 400 m e 700 m, na área Norte da Bacia de Campos.	32
Figura III.3.1.3.1-3 – Estações de amostragem do sedimento, nas fácies (A) carbonática e arenosa na isóbata de 100 m e na fácies (B) lamosa nas isóbatas de 400 m e 700 m, na área do Centro da Bacia de Campos.	33

Figura III.3.1.3.1-4 – Estações de amostragem do sedimento, nas fácies (A) arenosa, carbonática e lamosa na isóbata de 100 m e na fácies (D) lamosa nas isóbatas de 400 m e 700 m, na área Sul da Bacia de Campos.	34
Figura III.3.1.3.1-5 – Estações de amostragem do sedimento no Cânion Almirante Câmara na (A) isóbata de 400 m e (B) 700 m e nos (C) Cânions Sul/Sudeste na isóbata de 700 m, nas áreas Norte (A e B) e Sul (C) da Bacia de Campos, respectivamente.	35
Figura III.3.1.3.2-1 – Equipamento de amostragem para sedimento. (A) van Veen 231 L; (B) Corte transversal do van Veen de 231 L com suas dimensões principais; (C) Box-corer de 50 x 50 x 50 cm; (D) Corte transversal do Box-corer com suas dimensões principais.	37
Figura III.3.1.3.2-2 – Equipamento para imageamento Drop Câmera utilizado na primeira campanha do Projeto de Monitoramento Ambiental Regional da Bacia de Campos (PMAR-BC).	38
Figura III.3.1.3.2-3 – Esquemas do procedimento de imageamento desenvolvido com o uso da Drop Câmera do Projeto de Monitoramento Ambiental Regional da Bacia de Campos (PMAR-BC). (A) três posições imageadas na estação e (B) cinco posições imageadas na estação.	39
Figura III.3.1.3.2-4 – Imagens adquiridas pelo imageamento com uso da Drop Câmera utilizadas para seleção de coordenadas promissoras para coleta de sedimento no Projeto de Monitoramento Ambiental Regional da Bacia de Campos (PMAR-BC). À esquerda: posição não-promissora. À direita: posição promissora.	39
Figura III.3.1.3.2-5 – (A e D) Amostradores com água sobrenadante; (B e E) sedimento após drenagem da água; (C e F) disposição dos gabaritos no sedimento. As imagens A, B e C são do Box-corer e as imagens D, E e F são do Van Veen.	40
Figura III.3.1.3.2-6 – Esquema de distribuição dos gabaritos para subamostragem dos parâmetros solicitados na campanha. (A) Coleta de sedimento na plataforma continental com Van Veen 231 L; (B) Coleta de sedimento no talude com Box-corer de 50 x 50 x 50 cm.	42
Figura III.3.1.3.2-7 – (A) Frascaria utilizadas no acondicionamento dos diferentes parâmetros coletados no sedimento; (B) Coleta das subamostras para análises químicas retiradas diretamente do amostrador; (C) subamostras para análises biológicas a partir dos gabaritos retirados do amostrador.	44
Figura III.3.3.1.3-1 – Mapa da malha amostral de comparação entre o PMAR-BC e PCR-BC no compartimento água.	57
Figura III.3.3.1.3-2 – Mapa da malha amostral utilizada para a comparação entre o PMAR-BC e PCR-BC em relação aos parâmetros abióticos amostrados no compartimento sedimento.	60
Figura III.3.3.1.3-3 – Mapa da malha amostral utilizada para a comparação entre o PMAR-BC e PCR-BC em relação aos parâmetros bióticos amostrados no compartimento sedimento.	61
Figura IV.1.1-1 – Bacia de Campos: topografia e região costeira (CASTRO FILHO et al., 2016).	67
Figura IV.1.2.1-1 – Distribuição das estações de coleta de dados de CTD ao longo da Bacia de Campos.	70
Figura IV.1.2.1-2 – Aquisição de dados realizada nos grupamentos: Norte, Centro e Sul.	71
Figura IV.1.3.1-1 – Seção vertical de temperatura da área Norte: a) janeiro-fevereiro de 2019 e b) abril de 2019.	73
Figura IV.1.3.1-2 – Seção vertical de temperatura da área Centro no período de abril de 2019.	74

Figura IV.1.3.1-3 – Seção vertical de temperatura da área Sul no período de março de 2019.	74
Figura IV.1.3.2-1 – Seção vertical de salinidade da área Norte: a) janeiro-fevereiro de 2019 e b) abril de 2019.	78
Figura IV.1.3.2-2 – Seção vertical de salinidade da área Centro no período de abril de 2019.	79
Figura IV.1.3.2-3 – Seção vertical de salinidade da área Sul no período de março de 2019.	79
Figura IV.1.3.3-1 – Seção vertical de oxigênio dissolvido da área Norte: a) janeiro-fevereiro de 2019 e b) abril de 2019.	83
Figura IV.1.3.3-2 – Seção vertical de oxigênio dissolvido da área Centro no período de abril de 2019.	84
Figura IV.1.3.3-3 – Seção vertical de oxigênio dissolvido da área Sul no período de março de 2019.	84
Figura IV.1.3.4-1 – Diagrama T-S para a área Norte no período de janeiro/fevereiro de 2019.	88
Figura IV.1.3.4-2 – Diagrama T-S para a área Norte no período de abril de 2019.	89
Figura IV.1.3.4-3 – Diagrama T-S para a área Centro no período de abril de 2019.	90
Figura IV.1.3.4-4 – Diagrama T-S para a área Sul no período de março de 2019.	91
Figura IV.2.1-1 – Mapa da Bacia de Campos.	97
Figura IV.2.2.2-1 – Localização dos polígonos P100S, T900S, P100C, T900C, P100N E T900N nas áreas sul, centro e norte, e nas isóbatas de 100 e 900 m da Bacia de Campos. Os pontos vermelhos indicam a posição das estações de coleta utilizadas como referência para as séries temporais.	105
Figura IV.2.3.1-1 – Acumulado quinzenal (painéis superiores) e desvio-padrão (painéis inferiores) da precipitação na Bacia de Campos nos períodos de realização das pernas 6 e 7 da 1ª campanha do PMAR-BC. Os polígonos em negrito indicam aqueles que tiveram amostras de água coletadas no mesmo período da aquisição das imagens.	108
Figura IV.2.3.1-2 – Campos médios (painéis superiores) e de desvios padrão (painéis inferiores) da temperatura na superfície do mar na Bacia de Campos nos períodos de realização das pernas 6 e 7 da 1ª campanha do PMAR-BC. Os polígonos em preto em negrito indicam aqueles que tiveram amostras de água coletadas no mesmo período da aquisição das imagens.	110
Figura IV.2.3.1-3 – Campos médios (painéis superiores) e de desvios padrão (painéis inferiores) da concentração de clorofila-a na superfície do mar durante os períodos de realização das pernas 6 e 7 da 1ª campanha do PMAR-BC. Os polígonos em negrito indicam aqueles que tiveram amostras de água coletadas no mesmo período da aquisição das imagens.	112
Figura IV.2.3.2.1-1 – Campos de precipitação acumulada semanal para cada região de coleta de dados in situ. Os polígonos em negrito indicam aqueles que tiveram amostras de água coletadas no mesmo período da aquisição das imagens.	114
Figura IV.2.3.2.1-2 – Séries temporais do acumulado diário de precipitação ao longo da semana, nos pontos centrais dos polígonos P100S, T900S, P100C, T900C, P100N e T900N. As linhas cheias indicam o período de coleta de dados in situ.	115
Figura IV.2.3.2.2-1 – Campos médios semanais da temperatura da superfície do mar diária para cada região de coleta de dados in situ. Os polígonos em negrito indicam aqueles que tiveram amostras de água coletadas no mesmo período da aquisição das imagens.	116

Figura IV.2.3.2.2-2 – Séries temporais da temperatura da superfície do mar diária nos pontos de referência dos polígonos P100S, T900S, P100C, T900C, P100N e T900N. As linhas cheias indicam o período de coleta de dados in situ.	117
Figura IV.2.3.2.3-1 – Campos médios semanais da concentração de clorofila-a para cada região de coleta de dados in situ. Os polígonos em negrito indicam aqueles que tiveram amostras de água coletadas no mesmo período da aquisição das imagens.	119
Figura IV.2.3.2.3-2 – Séries temporais da concentração da clorofila-a superficial nos pontos de referência dos polígonos: P100S, T900S, P100C, T900C, P100N e T900N. As linhas cheias indicam o período de coleta de dados in situ.	120
Figura IV.3.3.1-1 – Distribuição da temperatura (média, em °C) nos estratos de profundidade (superfície, meio e fundo) amostrados nas províncias (plataforma e talude), nas diferentes áreas (norte - N, centro - C e sul - S) durante a 1a Campanha do PMAR-BC. P= estações de plataforma e T= estações de talude.	145
Figura IV.3.3.1-2 – Variação de temperatura (oC) nos estratos de profundidade (Sup. = superfície, meio e fundo) amostrados nas províncias (plataforma e talude), nas diferentes áreas (norte, centro e sul) durante a 1a Campanha do PMAR-BC.	145
Figura IV.3.3.1-3 – Distribuição de salinidade (média, em PSU) nos estratos de profundidade (superfície, meio e fundo) amostrados nas províncias (plataforma e talude), nas diferentes áreas (norte - N, centro - C e sul - S) durante a 1a Campanha do PMAR-BC. P= estações de plataforma e T= estações de talude.	146
Figura IV.3.3.1-4 – Variação de salinidade (PSU) nos estratos de profundidade (Sup. = superfície, meio e fundo) amostrados nas províncias (plataforma e talude), nas diferentes áreas (norte, centro e sul) durante a 1a Campanha do PMAR- BC.	146
Figura IV.3.3.1-5 – Distribuição de Oxigênio Dissolvido (média, em mg/L) nos estratos de profundidade (superfície, meio e fundo) amostrados nas províncias (plataforma e talude), nas diferentes áreas (norte - N, centro - C e sul - S) durante a 1a Campanha do PMAR-BC. P= estações de plataforma e T= estações de talude.	147
Figura IV.3.3.1-6 – Variação de Oxigênio Dissolvido (mg/L) nos estratos de profundidade (Sup. = superfície, meio e fundo) amostrados nas províncias (plataforma e talude), nas diferentes áreas (norte, centro e sul) durante a 1a Campanha do PMAR-BC.	147
Figura IV.3.3.1-7 – Distribuição de pH (média) nos estratos de profundidade (superfície, meio e fundo) amostrados nas províncias (plataforma e talude), nas diferentes áreas (norte - N, centro - C e sul - S) durante a 1a Campanha do PMAR-BC. P= estações de plataforma e T= estações de talude.	148
Figura IV.3.3.1-8 – Variação de pH nos estratos de profundidade (Sup. = superfície, meio e fundo) amostrados nas províncias (plataforma e talude), nas diferentes áreas (norte, centro e sul) durante a 1a Campanha do PMAR-BC.	148
Figura IV.3.3.2-1 – Distribuição de Carbono Orgânico Dissolvido - COD (média, em mg/L) nos estratos de profundidade (superfície, meio e fundo) amostrados nas províncias (plataforma e talude), nas diferentes áreas (norte - N, centro - C e sul - S) durante a 1a Campanha do PMAR-BC. P= estações de plataforma e T= estações de talude.	157
Figura IV.3.3.2-2 – Variação de Carbono Orgânico Dissolvido - COD (mg/L) nos estratos de profundidade (Sup. = superfície, meio e fundo) amostrados nas províncias (plataforma e talude), nas diferentes áreas (norte, centro e sul) durante a 1a Campanha do PMAR-BC.	157
Figura IV.3.3.2-3 – Distribuição de Carbono Orgânico Particulado - COP (média, em mg/L) nos estratos de profundidade (superfície, meio e fundo) amostrados nas províncias (plataforma e talude), nas diferentes áreas (norte - N, centro - C e sul - S) durante a 1a Campanha do PMAR-BC. P= estações de plataforma e T= estações de talude.	158

Figura IV.3.3.2-4 – Variação de Carbono Orgânico Particulado - COP (média, em mg/L) nos estratos de profundidade (Sup. = superfície, meio e fundo) amostrados nas províncias (plataforma e talude), nas diferentes áreas (norte, centro e sul) durante a 1a Campanha do PMAR-BC.	158
Figura IV.3.3.2-5 – Distribuição de Carbono Orgânico Total - COT (média, em mg/L) nos estratos de profundidade (superfície, meio e fundo) amostrados nas províncias (plataforma e talude), nas diferentes áreas (norte - N, centro - C e sul - S) durante a 1a Campanha do PMAR-BC. P= estações de plataforma e T= estações de talude.	159
Figura IV.3.3.2-6 – Variação de Carbono Orgânico Total - COT (mg/L) nos estratos de profundidade (Sup. = superfície, meio e fundo) amostrados nas províncias (plataforma e talude), nas diferentes áreas (norte, centro e sul) durante a 1a Campanha do PMAR-BC.	159
Figura IV.3.3.2-7 – Distribuição de Material Particulado em Suspensão - MPS (média, em mg/L) nos estratos de profundidade (superfície, meio e fundo) amostrados nas províncias (plataforma e talude), nas diferentes áreas (norte - N, centro - C e sul - S) durante a 1a Campanha do PMAR-BC. P= estações de plataforma e T= estações de talude.	160
Figura IV.3.3.2-8 – Variação de Material Particulado em Suspensão - MPS (mg/L) nos estratos de profundidade (Sup. = superfície, meio e fundo) amostrados nas províncias (plataforma e talude), nas diferentes áreas (norte, centro e sul) durante a 1a Campanha do PMAR-BC.	160
Figura IV.3.3.2.1-1 – NMDS em que os eixos representam as correlações de Spearman do grupo de compostos de carbono nas áreas Norte, Centro e Sul das águas superficiais do talude e plataforma (A) e nos estratos superfície – S, meio – M e fundo – F das águas da plataforma (B).	163
Figura IV.3.3.3-1 – Distribuição de amônio (média, em μM) nos estratos de profundidade (superfície, meio e fundo) amostrados nas províncias (plataforma e talude), nas diferentes áreas (norte - N, centro - C e sul - S) durante a 1a Campanha do PMAR-BC. P= estações de plataforma e T= estações de talude.	169
Figura IV.3.3.3-2 – Variação de amônio (μM) nos estratos de profundidade (Sup. = superfície, meio e fundo) amostrados nas províncias (plataforma e talude), nas diferentes áreas (norte, centro e sul) durante a 1a Campanha do PMAR-BC.	169
Figura IV.3.3.3-3 – Distribuição de nitrito (média, em μM) nos estratos de profundidade (superfície, meio e fundo) amostrados nas províncias (plataforma e talude), nas diferentes áreas (norte - N, centro - C e sul - S) durante a 1a Campanha do PMAR-BC. P= estações de plataforma e T= estações de talude.	170
Figura IV.3.3.3-4 – Variação de nitrito (μM) nos estratos de profundidade (Sup. = superfície, meio e fundo) amostrados nas províncias (plataforma e talude), nas diferentes áreas (norte, centro e sul) durante a 1a Campanha do PMAR-BC.	170
Figura IV.3.3.3-5 – Distribuição de nitrato (média, em μM) nos estratos de profundidade (superfície, meio e fundo) amostrados nas províncias (plataforma e talude), nas diferentes áreas (norte - N, centro - C e sul - S) durante a 1a Campanha do PMAR-BC. P= estações de plataforma e T= estações de talude.	171
Figura IV.3.3.3-6 – Variação de nitrato (μM) nos estratos de profundidade (Sup. = superfície, meio e fundo) amostrados nas províncias (plataforma e talude), nas diferentes áreas (norte, centro e sul) durante a 1a Campanha do PMAR-BC.	171
Figura IV.3.3.3-7 – Distribuição de fosfato (média, em μM) nos estratos de profundidade (superfície, meio e fundo) amostrados nas províncias (plataforma e talude), nas diferentes áreas (norte - N, centro - C e sul - S) durante a 1a Campanha do PMAR-BC. P= estações de plataforma e T= estações de talude.	172

Figura IV.3.3.3-8 – Variação de fosfato (μM) nos estratos de profundidade (Sup. = superfície, meio e fundo) amostrados nas províncias (plataforma e talude), nas diferentes áreas (norte, centro e sul) durante a 1a Campanha do PMAR-BC.	172
Figura IV.3.3.3-9 – Distribuição de fósforo total (média, em μM) nos estratos de profundidade (superfície, meio e fundo) amostrados nas províncias (plataforma e talude), nas diferentes áreas (norte - N, centro - C e sul - S) durante a 1a Campanha do PMAR-BC. P= estações de plataforma e T= estações de talude.	173
Figura IV.3.3.3-10 – Variação de fósforo total (μM) nos estratos de profundidade (Sup. = superfície, meio e fundo) amostrados nas províncias (plataforma e talude), nas diferentes áreas (norte, centro e sul) durante a 1a Campanha do PMAR-BC.	173
Figura IV.3.3.3-11 – Razão N:P (média) nos estratos de profundidade (superfície, meio e fundo) amostrados nas províncias (plataforma e talude), nas diferentes áreas (norte - N, centro - C e sul - S) durante a 1a Campanha do PMAR-BC. P= estações de plataforma e T= estações de talude.	175
Figura IV.3.3.3-12 – Variação da razão N:P nos estratos de profundidade (Sup. = superfície, meio e fundo) amostrados nas províncias (plataforma e talude), nas diferentes áreas (norte, centro e sul) durante a 1a Campanha do PMAR-BC.	175
Figura IV.3.3.3-13 – Mapas de distribuição da Razão N:P nas amostras de água coletadas na 1ª campanha do PMAR-BC.	176
Figura IV.3.3.3.1-1 – NMDS em que os eixos representam as correlações de Spearman do grupo de nutrientes nas áreas Norte, Centro e Sul das águas superficiais do talude e plataforma (A) e nos estratos superfície – S, meio – M e fundo – F das águas da plataforma (B).	178
Figura IV.3.3.4-1 – Distribuição de clorofila-a (média, em $\mu\text{g/L}$) nos estratos de profundidade (superfície, meio e fundo) amostrados nas províncias (plataforma e talude), nas diferentes áreas (norte - N, centro - C e sul - S) durante a 1a Campanha do PMAR-BC, P= estações de plataforma e T= estações de talude.	184
Figura IV.3.3.4-2 – Variação de clorofila-a ($\mu\text{g/L}$) nos estratos de profundidade (Sup. = superfície, meio e fundo) amostrados nas províncias (plataforma e talude), nas diferentes áreas (norte, centro e sul) durante a 1a Campanha do PMAR-BC.	184
Figura IV.3.3.4-3 – Distribuição de feofitina-a (média, em $\mu\text{g/L}$) nos estratos de profundidade (superfície, meio e fundo) amostrados nas províncias (plataforma e talude), nas diferentes áreas (norte - N, centro - C e sul - S) durante a 1a Campanha do PMAR-BC, P= estações de plataforma e T= estações de talude.	185
Figura IV.3.3.4-4 – Variação de feofitina-a ($\mu\text{g/L}$) nos estratos de profundidade (Sup. = superfície, meio e fundo) amostrados nas províncias (plataforma e talude), nas diferentes áreas (norte, centro e sul) durante a 1a Campanha do PMAR-BC.	185
Figura IV.3.3.4-4 – Variação da razão Cla-a:Feo-a nos estratos de profundidade (Sup. = superfície, meio e fundo) amostrados nas províncias (plataforma e talude), nas diferentes áreas (norte, centro e sul) durante a 1a Campanha do PMAR-BC.	186
Figura IV.3.3.4.1-1 – NMDS em que os eixos representam as correlações de Spearman do grupo de fitopigmentos nas áreas Norte, Centro e Sul das águas superficiais do talude e plataforma (A) e nos estratos superfície – S, meio – M e fundo – F das águas da plataforma (B).	188
Figura IV.3.3.5-1 – NMDS em que os eixos representam as correlações de Spearman para as variáveis físico-químicas (A), compostos de carbono e MPS (B), nutrientes (C) e pigmentos (D) nas águas superficiais dos Projetos PMAR-BC e PCR-BC.	194

Figura IV.4.3.1-1 – Variação dos dados de $\Sigma 37$ HPAs (ng L-1) nos polígonos amostrados na área de coleta do PMAR-BC. Dados agrupados por estações na superfície (A), meia água (B) e próximo ao fundo (C). Legenda: barra horizontal = mediana; caixas = 25º e 75º percentis; whisker = limites $\pm 1,5$ vezes a faixa interquartil; ponto preto = valor extremo.	232
Figura IV.4.3.1-2 – Mapas de distribuição espacial do $\Sigma 37$ HPAs (ng L-1) nas amostras de água coletadas no PMAR-BC.	233
Figura IV.4.3.1-3 – Variação dos dados de hidrocarbonetos alifáticos totais (AT; $\mu\text{g L-1}$) nos polígonos amostrados na área de coleta do PMAR-BC. Dados agrupados por estações na superfície (A), meia água (B) e próximo ao fundo (C). Legenda: barra horizontal = mediana; caixas = 25º e 75º percentis; whisker = limites $\pm 1,5$ vezes a faixa interquartil; ponto preto = valor extremo.	234
Figura IV.4.3.1-4 – Mapas de distribuição espacial do AT ($\mu\text{g L-1}$) nas amostras de água coletadas no PMAR-BC.	235
Figura IV.4.3.2.1-1 – Representação da escalação não métrica de distâncias (NMDS) em que os eixos representam as correlações de Spearman dos parâmetros de Hidrocarbonetos – apenas AT e 37HPAs – nas amostras de superfície, incluindo (a) província (plataforma vermelho; talude azul) e (b) áreas (norte azul, centro vermelho e sul verde). Discriminação entre as amostras no espaço bi-dimensional ocorre na horizontal e crescendo à esquerda pelo AT e na vertical e crescendo para baixo pelo 37HPAs.	237
Figura IV.4.3.2.2-1 – Representação da escalação não métrica de distâncias (NMDS) em que os eixos representam as correlações de Spearman dos parâmetros de Hidrocarbonetos – apenas AT e 37HPAs – nas diferentes profundidades de coleta na plataforma, com (a) estratos na coluna d'água (superfície verde, meio azul e fundo vermelho) e (b) áreas (norte azul, centro vermelho e sul verde).	241
Figura IV.4.4.2-1 – Resultado da análise de agrupamento considerando as concentrações de alifáticos – n-alcenos individuais (n-C10 a n-C40), pristano e fitano – e HPAs individuais, incluindo parentais e alquilados em todas as amostras de água coletadas na campanha PMAR-BC.	253
Figura IV.4.4.2-2 – Perfis de distribuição de n-alcenos e isoprenóides (a) e de HPAs individuais (b) de acordo com os 3 grupos definidos na análise de agrupamento considerando as concentrações individuais de hidrocarbonetos em todas as amostras de água do PMAR-BC/campanha 1 (ver Figura IV.4.4-1).	254
Figura IV.6.2.2.1-1 – (A) Conferência da integridade da amostra e código; (B) Atribuição de código interno; (C) Atribuição do código interno à amostra; (D) Registro no sistema e geração do código de barras.	311
Figura IV.6.2.2.2-1 – (A) Retirada do formaldeído em capela com uso de EPI; (B) Bombonas de armazenamento do formaldeído para descarte.	312
Figura IV.6.2.2.3-1 – (A) Transferência dos organismos para a malha de 120 μm ; (B) Lavagem da amostra com uso de suporte e pissete.	313
Figura IV.6.2.2.3-2 – Eliminação do excesso de água com utilização de (A) pano e (B) papel absorvente durante a determinação da biomassa.	313
Figura IV.6.2.2.3-3 – (A) Pesagem das amostras para a determinação da biomassa; (B) Amostra no frasco pronta para o início da triagem.	314
Figura IV.6.2.2.4-1 – (A) Fracionador Folsom; (B) Amostra com as diferentes frações.	316
Figura IV.6.2.2.4-2 – (A) Triagem dos organismos; (B) Colagem dos códigos de barra nos frascos; (C) Identificação dos frascos com códigos de barra; (D) Etiquetas internas nos frascos.	317
Figura IV.6.3-1 – Contribuição proporcional dos Filos e Classes mais abundantes e/ou mais frequentes em toda a região de estudo.	322

Figura IV.6.3.1-1 – Distribuição espacial da Biomassa do Sétton ao longo da isóbata de 100 metros (plataforma) e entre as áreas Norte, Centro e Sul.	324
Figura IV.6.3.1-2 – Distribuição espacial da Densidade do Zooplâncton ao longo da isóbata de 100 metros (plataforma) e entre as áreas Norte, Centro e Sul.	325
Figura IV.6.3.1-3 – Box-plot da Riqueza (S) de Copepoda ao longo da isóbata de 100 metros (plataforma) e entre as áreas Norte, Centro e Sul.	326
Figura IV.6.3.1-4 – Box-plot da (A) Diversidade de Shannon (H') e (B) Dominância de Simpson (Lambda) para a assembleia de Copepoda ao longo da isóbata de 100 metros (plataforma) e entre as áreas Norte, Centro e Sul.	327
Figura IV.6.3.1-5 – Distribuição espacial da Densidade (ind.m-3) de Copepoda ao longo da isóbata de 100 metros (plataforma) e entre as áreas Norte, Centro e Sul.	331
Figura IV.6.3.1-6 – Escalonamento multidimensional não-métrico (NMDS) com base na matriz de similaridade (Bray-Curtis) calculada entre as densidades dos táxons principais da assembleia de Copepoda entre as áreas Norte (pontos azuis), Centro (pontos vermelhos) e Sul (pontos verdes) da plataforma.	333
Figura IV.6.3.2-1 – Distribuição espacial da Biomassa do Sétton ao longo da isóbata de 900 metros (talude) e entre as áreas Norte, Centro e Sul.	334
Figura IV.6.3.2-2 – Distribuição espacial da Densidade do Zooplâncton ao longo da isóbata de 900 metros (talude) e entre as áreas Norte, Centro e Sul.	335
Figura IV.6.3.2-3 – Box-plot da Riqueza (S) de Copepoda ao longo da isóbata de 900 metros (talude) e entre as áreas Norte, Centro e Sul.	336
Figura IV.6.3.2-4 – Box-plot da Diversidade de Shannon (H') para a assembleia de Copepoda ao longo da isóbata de 900 metros (talude) e entre as áreas Norte, Centro e Sul.	337
Figura IV.6.3.2-5 – Escalonamento multidimensional não-métrico (NMDS) com base na matriz de similaridade (Bray-Curtis) calculada entre as densidades dos táxons principais da assembleia de Copepoda entre as áreas Norte (pontos azuis), Centro (pontos vermelhos) e Sul (pontos verdes) do talude. Amostra TS5_3 excluída para melhor visualização dos dados.	341
Figura IV.6.3.3-1 – Escalonamento multidimensional não-métrico (NMDS) com base na matriz de similaridade (Distância Euclidiana) calculada entre as variáveis sintéticas das estações da plataforma (pontos azuis) em comparação às estações do talude (pontos vermelhos). A correlação de Spearman entre as variáveis sintéticas está sobreposta como vetores escalares.	343
Figura IV.6.3.3-2 – Escalonamento multidimensional não-métrico (NMDS) com base na matriz de similaridade (Bray-Curtis) calculada entre a densidade das populações de <i>Temora turbinata</i> nos polígonos da plataforma (PN – Norte, PC – Centro e PS – Sul, linha verde) em comparação aos polígonos do talude (TN – Norte, TC – Centro e TS – Sul, linha amarela) com exemplo das distintas assembleias de Copepoda. O diâmetro das esferas é proporcional à densidade da população no polígono (escala não mostrada).	344
Figura IV.6.3.3-3 – escalonamento multidimensional não-métrico (NMDS) com base na matriz de similaridade (Bray-Curtis) calculada entre as densidades do zooplâncton nas amostras da plataforma continental (pontos azuis) e do talude (pontos vermelhos).	345
Figura IV.6.3.3-4 – Plano vetorial dos eixos 1 x 2 da Análise de Componentes Principais (PCA) calculada a partir das densidades das espécies de copépodes nas amostras da plataforma continental (azul) e do talude (vermelho).	347

Figura IV.6.3.3-5 – Plano vetorial dos eixos 1 x 2 da Análise de Componentes Principais (PCA) calculada a partir das densidades do zooplâncton nas amostras das áreas Norte (pontos azuis circunscritos ao polígono azul), Centro (pontos vermelhos circunscritos ao polígono vermelho) e Sul (pontos verdes circunscritos ao polígono verde). A relevância da interação entre fatores está representada pelos eixos Talude-Plataforma e Norte-Sul (setas pretas).	349
Figura IV.6.3.4-1 – Curva de k-dominância comparativa dos projetos PMAR-BC (curva azul) e PCR-BC (curva vermelha).	350
Figura IV.6.3.4-2 – Curva de acúmulo de táxons em função do número de amostras analisadas comparativa dos projetos PMAR-BC e PCR-BC.	353
Figura IV.6.3.4-3 – Escalonamento multidimensional não-métrico com base na matriz de similaridade (Jacard) calculada sobre a heterogeneidade qualitativa entre amostras da assembleia de Copepoda do PMAR-BC (pontos azuis) e PCR-BC (pontos vermelhos).	354
Figura IV.6.3.4-4 – Box-plot dos valores de biomassa (g.m-3) estimados nas amostras de PMAR-BC e PCR-BC.	355
Figura IV.6.3.4-5 – Box-plot dos valores de biomassa (g.m-3) particionados entre a plataforma (topo) e o talude (base), e entre os projetos PMAR-BC (esquerda) e PCR-BC (direita).	356
Figura IV.6.3.4-6 – Box-plot dos valores de densidade (ind.m-3) particionados entre a plataforma (topo) e o talude (base), e entre os projetos PMAR-BC (esquerda) e PCR-BC (direita).	357
Figura IV.6.3.4-7 – Box-plot dos valores de riqueza (número de táxons) particionados entre a plataforma (topo) e o talude (base), e entre os projetos PMAR-BC (esquerda) e PCR-BC (direita).	358
Figura IV.6.3.4-8 – Box-plot dos valores de diversidade de Shannon (bits.org-1) particionados entre a plataforma (topo) e o talude (base), e entre os projetos PMAR-BC (esquerda) e PCR-BC (direita).	359
Figura IV.6.3.4-9 – Escalonamento multidimensional não-métrico (NMDS) com base na matriz de similaridade (Distância Euclidiana) calculada entre as variáveis sintéticas das amostras de PMAR-BC (pontos azuis) e PCR-BC (pontos vermelhos).	360
Figura IV.6.3.4-10 – Escalonamento multidimensional não-métrico com base na matriz de similaridade (Bray Curtis) calculada com base na densidade das espécies de copépodes registradas em PCR-BC (pontos vermelhos) e PMAR-BC (pontos azuis).	361
Figura IV.7.2.2.1-1 – (A) Conferência da integridade da amostra e código; (B) Atribuição de código interno à planilha; (C) Atribuição do código interno à amostra; (D) Registro no sistema e geração do código de barras.	383
Figura IV.7.2.2.2-1 – (A) Retirada do formaldeído em capela com uso de EPI e (B) Bombonas de armazenamento do formaldeído para descarte.	384
Figura IV.7.2.2.3-1 – (A) Transferência dos organismos para a malha de 120 µm; (B) Lavagem da amostra com uso de suporte e pissete.	385
Figura IV.7.2.2.3-2 – Eliminação do excesso de água com utilização de (A) pano e (B) papel absorvente durante a determinação da biomassa.	386
Figura IV.7.2.2.3-3 – (A) Pesagem das amostras para a determinação da biomassa; (B) Amostra no frasco pronta para o início da triagem.	387
Figura IV.7.2.2.4-1 – (A) Triagem dos organismos; (B) Colagem dos códigos de barra nos frascos; (C) Identificação dos frascos com códigos de barra; (D) Etiquetas internas nos frascos.	389
Figura IV.7.3.1-1 – Distribuição da biomassa planctônica (g. 100 m-3) obtida ao longo das áreas Norte, Centro e Sul da Plataforma Continental.	399

Figura IV.7.3.1-2 – (A) Distribuição da densidade de ovos de peixes (ovos. 100 m-3) obtida ao longo das áreas Norte, Centro e Sul da Plataforma Continental; (B) Distribuição da densidade de larvas de peixes (ind. 100 m-3) obtida ao longo das áreas Norte, Centro e Sul da Plataforma Continental.	401
Figura IV.7.3.1-3 – (A) Distribuição da riqueza (S) obtida ao longo das áreas Norte, Centro e Sul da Plataforma Continental. (B) Distribuição da equitatividade de Pielou (J') obtida ao longo das áreas Norte, Centro e Sul da Plataforma Continental.	402
Figura IV.7.3.1-4 – (A) Distribuição da diversidade de Shannon (H') obtida ao longo das áreas Norte, Centro e Sul da Plataforma Continental. (B) Distribuição da dominância de Simpson (Lambda) obtida ao longo das áreas Norte, Centro e Sul da Plataforma Continental.	403
Figura IV.7.3.1-5 – NMDS representando a similaridade das amostras em relação à composição e densidade dos táxons de larvas de peixes (índice Bray-Curtis) da Plataforma Continental, com destaque para as áreas (Norte, Centro e Sul).	404
Figura IV.7.3.1-6 – Densidade média relativa (%) das famílias de larvas de peixes coletadas nas áreas Norte, Centro e Sul da Plataforma Continental.	405
Figura IV.7.3.2-1 – Distribuição da densidade de ovos de peixes (ovos. 100 m 3) obtida ao longo das áreas Norte, Centro e Sul do Talude.	408
Figura IV.7.3.2-2 – (A) Distribuição da riqueza (S) obtida ao longo das áreas Norte, Centro e Sul do Talude; (B) Distribuição da equitatividade de Pielou (J') obtida ao longo das áreas Norte, Centro e Sul do Talude.	410
Figura IV.7.3.2-3 – (A) Distribuição da diversidade de Shannon (H') obtida ao longo das áreas Norte, Centro e Sul do Talude; (B) Distribuição da dominância de Simpson (Lambda) obtida ao longo das áreas Norte, Centro e Sul do Talude.	411
Figura IV.7.3.2-4 – NMDS representando a similaridade das amostras em relação à composição e densidade dos táxons de larvas de peixes (índice Bray-Curtis) do Talude, com destaque para as áreas (Norte, Centro e Sul).	413
Figura IV.7.3.2-5 – Densidade média relativa (%) das famílias de larvas de peixes coletadas nas áreas Norte, Centro e Sul do Talude.	414
Figura IV.7.3.3-1 – NMDS representando a similaridade das amostras em relação à biomassa, riqueza, abundância, diversidade, dominância e equitatividade (distância Euclidiana) da Plataforma Continental e do Talude, com as correlações de Pearson entre estas variáveis plotada.	416
Figura IV.7.3.3-2 – NMDS representando a similaridade das amostras em relação à composição e densidade dos táxons de larvas de peixes (índice Bray-Curtis) dos polígonos da Plataforma Continental (PN = Plataforma Norte, PC = Plataforma Centro e PS = Plataforma Sul) e do Talude (TN = Talude Norte, TC = Talude Centro e TS = Talude Sul).	418
Figura IV.7.3.4-1 – NMDS representando a similaridade das amostras do PMAR-BC e PCR-BC em relação à biomassa, riqueza, abundância, diversidade, dominância e equitatividade (distância Euclidiana), com as correlações de Pearson entre estas variáveis.	419
Figura IV.7.3.4-2 – Valores médios da biomassa planctônica (g. 100 m-3) obtidos ao longo das áreas Sul, Centro e Norte da Plataforma Continental e do Talude durante os projetos PMAR e PCR-BC.	420
Figura IV.7.3.4-3 – Valores médios da riqueza (S) obtidos ao longo das áreas Sul, Centro e Norte da Plataforma Continental e do Talude durante os projetos PMAR e PCR-BC.	421
Figura IV.7.3.4-4 – Valores médios da diversidade de Shannon (H') obtidos ao longo das áreas Sul, Centro e Norte da Plataforma Continental e do Talude durante os projetos PMAR e PCR-BC.	421

Figura IV.7.3.4-5 – Valores médios da equitatividade de Pielou (J') obtidos ao longo das áreas Sul, Centro e Norte da Plataforma Continental e do Talude durante os projetos PMAR e PCR-BC.	422
Figura IV.7.3.4-6 – Valores médios da dominância de Simpson (Lambda) obtidos ao longo das áreas Sul, Centro e Norte da Plataforma Continental e do Talude durante os projetos PMAR e PCR-BC.	422
Figura IV.7.3.4-7 – NMDS representando a similaridade das amostras do PMAR-BC e PCR-BC em relação à composição e densidade dos táxons de larvas de peixes (índice Bray-Curtis).	424
Figura IV.8.2.2.1-1 – A - Conferência da integridade da amostra e código; B – Atribuição de código interno; C – Atribuição do código interno à amostra; D - Registro no sistema e geração do código de barras	449
Figura IV.8.2.2-1 - (A) Retirada do formaldeído em capela com uso de EPI e (B) Bombonas de armazenamento do formaldeído para descarte.	450
Figura IV.8.2.2.3-1. (A) Transferência dos organismos para a malha de 120 µm; (B) Lavagem da amostra com uso de suporte e pissete.	451
Figura IV.8.2.2.3-2. Eliminação do excesso de água com utilização de (A) pano e (B) papel absorvente durante a determinação da biomassa.	451
Figura IV.8.2.2.3-3 - (A) Pesagem das amostras para a determinação da biomassa; (B) Amostra no frasco pronta para o início da triagem.	452
Figura IV.8.2.2.4-1 – (A) Triagem dos organismos; (B) Colagem dos códigos de barra nos frascos; (C) Identificação dos frascos com códigos de barra; (D) Etiquetas internas nos frascos.	454
Figura IV.8.3.1.1-1 – Distribuição da biomassa (g. 100 m-2) obtida ao longo das áreas Norte, Centro e Sul da Plataforma Continental. Letras diferentes conotam diferenças significativas entre áreas dentro de cada estrato (superior e inferior), e letras de cores diferentes conotam diferenças significativas entre os estratos de cada área.	461
Figura IV.8.3.1.2-1 – Distribuição da densidade de zoonêuston (ind. 1000 m-2) obtida ao longo das áreas Norte, Centro e Sul da Plataforma Continental. Letras diferentes conotam diferenças significativas entre áreas dentro de cada estrato (superior e inferior), e letras de cores diferentes conotam diferenças significativas entre os estratos de cada área.	464
Figura IV.8.3.1.2-3 – Distribuição da equitatividade de Pielou (J') do zoonêuston obtida ao longo das áreas Norte, Centro e Sul da Plataforma Continental. Letras diferentes conotam diferenças significativas entre áreas dentro de cada estrato (superior e inferior), e letras de cores diferentes conotam diferenças significativas entre os estratos de cada área.	465
Figura IV.8.3.1.2-4 – Distribuição da diversidade de Shannon (H') do zoonêuston obtida ao longo das áreas Norte, Centro e Sul da Plataforma Continental. Letras diferentes conotam diferenças significativas entre áreas dentro de cada estrato (superior e inferior), e letras de cores diferentes conotam diferenças significativas entre os estratos de cada área.	466
Figura IV.8.3.1.2-5 – Distribuição da dominância de Simpson (Lambda) do zoonêuston obtida ao longo das áreas Norte, Centro e Sul da Plataforma Continental. Letras diferentes conotam diferenças significativas entre áreas dentro de cada estrato (superior e inferior), e letras de cores diferentes conotam diferenças significativas entre os estratos de cada área.	466
Figura IV.8.3.1.2-6 – NMDS representando a similaridade das amostras em relação à composição e densidade dos táxons principais do zoonêuston (índice Bray-Curtis) nos estratos superior e inferior da Plataforma Continental, com destaque para as áreas (Norte, Centro e Sul).	467

Figura IV.8.3.1.3-1 – Distribuição da densidade de ovos do ictionêuston (ind. 1000 m ⁻²) obtida ao longo das áreas Norte, Centro e Sul da Plataforma Continental. Letras diferentes conotam diferenças significativas entre áreas dentro de cada estrato (superior e inferior), e letras de cores diferentes conotam diferenças significativas entre os estratos de cada área.	472
Figura IV.8.3.1.3-2 – Distribuição da densidade de larvas do ictionêuston (ind. 1000 m ⁻²) obtida ao longo das áreas Norte, Centro e Sul da Plataforma Continental. Letras diferentes conotam diferenças significativas entre áreas dentro de cada estrato (superior e inferior), e letras de cores diferentes conotam diferenças significativas entre os estratos de cada área.	472
Figura IV.8.3.1.3-3 – Distribuição da riqueza (S) do ictionêuston obtida ao longo das áreas Norte, Centro e Sul da Plataforma Continental. Letras diferentes conotam diferenças significativas entre áreas dentro de cada estrato (superior e inferior), e letras de cores diferentes conotam diferenças significativas entre os estratos de cada área.	473
Figura IV.8.3.1.3-4 – Distribuição da equitatividade de Pielou (J') do ictionêuston obtida ao longo das áreas Norte, Centro e Sul da Plataforma Continental. Letras diferentes conotam diferenças significativas entre áreas dentro de cada estrato (superior e inferior), e letras de cores diferentes conotam diferenças significativas entre os estratos de cada área.	474
Figura IV.8.3.1.3-5 – Distribuição da diversidade de Shannon (H') do ictionêuston obtida ao longo das áreas Norte, Centro e Sul da Plataforma Continental. Letras diferentes conotam diferenças significativas entre áreas dentro de cada estrato (superior e inferior), e letras de cores diferentes conotam diferenças significativas entre os estratos de cada área.	474
Figura IV.8.3.1.3-6 – NMDS representando a similaridade das amostras em relação à composição e densidade dos táxons principais do ictionêuston (índice Bray-Curtis) nos estratos superior e inferior da Plataforma Continental, com destaque para as áreas (Norte, Centro e Sul).	475
Figura IV.8.3.2.1-1 – Distribuição da biomassa (g. 100 m ⁻²) obtida ao longo das áreas Norte, Centro e Sul do Talude. Letras diferentes conotam diferenças significativas entre áreas dentro de cada estrato (superior e inferior), e letras de cores diferentes conotam diferenças significativas entre os estratos de cada área.	477
Figura IV.8.3.2.2-1 – Distribuição da densidade de zoonêuston (ind. 1000 m ⁻²) obtida ao longo das áreas Norte, Centro e Sul do Talude. Letras diferentes conotam diferenças significativas entre áreas dentro de cada estrato (superior e inferior), e letras de cores diferentes conotam diferenças significativas entre os estratos de cada área.	479
Figura IV.8.3.2.2-2 – Distribuição da riqueza (S) do zoonêuston obtida ao longo das áreas Norte, Centro e Sul do Talude. Letras diferentes conotam diferenças significativas entre áreas dentro de cada estrato (superior e inferior), e letras de cores diferentes conotam diferenças significativas entre os estratos de cada área.	480
Figura IV.8.3.2.2-3 – Distribuição da equitatividade de Pielou (J') do zoonêuston obtida ao longo das áreas Norte, Centro e Sul do Talude. Letras diferentes conotam diferenças significativas entre áreas dentro de cada estrato (superior e inferior), e letras de cores diferentes conotam diferenças significativas entre os estratos de cada área.	481
Figura IV.8.3.2.2-4 – Distribuição da dominância de Simpson (Lambda) do zoonêuston obtida ao longo das áreas Norte, Centro e Sul do Talude. Letras diferentes conotam diferenças significativas entre áreas dentro de cada estrato (superior e inferior), e letras de cores diferentes conotam diferenças significativas entre os estratos de cada área.	481
Figura IV.8.3.2.2-5 – NMDS representando a similaridade das amostras em relação à composição e densidade dos táxons do zoonêuston (índice Bray-Curtis) nos estratos superior e inferior do Talude, com destaque para as áreas (Norte, Centro e Sul).	482

Figura IV.8.3.2.2-1 – Distribuição da densidade de ovos do ictionêuston (ind. 1000 m ⁻²) obtida ao longo das áreas Norte, Centro e Sul do Talude. Letras diferentes conotam diferenças significativas entre áreas dentro de cada estrato (superior e inferior), e letras de cores diferentes conotam diferenças significativas entre os estratos de cada área.	487
Figura IV.8.3.2.2-2 – Distribuição da densidade de larvas do ictionêuston (ind. 1000 m ⁻²) obtida ao longo das áreas Norte, Centro e Sul do Talude. Letras diferentes conotam diferenças significativas entre áreas dentro de cada estrato (superior e inferior), e letras de cores diferentes conotam diferenças significativas entre os estratos de cada área.	487
Figura IV.8.3.2.2-3 – Distribuição da riqueza (S) do ictionêuston obtida ao longo das áreas Norte, Centro e Sul do Talude. Letras diferentes conotam diferenças significativas entre áreas dentro de cada estrato (superior e inferior), e letras de cores diferentes conotam diferenças significativas entre os estratos de cada área.	488
Figura IV.8.3.2.2-4 – Distribuição da diversidade de Shannon (H') do ictionêuston obtida ao longo das áreas Norte, Centro e Sul do Talude. Letras diferentes conotam diferenças significativas entre áreas dentro de cada estrato (superior e inferior), e letras de cores diferentes conotam diferenças significativas entre os estratos de cada área.	489
Figura IV.8.3.2.2-5 – Distribuição da dominância de Simpson (Lambda) do ictionêuston obtida ao longo das áreas Norte, Centro e Sul do Talude. Letras diferentes conotam diferenças significativas entre áreas dentro de cada estrato (superior e inferior).	489
Figura IV.8.3.2.2-6 – NMDS representando a similaridade das amostras em relação à composição e densidade dos táxons principais do ictionêuston (índice Bray-Curtis) nos estratos superior e inferior do Talude, com destaque para as áreas (Norte, Centro e Sul)	490
Figura IV.8.3.3.1-1 – Distribuição da biomassa (g. 100 m ⁻²) obtida ao longo dos estratos superior e inferior do nêuston na Plataforma Continental e Talude. Letras diferentes conotam diferenças significativas entre províncias dentro de cada estrato (superior e inferior).	493
Figura IV.8.3.3.2-1 – NMDS representando a similaridade das amostras da interface superior e inferior do zoonêuston em relação à riqueza, abundância, diversidade, dominância e equitatividade (distância Euclidiana) da Plataforma Continental e do Talude, com as correlações de Pearson entre estas variáveis plotada.	495
Figura IV.8.3.3.2-2 – NMDS representando a similaridade das amostras em relação à composição e densidade dos táxons do zoonêuston (índice Bray-Curtis) nos estratos superior e inferior dos polígonos da Plataforma Continental (PN = Plataforma Norte, PC = Plataforma Centro e PS = Plataforma Sul) e do Talude (TN = Talude Norte, TC = Talude Centro e TS = Talude Sul).	498
Figura IV.8.3.3.2-1 – NMDS representando a similaridade das amostras da interface superior e inferior do ictionêuston em relação à riqueza, abundância, diversidade, dominância e equitatividade (distância Euclidiana) da Plataforma Continental e do Talude, com as correlações de Pearson entre estas variáveis plotada	500
Figura IV.9.2.3-1 – Diagrama com a classificação do sedimento em relação as porcentagens de carbonatos (modificado de Dias, 1996).	525
Figura IV.9.3.1-1 – Distribuição granulométrica (média %) nas províncias (plataforma, talude, cânions) do PMAR-BC01. As barras representam os valores médios e as linhas o desvio-padrão dos grupos de amostras.	530
Figura IV.9.3.1-2 – Frequência acumulada das frações cascalho, areia e lama, nas províncias do PMAR-BC01. Isóbata de 100 m na plataforma de facilogia arenosa (PA100), carbonática (PC100) e lamosa (PL100), e isóbatas de 400 m e 700 m no talude (T400 e T700) e cânions (C400 e C700), nas áreas (norte - N, centro - C e sul - S). Representação em cores dos valores médios (%) dos grupos de amostras.	530

Figura IV.9.3.1.1-1 – Distribuição granulométrica (média %) nas áreas (norte, centro, sul) da Plataforma Continental do PMAR-BC01. As barras representam os valores médios e as linhas o desvio-padrão dos grupos de amostras.	531
Figura IV.9.3.1.1-2 – Frequência acumulada das frações cascalho, areia (areia muito grossa até areia muito fina) e lama (silte grosso até silte muito fino e argila), com detalhamento das frações predominantes na Plataforma Continental (áreas norte, centro e sul) do PMAR-BC01. Representação em cores dos valores médios dos grupos de amostras nas frações granulométricas.	532
Figura IV.9.3.1.1-3 – Distribuição granulométrica (%) nas áreas Norte (a), Centro (b) e Sul (c) da Plataforma na 1ª campanha do PMAR-BC.	533
Figura IV.9.3.1.1-4 – Diagrama triangular segundo classificação textural de Folk & Ward (1957) de composição textural do sedimento (%) nas áreas (a) Norte, (b) Centro e (c) Sul da Plataforma continental na 1ª campanha do PMAR-BC. Círculos em cores representam as amostras das faciologias Arenosa, Carbonática e Lamosa.	534
Figura IV.9.3.1.1-5 – Frequência acumulada das frações cascalho, areia (areia muito grossa até areia muito fina) e lama (silte grosso até silte muito fino e argila), com detalhamento das frações predominantes na Plataforma Arenosa (áreas norte, centro e sul) do PMAR-BC01. Representação em cores dos valores médios dos grupos de amostras nas frações granulométricas.	535
Figura IV.9.3.1.1-6 – Frequência acumulada das frações cascalho, areia (areia muito grossa até areia muito fina) e lama (silte grosso até silte muito fino e argila), com detalhamento das frações predominantes na Plataforma Carbonática (áreas norte, centro e sul) do PMAR-BC01. Representação em cores dos valores médios dos grupos de amostras nas frações granulométricas.	536
Figura IV.9.3.1.1-7 – Frequência acumulada das frações cascalho, areia (areia muito grossa até areia muito fina) e lama (silte grosso até silte muito fino e argila), com detalhamento das frações predominantes na Plataforma Lamosa (áreas norte, centro e sul) do PMAR-BC01. Representação em cores dos valores médios dos grupos de amostras nas frações granulométricas.	537
Figura IV.9.3.1.2-1 – Distribuição granulométrica (média %) nas áreas (norte, centro, sul) no Talude, grupo de amostras das isóbatas de 400 m e 700 m, do PMAR-BC01. As barras representam os valores médios e as linhas o desvio-padrão dos grupos de amostras.	538
Figura IV.9.3.1.2-2 – Frequência acumulada das frações cascalho, areia (areia muito grossa até areia muito fina) e lama (silte grosso até silte muito fino e argila), com detalhamento das frações predominantes no Talude, grupo de amostras das isóbatas de 400 m e 700 m, (áreas norte, centro e sul) do PMAR-BC01. Representação em cores dos valores médios dos grupos de amostras nas frações granulométricas.	538
Figura IV.9.3.1.2-3 – Distribuição granulométrica (%) nas áreas Norte (a), Centro (b) e Sul (c) do Talude na 1ª campanha do PMAR-BC.	539
Figura IV.9.3.1.2-4 – Diagrama triangular segundo classificação textural de Folk & Ward (1957) de composição textural do sedimento (%) nas áreas (a) Norte, (b) Centro e (c) Sul do Talude na 1ª campanha do PMAR-BC. Círculos em cores representam as amostras das isóbatas de 400 m e 700 m.	540
Figura IV.9.3.1.2-5 – Frequência acumulada das frações cascalho, areia (areia muito grossa até areia muito fina) e lama (silte grosso até silte muito fino e argila), com detalhamento das frações predominantes no Talude, isóbata de 400m, (áreas norte, centro e sul) do PMAR-BC01. Representação em cores dos valores médios dos grupos de amostras nas frações granulométricas.	541

Figura IV.9.3.1.2-6 – Frequência acumulada das frações cascalho, areia (areia muito grossa até areia muito fina) e lama (silte grosso até silte muito fino e argila), com detalhamento das frações predominantes no Talude, isóбата de 700 m, (áreas norte, centro e sul) do PMAR-BC01. Representação em cores dos valores médios dos grupos de amostras nas frações granulométricas.	542
Figura IV.9.3.1.3-1 – Distribuição granulométrica (média %) nas áreas (norte, sul) nos Cânions, do grupo de amostras das isóbatas de 400 m e 700 m, do PMAR-BC01. As barras representam os valores médios e as linhas o desvio-padrão.	543
Figura IV.9.3.1.3-2 – Frequência acumulada das frações cascalho, areia (areia muito grossa até areia muito fina) e lama (silte grosso até silte muito fino e argila), com detalhamento das frações predominantes nos Cânions, isóbatas de 400 m e 700m, (áreas norte e sul) do PMAR-BC01. Representação em cores dos valores médios dos grupos de amostras nas frações granulométricas.	543
Figura IV.9.3.1.3-3 – Distribuição granulométrica (%) nas áreas Norte (a) e Sul (b) dos Cânions na 1ª campanha do PMAR-BC.	544
Figura IV.9.3.1.3-4 – Diagrama triangular segundo classificação textural de Folk & Ward (1957) de composição textural do sedimento (%) nas áreas (a) Norte, (b) Sul dos Cânions na 1a campanha do PMAR-BC. Círculos em cores representam as amostras das isóbatas de 400 m e 700 m.	545
Figura IV.9.3.1.3-5 – Frequência acumulada das frações cascalho, areia (areia muito grossa até areia muito fina) e lama (silte grosso até silte muito fino e argila), com detalhamento das frações predominantes no Cânion, isóбата de 400 m, (área norte) do PMAR-BC01. Representação em cores dos valores médios dos grupos de amostras nas frações granulométricas.	546
Figura IV.9.3.1.3-6 – Frequência acumulada das frações cascalho, areia (areia muito grossa até areia muito fina) e lama (silte grosso até silte muito fino e argila), com detalhamento das frações predominantes nos Cânions, isóбата de 700 m, (áreas norte e sul) do PMAR-BC01. Representação em cores dos valores médios dos grupos de amostras nas frações granulométricas.	547
Figura IV.9.3.1.4-1 – NMDS das variáveis granulométricas entre (a) áreas Norte, Centro e Sul e (b) polígonos da Plataforma do PMAR-BC. A saber: PNA, PNC, PCA, PCC, PSA, PSC e PSL = plataforma norte arenosa, norte carbonática, centro arenosa, centro carbonática, sul arenosa, sul carbonática e sul lamosa, respectivamente.	549
Figura IV.9.3.1.4-2 – NMDS das variáveis granulométricas entre (a) áreas Norte, Centro e Sul e (b) polígonos do talude e dos cânions do PMAR-BC. A saber: TN4, TN7, TC4, TC7, TS4 e TS7 = talude norte 400 m, norte 700 m, centro 400 m, centro 700 m, sul 400 m e sul 700 m, respectivamente.	554
Figura IV.9.3.1.4-3 – NMDS em que os eixos representam as correlações de Spearman das variáveis granulométricas dos polígonos dos projetos PMAR-BC e PCR-BC. As siglas com apóstrofes (') representam os polígonos do PCR-BC.	557
Figura IV.9.3.2-1 - Distribuição do Teor de Carbonatos (%) nas províncias do PMAR-BC01. Isóбата de 100 m na plataforma de faciologia arenosa (PA100), carbonática (PC100) e lamosa (PL100), e isóbatas de 400 m e 700 m no talude (T400 e T700) e cânions (C400 e C700), nas áreas (norte - N, centro - C e sul - S). As barras representam os valores médios e as linhas o desvio-padrão dos grupos de amostras.	560
Figura IV.9.3.2-2 – Classificação do sedimento em relação ao percentual de carbonatos (Dias, 1996) nas províncias (plataforma, talude, cânions) do PMAR-BC01.	561
Figura IV.9.3.2.1-1 – Distribuição do Teor de Carbonatos (média %) nas áreas (norte, centro, sul) da Plataforma do PMAR-BC01. As barras representam os valores médios e as linhas o desvio-padrão dos grupos de amostras.	562
Figura IV.9.3.2.1-2 – Classificação do sedimento em relação ao percentual de carbonatos (Dias, 1996) nas áreas (norte, centro, sul) da Plataforma do PMAR-BC01.	562

Figura IV.9.3.2.1-3 – Teor de Carbonatos (%) nas áreas Norte (a), Centro (b) e Sul (c) da Plataforma na 1a campanha do PMAR-BC.	563
Figura IV.9.3.2.1-4 – Classificação do sedimento em relação ao percentual de carbonatos (Dias, 1996) na Plataforma Arenosa do PMAR-BC01.	564
Figura IV.9.3.2.1-5 – Classificação do sedimento em relação ao percentual de carbonatos (Dias, 1996) na Plataforma Carbonática do PMAR-BC01.	565
Figura IV.9.3.2.1-6 – Classificação do sedimento em relação ao percentual de carbonatos (Dias, 1996) na Plataforma Lamosa do PMAR-BC01.	565
Figura IV.9.3.2.2-1 – Distribuição do Teor de Carbonatos (média %) nas áreas (norte, centro, sul) no Talude, isóbatas de 400 m e 700 m, do PMAR-BC01. As barras representam os valores médios e as linhas o desvio-padrão dos grupos de amostras.	566
Figura IV.9.3.2.2-2 – Classificação do sedimento em relação ao percentual de carbonatos (Dias, 1996) no Talude, isóbatas de 400 m e 700 m, do PMAR-BC01.	566
Figura IV.9.3.2.2-3 – Teor de carbonatos (%) nas áreas Norte (a), Centro (b) e Sul (c) do Talude na 1a campanha do PMAR-BC.	567
Figura IV.9.3.2.2-4 – Classificação do sedimento em relação ao percentual de carbonatos (Dias, 1996) no Talude, isóбата de 400 m, do PMAR-BC01.	568
Figura IV.9.3.2.2-5 – Classificação do sedimento em relação ao percentual de carbonatos (Dias, 1996) no Talude, isóбата de 700 m, do PMAR-BC01.	569
Figura IV.9.3.2.3-1 – Distribuição do Teor de Carbonatos (média %) nas áreas (norte, sul) nos Cânions, isóbatas de 400 m e 700 m, do PMAR-BC01. As barras representam os valores médios e as linhas o desvio-padrão dos grupos de amostras.	570
Figura IV.9.3.2.3-2 – Classificação do sedimento em relação ao percentual de carbonatos (Dias, 1996) nos Cânions, isóbatas de 400 m e 700 m, do PMAR-BC01.	570
Figura IV.9.3.2.3-3 – Teor de Carbonatos (%) nas áreas Norte (a) e Sul (b) dos Cânions na 1a campanha do PMAR-BC.	571
Figura IV.9.3.2.3-4 – Classificação do sedimento em relação ao percentual de carbonatos (Dias, 1996) nos Cânions, isóбата de 400 m, do PMAR-BC01.	572
Figura IV.9.3.2.3-5 – Classificação do sedimento em relação ao percentual de carbonatos (Dias, 1996) nos Cânions, isóбата de 700 m, do PMAR-BC01.	572
Figura IV.9.3.2.4-1 – NMDS em que os eixos representam as correlações de Spearman das variáveis granulométricas e inclusão dos teores de carbonato (%) das amostras da Plataforma. A saber: Tamanho dos círculos representam a escala de valor % do teor de carbonatos. PNA, PNC, PCA, PCC, PSA, PSC e PSL = plataforma norte arenosa, norte carbonática, centro arenosa, centro carbonática, sul arenosa, sul carbonática e sul lamosa, respectivamente.	573
Figura IV.9.3.2.4-2 – NMDS em que os eixos representam as correlações de Spearman das variáveis granulométricas e inclusão dos teores de carbonato (%) das amostras do Talude e Cânions. A saber: Tamanho dos círculos representam a escala de valor % do teor de carbonatos. TN4, TN7, TC4, TC7, TS4 e TS7 = talude norte 400m, norte 700m, centro 400m, centro 700m, sul 400m e sul 700m, respectivamente.	577
Figura IV.10.3.1-1 – Concentração de (a) carbono orgânico total-COT e (b) nitrogênio total-NT (em %, média – barras e desvio padrão – linhas) nas províncias do PMAR-BC01. Isóбата de 100 m na plataforma de faciologia arenosa (PA100), carbonática (PC100) e lamosa (PL100), e isóbatas de 400 m e 700 m no talude (T400 e T700) e cânions (C400 e C700), nas áreas (norte - N, centro - C e sul - S).	610
Figura IV.10.3.1-2 – Concentração de (a) carbono orgânico total-COT e (b) nitrogênio total-NT (em %, gráficos do tipo caixa) nas províncias do PMAR-BC01. Isóбата de 100 m na plataforma de faciologia arenosa (PA100), carbonática (PC100) e lamosa (PL100), e isóbatas de 400 m e 700 m no talude (T400 e T700) e cânions (C400 e C700), nas áreas (norte - N, centro - C e sul - S).	611

Figura IV.10.3.1.1-1 – Concentração de carbono orgânico total-COT e nitrogênio total-NT (média % e desvio-padrão) por área (norte, centro e sul) do grupo de amostras de plataforma do PMAR-BC01.	612
Figura IV.10.3.1.1-2 – Carbono orgânico total - COT (%) nas áreas Norte (a), Centro (b) e Sul (c) da Plataforma na 1ª campanha do PMAR-BC.	613
Figura IV.10.3.1.1-3 – Nitrogênio total - NT (%) nas áreas Norte (a), Centro (b) e Sul (c) da Plataforma na 1ª campanha do PMAR-BC.	614
Figura IV.10.3.1.2-1 – Concentração de carbono orgânico total-COT e nitrogênio total-NT (média % e desvio-padrão) por área (norte, centro e sul) do grupo de amostras de Talude, isóbatas de 400 m e 700 m, do PMAR-BC01.	616
Figura IV.10.3.1.2-2 – Carbono Orgânico Total-COT (%) nas áreas Norte (a), Centro (b) e Sul (c) do Talude na 1a campanha do PMAR-BC.	617
Figura IV.10.3.1.2-3 – Nitrogênio Total-NT (%) nas áreas Norte (a), Centro (b) e Sul (c) do Talude na 1a campanha do PMAR-BC.	618
Figura IV.10.3.1.3-1 – Concentração de carbono orgânico total-COT e nitrogênio total-NT (média % e desvio-padrão) por área (norte e sul) do grupo de amostras dos Cânions, isóbatas de 400 m e 700 m, do PMAR-BC01.	620
Figura IV.10.3.1.3-2 – Carbono Orgânico Total-COT (%) nas áreas Norte (a) e Sul (b) do Cânion na 1a campanha do PMAR-BC.	621
Figura IV.10.3.1.3-3 – Nitrogênio Total-NT (%) nas áreas Norte (a) e Sul (b) do Cânion na 1a campanha do PMAR-BC.	622
Figura IV.10.3.1.4-1 – Razão C:N nas províncias (plataforma, talude, cânions) na 1a campanha do PMAR-BC	623
Figura IV.10.3.1.5-1 – NMDS em que os eixos representam as correlações de Pearson das variáveis COT e NT entre (a) áreas Norte, Centro e Sul e (b) polígonos da Plataforma do PMAR-BC. A saber: PNA, PNC, PCA, PCC, PSA, PSC e PSL = plataforma norte arenosa, norte carbonática, centro arenosa, centro carbonática, sul arenosa, sul carbonática e sul lamosa, respectivamente.	625
Figura IV.10.3.1.5-2 – NMDS em que os eixos representam as correlações de Pearson das variáveis COT e NT entre (a) as áreas Norte, Centro e Sul, (b) as províncias Talude e Cânion e (c) os polígonos do Talude e Cânions do PMAR-BC. A saber: TN4, TN7, TC4, TC7, TS4 e TS7 / CN4, CN7 e CS7 = talude norte 400m, norte 700m, centro 400m, centro 700m, sul 400m e sul 700m / cânion norte 400m, norte 700m e sul 700m, respectivamente.	629
Figura IV.10.3.1.5-3 – NMDS em que os eixos representam as correlações de Pearson das variáveis COT e NT dos polígonos dos projetos PMAR-BC e PCR-BC. As siglas com apóstrofes (') representam os polígonos do PCR-BC.	632
Figura IV.10.3.2-1 – Concentração ($\mu\text{g}/\text{cm}^3$) de (a) clorofila-a e (b) feofitina-a (média – barras e desvio padrão – linhas) nas províncias do PMAR-BC01. Isóbata de 100 m na plataforma de faciologia arenosa (PA100), carbonática (PC100) e lamosa (PL100), e isóbatas de 400 m e 700 m no talude (T400 e T700) e cânions (C400 e C700), nas áreas (norte - N, centro - C e sul - S). Nota-se as diferenças de escala de concentração.	636
Figura IV.10.3.2-2 – Concentração ($\mu\text{g}/\text{cm}^3$) de (a) clorofila-a e (b) feofitina-a (gráficos do tipo caixa) nas províncias do PMAR-BC01. Isóbata de 100 m na plataforma de faciologia arenosa (PA100), carbonática (PC100) e lamosa (PL100), e isóbatas de 400 m e 700 m no talude (T400 e T700) e cânions (C400 e C700), nas áreas (norte - N, centro - C e sul - S). Nota-se as diferenças de escala de concentração.	638
Figura IV.10.3.2.1-1 – Concentração ($\mu\text{g}/\text{cm}^3$) de clorofila-a e feofitina-a (média e desvio-padrão) por área (norte, centro e sul) do grupo de amostras da plataforma do PMAR-BC01.	638

Figura IV.10.3.2.1-2 – Clorofila-a ($\mu\text{g}/\text{cm}^3$) nas áreas Norte (a), Centro (b) e Sul (c) da Plataforma na 1ª campanha do PMAR-BC.	639
Figura IV.10.3.2.1-3 – Feofitina-a ($\mu\text{g}/\text{cm}^3$) nas áreas Norte (a), Centro (b) e Sul (c) da Plataforma na 1ª campanha do PMAR-BC.	640
Figura IV.10.3.2.2-1 – Concentração ($\mu\text{g}/\text{cm}^3$) de clorofila-a e feofitina-a (média e desvio-padrão) por área (norte, centro e sul) do grupo de amostras do Talude, isóbatas de 400 m e 700 m, do PMAR-BC01.	642
Figura IV.10.3.2.2-2 – Clorofila-a ($\mu\text{g}/\text{cm}^3$) nas áreas Norte (a), Centro (b) e Sul (c) do Talude na 1ª campanha do PMAR-BC.	643
Figura IV.10.3.2.2-3 – Feofitina-a ($\mu\text{g}/\text{cm}^3$) nas áreas Norte (a), Centro (b) e Sul (c) do Talude na 1ª campanha do PMAR-BC.	644
Figura IV.10.3.2.3-1 – Concentração ($\mu\text{g}/\text{cm}^3$) de clorofila-a e feofitina-a (média e desvio-padrão) por área (norte e sul) do grupo de amostras dos Cânions, isóbatas de 400 m e 700 m, do PMAR-BC01.	645
Figura IV.10.3.2.3-2 – Clorofila-a ($\mu\text{g}/\text{cm}^3$) nas áreas Norte (a) e Sul (b) do Cânion na 1ª campanha do PMAR-BC.	646
Figura IV.10.3.2.3-3 – Feofitina-a ($\mu\text{g}/\text{cm}^3$) nas áreas Norte (a) e Sul (b) do Cânion na 1ª campanha do PMAR-BC.	647
Figura IV.10.3.2.4-1 – Razão clorofila-a:feofitina-a no PMAR-BC01.	648
Figura IV.10.3.2.5-1 – NMDS em que os eixos representam as correlações de Pearson das variáveis clorofila-a (CL-A) e feofitina-a (FEO-A) entre (a) áreas Norte, Centro e Sul e (b) polígonos da Plataforma do PMAR-BC. A saber: PNA, PNC, PCA, PCC, PSA, PSC e PSL = plataforma norte arenosa, norte carbonática, centro arenosa, centro carbonática, sul arenosa, sul carbonática e sul lamosa, respectivamente.	651
Figura IV.10.3.2.5-2 – NMDS em que os eixos representam as correlações de Pearson das variáveis clorofila-a (CL-A) e feofitina-a (FEO-A) entre (a) as áreas Norte, Centro e Sul, (b) as províncias Talude e Cânion e (c) os polígonos do Talude e Cânions do PMAR-BC. A saber: TN4, TN7, TC4, TC7, TS4 e TS7 / CN4, CN7 e CS7 = talude norte 400m, norte 700m, centro 400m, centro 700m, sul 400m e sul 700m / cânion norte 400m, norte 700m e sul 700m, respectivamente.	654
Figura IV.10.3.2.5-3 – NMDS em que os eixos representam as correlações de Pearson das variáveis clorofila-a e feofitina-a dos polígonos dos projetos PMAR-BC e PCR-BC. As siglas com apóstrofes (') representam os polígonos do PCR-BC.	657
Figura IV.10.4.1-1 – Correlação de Pearson entre as variáveis composição elementar da matéria orgânica e fitopigmentos do sedimento e a granulometria amostradas durante PMAR-BC e PCR-BC. A cor vermelha corresponde à correlação negativa e a cor azul as correlações positivas.	661
Figura IV.10.4.2-2 – Razão molar C:N nas áreas Norte, Centro e Sul do PMAR-BC e PCR-BC (estações nomeadas em rosa, ver detalhe da malha PCR-BC no Capítulo III, item 3.3).	662
Figura IV.10.4.2-3 – Razão clorofila-a:feofitina-a nas áreas Norte, Centro e Sul do PMAR-BC e PCR-BC (estações nomeadas em rosa, ver detalhe da malha PCR-BC no Capítulo III, item 3.3).	663
Figura IV.11.3.1-1: Gráficos de caixa (mínimo, máximo e mediana) das concentrações (mg kg^{-1}) de Al (A), As (B), Ba (C), Cd (D), Pb (E), Cu (F), Cr (G), Fe (H), Hg (I), Mn (J), Ni (L), V (M), Zn (N) nas fácies arenosa, carbonática e lamosa da plataforma continental nas três áreas da bacia de Campos.	702

Figura IV.11.3.2-1: Gráficos de caixa (mínimo, máximo e mediana), das concentrações (mg kg ⁻¹) de Al (A), As (B), Ba (C), Cd (D), Pb (E), Cu (F), Cr (G), Fe (H), Hg (I), Mn (J), Ni (L), V (M), Zn (N) nas isóbatas 400 m e 700 m no talude nas três áreas da bacia de Campos.	706
Figura IV.11.3.3-1: Gráficos de caixa (mínimo, máximo e mediana) das concentrações (mg kg ⁻¹) de Al (A), As (B), Ba (C), Cd (D), Pb (E), Cu (F), Cr (G), Fe (H), Hg (I), Mn (J), Ni (L), V (M), Zn (N) nos cânions nas áreas norte e sul da bacia de Campos, considerando a comparação das áreas amostrais posicionadas sobre a isóbata de 400 m e 700 m.	709
Figura IV.11.3.4-1: Gráficos NOMDS com correlações múltiplas das concentrações variáveis Al, As, Ba, Cd, Pb, Cu, Cr, Fe, Hg, Mn, Ni, V, Zn na plataforma continental, agrupados por área.	713
Figura IV.11.3.4-2: Gráficos NMDS com correlações múltiplas das variáveis Al, As, Ba, Cd, Pb, Cu, Cr, Fe, Hg, Mn, Ni, V, Zn na plataforma continental, agrupados por fácies.	714
Figura IV.11.3.4-3: Gráfico NMDS com de correlações múltiplas das variáveis Al, As, Ba, Cd, Pb, Cu, Cr, Fe, Hg, Mn, Ni, V, Zn dos polígonos de plataforma continental. A saber: PNA, PNC, PCA, PCC, PSA, PSC e PSL = plataforma norte arenosa e carbonática, centro arenosa e carbonática, sul arenosa e carbonática, e sul lamosa, respectivamente.	714
Figura IV.11.3.4-3: Gráficos de correlações múltiplas das concentrações (mg kg ⁻¹) de Al, As, Ba, Cd, Pb, Cu, Cr, Fe, Hg, Mn, Ni, V, Zn, discriminadas as províncias Cânion e Talude.	716
Figura IV.11.3.4-4: Gráficos de correlações múltiplas das concentrações (mg kg ⁻¹) de Al, As, Ba, Cd, Pb, Cu, Cr, Fe, Hg, Mn, Ni, V, Zn, no Talude e Cânion, discriminadas as isóbatas de 400 m e 700 m.	716
Figura IV.11.3.4-6: Gráfico NMDS com correlações múltiplas das variáveis Al, As, Ba, Cd, Pb, Cu, Cr, Fe, Hg, Mn, Ni, V, Zn, nos polígonos amostrais do Talude e Cânion. A saber: TN4, TN7, TC4, TC7, TS4 e TS7 / CN4, CN7 e CS7 = talude norte 400m e 700m, centro 400m e 700m, sul 400m e 700m / cânion norte 400m e 700m e sul 700m, respectivamente	717
Figura IV.11.3.5-1: Gráfico NMDS com as correlações múltiplas da variáveis Al, As, Ba, Cd, Pb, Cu, Cr, Fe, Hg, Mn, Ni, V, Zn, discriminadas as concentrações medidas no projeto atual (PMAR-BC) e no projeto anterior (PCR-BC) Habitats.	721
Figura IV.11.4.1-1: Gráfico de correlações Pearson para as concentrações (mg kg ⁻¹) de Al, As, Ba, Cd, Pb, Cu, Cr, Fe, Hg, Mn, Ni, V, Zn, discriminadas as concentrações medidas nas facies Carbonática, Arenosa e Lamosa na Plataforma Continental. Menores ângulos entre os seguimentos representativos de cada elemento indicam maior correlação.	726
Figura IV.11.4.1-2: Análise por componentes principais, por elementos, com as amostras selecionadas por polígonos, considerando apenas as concentrações dos elementos medidas nas amostras da Plataforma Continental.	729
Figura IV.11.4.1-3 (página anterior): Dendrograma apresentando o agrupamento de polígonos por faciologia na Plataforma Continental, de acordo com as das concentrações dos elementos estudados. As ramificações na cor preta indicam agrupamento significativo de acordo com as análises SIMPROF.	730
Figura IV.11.4.1-4: Gráfico NMDS com correlações de Pearson para as variáveis Al, As, Ba, Cd, Pb, Cu, Cr, Fe, Hg, Mn, Ni, V, Zn, discriminadas as concentrações medidas nas áreas Norte, Centro e Sul de talude e cânion. Menores ângulos entre os seguimentos representativos de cada elemento indicam maior correlação.	731
Figura IV.11.4.2-1 Correlação entre das concentrações (mg kg ⁻¹) de níquel e vanádio para as amostras do presente trabalho (PMAR-BC).	734

Figura IV.11.4.3-1: Dendrograma apresentando o agrupamento de polígonos por projetos (PMAR-BC e PCR-BC ⁽ⁱ⁾) de acordo com as concentrações (mg kg ⁻¹) dos elementos estudados. As ramificações na cor preta indicam agrupamento significativo de acordo com as análises SIMPROF.	739
Figura IV.12.3.1-1 – Distribuição de Σ 16HPAs (painel superior) e Σ 37HPAs (painel inferior) considerando todas as províncias (plataforma, talude e cânions). Isóbata de 100 m na plataforma de facilogia arenosa (PA100), carbonática (PC100) e lamosa (PL100), e isóbatas de 400 m e 700 m no talude (T400 e T700) e cânions (C400 e C700) nas áreas (norte - N, centro - C e sul - S) nos sedimentos coletados no PMAR-BC01. Valores extremos foram considerados, mas omitidos da apresentação para facilitar visualização.	768
Figura IV.12.3.1-2 – Distribuição espacial do Σ 37HPAs nos sedimentos nas áreas Norte (a), Centro (b) e Sul (c) e fácies sedimentares sobre a plataforma no PMAR-BC01.	769
Figura IV.12.3.1-3 – Distribuição espacial do Σ 37HPAs nos sedimentos nas áreas Norte (a), Centro (b) e Sul (c) e duas isóbatas sobre o talude no PMAR-BC01.	770
Figura IV.12.3.1-4 – Distribuição espacial do Σ 37HPAs nos sedimentos nas áreas Norte (a) e Sul (b) nos cânions do PMAR-BC01.	771
Figura IV.12.3.2-1 – Distribuição de Alifáticos Totais (painel superior) e n-alcanos (painel inferior), todas as províncias (plataforma, talude e cânions). Isóbata de 100 m na plataforma de facilogia arenosa (PA100), carbonática (PC100) e lamosa (PL100), e isóbatas de 400 m e 700 m no talude (T400 e T700) e cânions (C400 e C700) nas áreas (norte - N, centro - C e sul - S) no PMAR-BC01. Valores extremos foram considerados, mas omitidos da apresentação para facilitar visualização.	773
Figura IV.12.3.2-2 – Distribuição de alifáticos totais (ATs) nos sedimentos nas áreas Norte (a), Centro (b) e Sul (c) na plataforma do PMAR-BC01.	774
Figura IV.12.3.2-3 – Mapa de distribuição de alifáticos totais nas áreas Norte (a), Centro (b) e Sul (c) no talude do PMAR-BC01.	775
Figura IV.12.3.2-4 – Mapa de distribuição de alifáticos totais nas áreas Norte (a) e Sul (b) nos cânions do PMAR-BC01.	776
Figura IV.12.3.2-5 – Mapa de distribuição de n-alcanos nas áreas Norte (a), Centro (b) e Sul (c) na plataforma do PMA-BC01.	777
Figura IV.12.3.2-6 – Mapa de distribuição de n-alcanos nas áreas Norte (a), Centro (b) e Sul (c) no talude do PMAR-BC01.	778
Figura IV.12.3.2-7 – Mapa de distribuição de n-alcanos nas áreas Norte (a) e Sul (b) nos cânions do PMAR-BC01.	779
Figura IV.12.3.2-8 – Distribuição de Hidrocarbonetos Resolvidos (painel superior) e MCNR (painel inferior) considerando todas as províncias (plataforma, talude e cânions). Isóbata de 100 m na plataforma de facilogia arenosa (PA100), carbonática (PC100) e lamosa (PL100), e isóbatas de 400 m e 700 m no talude (T400 e T700) e cânions (C400 e C700) nas áreas (norte - N, centro - C e sul - S) nos sedimentos coletados no PMAR-BC01. Valores extremos foram considerados, mas omitidos da apresentação para facilitar visualização	781
Figura IV.12.3.2-9 – Mapa de distribuição de MCNR nas áreas Norte (a), Centro (b) e Sul (c) na plataforma do PMAR-BC01.	782
Figura IV.12.3.2-10 – Mapa de distribuição de MCNR nas áreas Norte (a), Centro (b) e Sul (c) talude do PMAR-BC01.	783
Figura IV.12.3.2-11 – Mapa de distribuição de MCNR nas áreas Norte (a) e Sul (b) nos cânions do PMAR-BC01.	784

Figura IV.12.3.3-1 – Distribuição de HTP considerando todas as províncias (plataforma, talude e cânions). Isóbata de 100 m na plataforma de faciologia arenosa (PA100), carbonática (PC100) e lamosa (PL100), e isóbatas de 400 m e 700 m no talude (T400 e T700) e cânions (C400 e C700) nas áreas (norte - N, centro - C e sul - S) nos sedimentos coletados no PMAR-BC01. Valores extremos foram considerados, mas omitidos da apresentação para facilitar visualização.	786
Figura IV.12.3.3-2 – Mapa de distribuição de HTP nas áreas Norte (a), Centro (b) e Sul (c) na plataforma do PMAR-BC01.	787
Figura IV.12.3.3-3 – Mapa de distribuição de HTP nas áreas Norte (a), Centro (b) e Sul (c) no talude do PMAR-BC01.	788
Figura IV.12.3.3-4 – Mapa de distribuição de HTP nas áreas Norte (a) e Sul (b) nos cânions do PMAR-BC01.	789
Figura IV.12.3.4-1 – Distribuição de hopanos considerando todas as províncias (plataforma, talude e cânions). Isóbata de 100 m na plataforma de faciologia arenosa (PA100), carbonática (PC100) e lamosa (PL100), e isóbatas de 400 m e 700 m no talude (T400 e T700) e cânions (C400 e C700) nas áreas (norte - N, centro - C e sul - S) nos sedimentos coletados no PMAR-BC01. Valores extremos foram considerados, mas omitidos da apresentação para facilitar visualização.	790
Figura IV.12.3.4-2 – Mapa de distribuição de hopanos nas áreas Norte (a), Centro (b) e Sul (c) na plataforma do PMAR-BC01.	791
Figura IV.12.3.4-3 – Mapa de distribuição de hopanos nas áreas Norte (a), Centro (b) e Sul (c) no talude do PMAR-BC01.	792
Figura IV.12.3.4-4 – Mapa de distribuição de hopanos nas áreas Norte (a) e Sul (b) nos cânions do PMAR-BC01.	793
Figura IV.12.3.4-5 – Distribuição de esteranos considerando todas as províncias (plataforma, talude e cânions). Isóbata de 100 m na plataforma de faciologia arenosa (PA100), carbonática (PC100) e lamosa (PL100), e isóbatas de 400 m e 700 m no talude (T400 e T700) e cânions (C400 e C700) nas áreas (norte - N, centro - C e sul - S) nos sedimentos coletados no PMAR-BC01. Valores extremos foram considerados, mas omitidos da apresentação para facilitar visualização.	794
Figura IV.12.3.4-6 – Mapa de distribuição de esteranos nas áreas Norte (a), Centro (b) e Sul (c) na plataforma do PMAR-BC01.	795
Figura IV.12.3.4-7 – Mapa de distribuição de esteranos nas áreas Norte (a), Centro (b) e Sul (c) no talude do PMAR-BC01.	796
Figura IV.12.3.4-8 – Mapa de distribuição de esteranos nas áreas Norte (a) e Sul (b) nos cânions do PMAR-BC01.	797
Figura IV.12.3.5-1 – Representação NMDS para polígonos sobre a plataforma e variáveis HPAs, ATs, MCNR e HTP em (a) relação às áreas de coleta, (b) fácies sedimentares e (c) destaque dos polígonos da plataforma (com ampliação de 3x).	806
Figura IV.12.3.5-2 – Representação NMDS para polígonos sobre a plataforma e variáveis hopanos e esteranos em (a) relação às áreas de coleta, (b) fácies sedimentares e (c) polígonos da plataforma.	809
Figura IV.12.3.5-3 – Representação NMDS para polígonos sobre o talude e cânions e variáveis HPAs, ATs, MCNR e HTP em (a) relação às áreas de coleta e (b) destaque dos agrupamentos significativos (SIMPROF) dos polígonos de talude e cânions (com ampliação de 3x).	811
Figura IV.12.3.5-4 – Representação NMDS para polígonos sobre a talude e cânions e variáveis hopanos e esteranos em (a) relação às áreas de coleta, (b) isóbatas e (c) polígonos do talude e cânions.	813
Figura IV.12.3.6.1-1 – NMDS (correlações múltiplas) para comparação entre polígonos de PMAR-BC e PCR-BC do conjunto de hidrocarbonetos (16HPA, 37HPA, AT, MCNR, HTP).	817

Figura IV.12.3.6.2-1 – NMDS (correlações múltiplas) para comparação entre polígonos de PMAR-BC e PCR-BC para biomarcadores (hopanos e esteranos). Agrupamentos significativos (SIMPROF, $p < 0,05$) como elipses em preto.	820
Figura IV.12.4.2-1 – Resultado da análise de agrupamento considerando as concentrações de alifáticos – n-alcenos individuais (n-C ₁₀ a n-C ₄₀), pristano e fitano – e HPAs individuais (parentais e alquilados) em todas as amostras de sedimento coletadas na campanha PMAR-BC01.	827
Figura IV.12.4.2-2 – Perfis de distribuição de HPAs individuais (a) e de n-alcenos e isoprenóides (b) com os 3 grupos definidos na análise de agrupamento considerando as concentrações individuais de hidrocarbonetos em todas as amostras de sedimento do PMAR-BC/campanha 1 (ver Figura IV.12.4.2-1).	828
Figura IV.12.4.3-1 – Razões de biomarcadores para caracterização da origem petrogênica dos hidrocarbonetos.	830
Figura IV.12.4.4-1 – Análise exploratória multivariada por correlação (Pearson) de hidrocarbonetos, biomarcadores e variáveis de granulometria e composição elementar, do conjunto de amostras de sedimento de PMAR-BC (1ª coleta) e PCR-BC (período chuvoso).	832
Figura IV.12.4.4-2 – Trecho do cromatograma de íon (m/z191), característico dos hopanos, de uma amostra do PMAR-BC.	834
Figura IV.12.4.4-3 – Trecho do cromatograma de íon (m/z191), característico dos hopanos, de uma amostra do PCR-BC.	834
Figura IV.12.4.4-4 – Perfis de hopanos observados no (a) PMAR-BC e no (b) PCR-BC.	835
Figura IV.13.2.2.1-1 – (A) Retirada do fixador utilizando-se peneira de 0,045 mm, Becker de 4L e bandeja para contenção. (B) Bombonas para armazenagem de formol.	851
Figura IV.13.2.2.1-2 – Torneira utilizada para lavagem das amostras. No detalhe é possível visualizar a malha de 0,030 mm utilizada para filtragem de organismos de água doce.	852
Figura IV.13.2.2.1-3 – (A) Material lavado sendo lançado no Becker. (B) Material passando por processo de elutriação.	853
Figura IV.13.2.2.1-4 – (A) Exemplo de jogo de peneiras utilizado na lavagem. Neste exemplo temos malhas de 0,5mm, 2mm e 9,5mm, apropriadas para amostras de sedimento grosseiro provenientes da plataforma continental. (B) Exemplo de lavagem de amostra de sedimento fino proveniente de talude, sendo lavada em jogo de peneiras de 0,3mm e 2mm.	854
Figura IV.13.3-1 – Contribuição dos grupos Polychaeta, Crustacea, Mollusca e Outros (Brachiopoda, Chaetognatha, Echinodermata, Nemertea, Platyhelminthes, Sipuncula, Pycnogonida, Oligochaeta e Hirudinea) na área de estudo.	859
Figura IV.13.3-2. Famílias de Polychaeta registradas na área de estudo que totalizaram 80% da abundância total do grupo.	860
Figura IV.13.3-3. Famílias de Crustacea registradas na área de estudo que totalizaram 80% da abundância total do grupo.	861
Figura IV.13.3-4. Famílias de Mollusca registradas na área de estudo que totalizaram 80% da abundância total do grupo.	861
Figura IV.13.3.1-1. Densidade total (ind/m ²) para os grupos Polychaeta, Crustacea e Mollusca encontrados em cada polígono da Plataforma Continental.	863
Figura IV.13.3.1-2. Densidade relativa dos táxons que acumulam 80% da densidade total na Plataforma Continental.	863
Figura IV.13.3.1-3. Box-plot da densidade (ind/m ²) dos polígonos da Plataforma Continental, ao longo das áreas (Norte, Centro e Sul) da Bacia de Campos.	864

Figura IV.13.3.1-4. Distribuição da densidade da macrofauna bentônica (ind.m-2) obtida ao longo das áreas (A) Norte, (B) Centro e (C) Sul da Plataforma Continental, considerando a faciologia dos polígonos.	865
Figura IV.13.3.1-5. Biomassa (g/m ²) encontrada em cada província da plataforma continental.	866
Figura IV.13.3.1-6. Distribuição da biomassa da macrofauna bentônica (g.m-2) obtida ao longo das áreas (A) Norte, (B) Centro e (C) Sul da Plataforma Continental, considerando a fasciologia dos polígonos.	867
Figura IV.13.3.1-7. NMDS com base na matriz de similaridade (Bray-Curtis) calculada entre as densidades da macrofauna nas amostras da Plataforma Continental dos polígonos das fácies arenosa (PNA, PCA e PSA), carbonática (PNC, PCC e PSC) e lamosa (PSL).	868
Figura IV.13.3-8. NMDS com base na matriz de similaridade (Bray-Curtis) calculada entre as densidades da macrofauna nas amostras da Plataforma Continental com destaque para as fácies (Arenosa, Carbonática e Lamosa). A correlação de Pearson entre os táxons principais está sobreposta como vetores escalares.	869
Figura IV.13.3.1-9. NMDS com base na matriz de similaridade (Distância Euclidiana) calculada entre as densidades da macrofauna nas amostras da Plataforma Continental com destaque para as fácies (Arenosa, Carbonática e Lamosa). A correlação de Pearson entre as variáveis sintéticas está sobreposta como vetores escalares.	870
Figura IV.13.3.1.1-1. Box-plot da riqueza de taxa (S), densidade (ind./m ²), diversidade de Shannon (H'), equitatividade de Pielou (J') e dominância de Simpson (Lambda) dos polígonos arenosos da área Norte (PNA), Centro (PCA) e Sul (PSA) da Plataforma Continental. Letras diferentes conotam diferença significativa entre os polígonos ($p < 0,05$).	872
Figura IV.13.3.1.1-2. NMDS com base na matriz de similaridade (Bray-Curtis) calculada entre as densidades da macrofauna nas amostras da Plataforma Continental dos polígonos arenosos nas áreas Norte (PNA), Centro (PCA) e Sul (PSA).	873
Figura IV.13.3.1.1-3 - Densidade relativa dos táxons que acumulam 80% da densidade total nos polígonos arenosos da área Norte (PNA), Centro (PCA) e Sul (PSA) da Plataforma Continental.	875
Figura IV.13.3.1.2-1 – Box-plot de riqueza de taxa (S), densidade (ind./m ²), diversidade de Shannon (H'), equitabilidade de Pielou (J') e dominância de Simpson (Lambda) dos polígonos carbonáticos da área Norte (PNC), Centro (PCC) e Sul (PSC) da Plataforma Continental. Letras diferentes conotam diferença significativa entre os polígonos ($p < 0,05$).	878
Figura IV.13.3.1.2-2 - NMDS com base na matriz de similaridade (Bray-Curtis) calculada entre as densidades da macrofauna nas amostras da Plataforma Continental dos polígonos carbonáticos nas áreas Norte (PNC), Centro (PCC) e Sul (PSC).	879
Figura IV.13.3.1.2-3 - Densidade relativa dos táxons que acumulam 80% da densidade total nos polígonos carbonáticos da área Norte (PNC), Centro (PCC) e Sul (PSC) da Plataforma Continental.	881
Figura IV.13.3.1.3-1 - Densidade relativa dos táxons que acumulam 80% da densidade total no polígono lamoso da Plataforma Continental.	883
Figura IV.13.3.1.4-1 - NMDS com base na matriz de similaridade (Bray-Curtis) calculada entre as densidades da macrofauna nas amostras do PMAR-BC (pontos azuis) e PCR-BC (pontos vermelhos).	884
Figura IV.13.3.1.4-2. NMDS com base na matriz de similaridade (Distância Euclidiana) calculada entre as densidades da macrofauna nos polígonos do PMAR-BC (pontos azuis) e PCR-BC (pontos vermelhos). A correlação de Pearson entre as variáveis sintéticas está sobreposta como vetores escalares.	885

Figura IV.13.3.1.4-3 - NMDS com base na matriz de similaridade (Bray-Curtis) calculada entre as densidades da macrofauna nas amostras da Plataforma Continental dos projetos PMAR-BC e PCR-BC, com destaque para os diferentes polígonos.	886
Figura IV.13.3.1.4-4 . Box-plot de riqueza de taxa (S), densidade (ind./m ²), diversidade de Shannon (H') e dominância de Simpson (Lambda) dos polígonos lamosos do PMAR-BC (PSL) e do PCR-BC (PSL'). Letras diferentes conotam diferença significativa entre os polígonos (p < 0,05).	888
Figura IV.13.3.2-1. Densidade total (ind/m ²) para os grupos Polychaeta, Crustacea e Mollusca encontrados em cada polígono do Talude e Cânions.	889
Figura IV.13.3.2-2. Densidade relativa dos táxons que acumulam 80% da densidade total no Talude e Cânions.	890
Figura IV.13.3.2-3. Box-plot da densidade (ind/m ²) dos polígonos do Talude e Cânions, ao longo das áreas (Norte, Centro e Sul) da Bacia de Campos.	891
Figura IV.13.3.2-4 - Distribuição da densidade da macrofauna bentônica (ind.m-2) obtida ao longo das áreas (A) Norte, (B) Centro e (C) Sul do talude a 400 metros e 700 metros de profundidade.	892
Figura IV.13.3.2-5 - Distribuição da densidade da macrofauna bentônica (ind.m-2) obtida ao longo das áreas (A) Norte e (B) Sul do cânion a 400 metros e 700 metros de profundidade.	893
Figura IV.13.3.2-6. Box-plot da biomassa (g/m ²) dos polígonos do Talude e Cânions, ao longo das áreas (Norte, Centro e Sul) da Bacia de Campos.	894
Figura IV.13.3.2-7 - Distribuição da biomassa da macrofauna bentônica (g.m-2) obtida ao longo das áreas (A) Norte, (B) Centro e (C) Sul do talude a 400 metros e 700 metros de profundidade.	895
Figura IV.13.3.2-8 - Distribuição da biomassa (g.m-2) obtida ao longo das áreas (A) Norte e (B) Sul do cânion a 400 metros e 700 metros de profundidade.	896
Figura IV.13.3.2-9. NMDS com base na matriz de similaridade (Bray-Curtis) calculada entre as densidades da macrofauna nas amostras do Talude e Cânions, nas isóbatas de 400 e 700 m.	897
Figura IV.13.3.2-10 - NMDS com base na matriz de similaridade (Bray-Curtis) calculada entre as densidades da macrofauna nas amostras do Talude e Cânions, com destaque para as isóbatas de 400 e 700 m. A correlação de Pearson entre os táxons principais está sobreposta como vetores escalares.	898
Figura IV.13.3.2-11 - NMDS com base na matriz de similaridade (Distância Euclidiana) calculada entre as densidades da macrofauna nas amostras do Talude e Cânions, com destaque para as áreas Norte, Centro e Sul. A correlação de Pearson entre as variáveis sintéticas está sobreposta como vetores escalares.	899
Figura IV.13.3.2.1-1 – Box-plot de biomassa (g/m ²), riqueza de taxa (S), densidade (ind./m ²), diversidade de Shannon (H'), equitabilidade de Pielou (J') e dominância de Simpson (Lambda) da macrofauna bentônica para os polígonos TN4, TC4 e TS4. Letras diferentes conotam diferença significativa entre os polígonos (p < 0,05).	901
Figura IV.13.3.2.1-2 - NMDS com base na matriz de similaridade (Bray-Curtis) calculada entre as densidades da macrofauna nas amostras dos polígonos TN4, TC4 e TS4.	902
Figura IV.13.3.2.1-3 - Densidade relativa dos táxons que acumulam 80% da densidade total nas áreas norte (TN4), centro (TC4) e sul (TS4) do Talude na isóbata de 400 m.	904
Figura IV.13.3.2.2-1 – Box-plot da biomassa (g/m ²), riqueza de taxa (S), densidade (ind./m ²), diversidade de Shannon (H'), equitabilidade de Pielou (J') e dominância de Simpson (Lambda) da macrofauna bentônica nos polígonos TN7, TC7 e TS7.	907

Figura IV.13.3.2.2-2 - NMDS com base na matriz de similaridade (Bray-Curtis) calculada entre as densidades da macrofauna nas amostras dos polígonos TN7, TC7 e TS7.	908
Figura IV.13.3.2.2-3 - Densidade relativa dos táxons que acumulam 80% da densidade total nas áreas norte (TN7), centro (TC7) e sul (TS7) do Talude na isóbata de 700 m.	910
Figura IV.13.3.2.3-1 – Box-plot da riqueza de taxa (S), densidade (ind./m ²), diversidade de Shannon (H'), equitabilidade de Pielou (J') e dominância de Simpson (Lambda) da macrofauna bentônica nos polígonos CN4, CN7 e CS7. Letras diferentes conotam diferença significativa entre polígonos ($p < 0,05$).	913
Figura IV.13.3.2.3-2 - NMDS com base na matriz de similaridade (Bray-Curtis) calculada entre as densidades da macrofauna nas amostras dos Cânions dos polígonos CN4, CN7 e CS7.	914
Figura IV.13.3.2.3-3. Densidade relativa dos táxons que acumulam 80% da densidade total nas áreas norte (TN7), centro (TC7) e sul (TS7) do Talude na isóbata de 700 m.	916
Figura IV.13.3.2.4-1. NMDS com base na matriz de similaridade (Bray-Curtis) calculada entre as densidades da macrofauna nas amostras do Talude e Cânions dos projetos PMAR-BC e PCR-BC, com destaque para os diferentes polígonos.	917
Figura IV.13.3.2.4-2. NMDS com base na matriz de similaridade (Bray-Curtis) calculada entre as densidades da macrofauna nos polígonos da Plataforma Continental, Talude e Cânions dos projetos PMAR-BC e PCR-BC.	918

RESUMO EXECUTIVO

O **Programa de Monitoramento Ambiental Regional - PMAR-BC** (Processo IBAMA nº02022.000490/10) tem por objetivo principal a obtenção sistemática de informações sobre qualidade da água e sedimento, bem como sobre as comunidades biológicas buscando a comparação entre as áreas de maior e menor concentração de atividade de E&P na Bacia de Campos, de forma a monitorar estas áreas e simultaneamente avaliar as tendências ambientais regionais desta bacia.

A primeira campanha oceanográfica do PMAR-BC ocorreu entre dezembro de 2018 e maio de 2019. Foram obtidas amostras ambientais de água e sedimento e biota. A apresentação dos resultados obtidos está estruturada, neste relatório, em 13 capítulos organizados de acordo com o conjunto de parâmetros a serem abordados, conforme a seguir: *IV.1 – Aspectos Físicos; IV.2 – Sensoriamento Remoto; IV.3 – Hidroquímica; IV.4 – Hidrocarbonetos em Água; IV.5 – Produtividade Primária; IV.6 – Zooplâncton; IV.7 – Ictioplâncton; IV.8 – Nêuston; IV.9 – Sedimentologia; IV.10 – Composição Elementar da Matéria Orgânica e Fitopigmentos em Sedimentos; IV.11 – Metais e Semi-metais; IV.12 – Hidrocarbonetos e Biomarcadores de Petróleo em Sedimentos; e IV.13 – Macrofauna Bentônica*. A seguir se encontram brevemente descritas as conclusões sobre os resultados obtidos. Inicialmente abordaremos o ambiente pelágico e posteriormente o bentônico.

Em relação aos aspectos físicos na coluna d'água levantados pela aquisição de dados de CTD (conditvity, te em estações do PMAR-BC (Capítulo *IV.1*), pode-se concluir que o padrão de distribuição vertical de temperatura, salinidade e oxigênio dissolvido encontrado é condizente com a caracterização do fluxo de corrente verificado para a região da Bacia de Campos: ocorrência de águas quentes e salinas oriundas da região tropical, na superfície; águas com forte gradiente de temperatura que flui na região da picnoclina; águas frias e com menores valores de salinidade em maiores profundidades; e em relação ao padrão de oxigênio dissolvido apresentado, conclui-se que segue também as características esperadas nos perfis analisados.

A análise por sensoriamento remoto (Capítulo IV.2) dos parâmetros de precipitação acumulada, temperatura da superfície do mar e clorofila-a na superfície do mar evidenciaram os padrões meteo-oceanográficos atuantes na Bacia de Campos e, mais precisamente, nas regiões e períodos de coleta de dados *in situ* do sistema pelágico. As imagens de precipitação acumulada mostraram que o volume de chuva na Bacia de Campos foi maior durante a pernada 7, porém a região do talude continental, em ambas as pernadas (6 e 7), não sofreu a influência de valores significativos de precipitação. A complexidade desta região pôde ser evidenciada na dinâmica das frentes termais oceânicas. Devido a este fenômeno, a água mais fria, presente na plataforma continental, se espalhou para além da isóbata de 100 m, e o ponto de referência do polígono localizado na área central da plataforma continental na BC (P100C) registrou as menores temperaturas, entre 26,5 e 27°C. Já os campos médios de clorofila-a evidenciaram que a região do talude é homogênea e apresenta pequena produtividade biológica. Não houve grande variabilidade na concentração de clorofila-a entre as regiões com 100 m de coluna d'água e as regiões de 900 m.

Nas análises hidroquímicas (Capítulo IV.3) foram avaliadas a partir dos grupos de variáveis físico-químicas, compostos de carbono, nutrientes e fitopigmentos. Os compostos de carbono (COD, COP, COT e MPS) mostraram a existência de diferença significativa entre as áreas (Norte, Centro e Sul) na mesma província (plataforma ou talude), com a área norte da plataforma e sul do talude diferentes das demais. Comparação entre as províncias, considerando os compostos de carbono, também mostraram distinção da área centro. As análises de nutrientes (amônio, nitrito, nitrato, fosfato e fósforo total) indicaram não haver diferenças tróficas nas águas superficiais das áreas amostradas. Também não ocorreram diferenças entre a plataforma e o talude. No talude, a área sul diferiu das áreas centro e norte. As razões N:P mostraram que as águas superficiais se encontraram limitadas pelo nitrogênio e águas mais profundas limitadas por fósforo, fato atribuído à estratificação da coluna d'água na região amostrada. A interação dos fitopigmentos mostrou que a área norte da plataforma continental apresentou maiores concentrações de clorofila-a e diferiu das demais áreas amostradas na província. No talude, a área sul diferiu das demais áreas por apresentar menores

concentrações de clorofila-a e feofitina-a. Também houve diferença significativa entre o talude e a plataforma nas áreas centro e sul. Os parâmetros hidroquímicos analisados demonstraram diferenças entre os resultados do PMAR-BC e PCR-BC, sobre as mesmas províncias e profundidades de coleta. Fato relacionado às diferenças intrínsecas entre os desenhos amostrais. Os dados obtidos a partir do PMAR-BC convergiram para uma caracterização oligotrófica, com baixas concentrações de fitopigmentos e compostos de carbono, característicos de águas abertas do Atlântico do Sudeste Brasileiro.

Foram também investigados compartimento água, os teores de hidrocarbonetos policíclicos aromáticos e alifáticos (Capítulo IV.4). Buscou-se assim avaliar os efeitos potenciais das atividades de exploração e produção de petróleo sobre a qualidade da água em províncias (plataforma e talude) e áreas (norte, centro e sul) estabelecidas no projeto. As concentrações de HPAs e de alifáticos caracterizam águas com níveis baixos ou ausentes de contaminação. Além disso, os HPAs individuais incluídos na resolução CONAMA 357/2005 estiveram em concentrações — quando detectados — uma ordem de grandeza inferiores ao critério estabelecido para enquadramento como águas salinas classe 1. O mesmo é válido se forem considerados critérios internacionais, cujo leque de HPAs é maior do que definido pela legislação nacional. Apesar das concentrações baixas, análises estatísticas permitiram identificar que há diferenças na distribuição de hidrocarbonetos entre as diferentes áreas monitoradas. A área norte na plataforma se diferencia das demais pelas concentrações mais baixas de hidrocarbonetos, a área central sobre a plataforma e o talude se diferencia das demais por ter maiores concentrações de HPAs e a área sul se diferencia por ter os maiores valores de ATs. Não houve diferença estatística significativa entre a plataforma e o talude, para o conjunto de hidrocarbonetos considerados. E a comparação dos dados do PMAR-BC e do PCR-BC revelou que não há evidência estatística de diferença significativa entre os dois projetos em relação aos níveis de hidrocarbonetos na água. Em relação à área central, que contém níveis mais altos de hidrocarbonetos e significativamente diferentes das outras áreas, tanto na plataforma quanto no talude, a análise estatística multivariada revelou que essa influência é devido a presença de compostos petrogênicos, sendo necessário

ratificar se essa tendência se mantém com a continuidade do monitoramento pelo PMAR-BC.

Os resultados obtidos com o experimento da Produtividade Primária (Capítulo IV.5) reforçam a natureza basicamente oligotrófica da região da Bacia de Campos, que com baixas concentrações de nutrientes inorgânicos dissolvidos na coluna d'água, têm uma biomassa fitoplanctônica baixa. As taxas mais elevadas de fixação de carbono foram observadas nas áreas Centro e Norte, provavelmente em função da influência da foz do rio Paraíba do Sul e do Cabo de São Tomé, região sujeita a processos hidrográficos que originam o aporte de nutrientes na camada fótica.

Com relação ao zooplâncton (Capítulo IV.6), a avaliação da distribuição da densidade e da composição desse grupo taxonômicos, e dos copépodes em particular, não se demonstrou uniforme ao longo da região de monitoramento, ocorrendo diferenças significativas na sua distribuição entre as áreas Norte, Centro e Sul, e também entre as províncias (plataforma e talude). A plataforma na área Centro tende a ter biomassa e densidade de organismos significativamente maior em comparação àquelas da plataforma das áreas Norte e Sul. Nessa mesma área Centro também houve predominância de certas larvas de organismos incrustantes, taxonomicamente distintas daquelas que ocorreram na área Sul, e que são todas escassas na área Norte. Os resultados apontam que há diferença estatística entre as comunidades zooplanctônicas entre as três áreas da Bacia de Campos, mas principalmente sobre a plataforma. As províncias de plataforma e talude apresentaram comunidades distintas de copépodes na área Centro, mas também foram observadas diferenças entre as províncias nas demais (Norte e Sul). Com relação à avaliação da variação temporal entre as comunidades zooplanctônicas considerando a comparação dos resultados do PMAR-BC com os do PCR-BC, as diferenças entre áreas amostrais e metodologias de coleta e análise produziram resultados inconclusivos.

Para o ictioplâncton (Capítulo IV.7), foi possível concluir que houve diferença espacial nas comunidades ictioplanctônicas da Bacia de Campos. As diferenças encontradas provavelmente estiveram relacionadas a processos oceanográficos físicos amplamente estudados, tais como o escoamento continental e a ressurgência induzida pelo vento costeiro, e às áreas de distribuição e reprodução

das espécies. De modo geral, foi observado o típico gradiente costa-oceano de redução da biomassa, densidade de ovos e larvas de peixes, riqueza e diversidade. Também foi observado, no segmento central da Bacia de Campos, comparativamente às outras áreas, uma menor riqueza, diversidade e equitatividade e maior dominância de espécies de larvas de peixes. Estes resultados podem estar associados tanto ao grande número de poços e UEPs presentes nesta área, quanto a processos oceanográficos, como vórtices. A segunda campanha do PMAR-BC poderá esclarecer melhor a existência de alguma tendência das comunidades ictioplanctônicas nessa região. Considerando a comparação dos resultados do PMAR-BC com os do PCR-BC, sobre as mesmas isóbatas (100 e 900 m) foi observada uma variação temporal nas comunidades ictioplanctônicas da Bacia de Campos. Entretanto, estas diferenças podem estar relacionadas tanto a diferenças espaciais e de esforço amostral, quanto às diferentes metodologias de amostragem utilizadas entre os projetos.

A análise das comunidades neustônicas (zoonêuston e ictionêuston - Capítulo IV.8) apresentou um padrão de maiores valores de biomassa, diversidade, equitatividade e menor dominância na província da Plataforma Continental em relação ao Talude, sendo que o segmento central da Bacia de Campos, em comparação aos demais (norte e sul) apresentou as maiores densidades de organismos neustônicos. Para o zoonêuston, particularmente, foram observadas diferenças na composição das comunidades em relação ao observado para o zooplâncton, e mesmo que Copepoda tenha se mantido o grupo taxonômico dominante, táxons como Salpida, Palaemonidae e Hydrozoa estiveram presentes em densidades bem maiores que as registradas para o zooplâncton. Diferenças na composição taxonômica e nas densidades das comunidades do zoonêuston também foram observadas entre as três áreas na Plataforma Continental e entre a área Centro e Sul no Talude. Já para o ictionêuston, não foi possível identificar diferenciação entre as comunidades das diferentes áreas da Bacia de Campos na Plataforma Continental, enquanto no Talude só foi observada diferença significativa entre as comunidades das áreas Centro e Sul da rede inferior (hiponêuston). Diferente do observado para o ictioplâncton, o segmento central da Bacia de Campos não apresentou maiores densidades de ovos e larvas de peixes, menor riqueza e diversidade e maior dominância de espécies ictioneustônicas.

O estudo de sedimentologia (Capítulo IV.9) mostrou diferenças significativas nos aspectos granulométricos e nos teores de carbonatos. Entre as áreas de plataforma, os resultados mostraram, na área norte, predomínio de lama, areia no centro e cascalho no sul. Diferenças significativas também foram observadas entre as fácies sedimentares de plataforma: (i) nas arenosas houve predomínio das frações de areias, com classificação desde litoclásticos à bioclásticos, (ii) nas carbonáticas houve uma maior contribuição de areia e maiores teores de carbonatos na área sul, e (iii) na faciologia lamosa, sedimentos com maiores teores de silte e menores teores de carbonatos que as demais áreas. Já no talude, a isóbata de 400 m mostrou variação entre as áreas em função da fração areia e a heterogeneidade granulométrica pode ser verificada, com a área norte com maior percentual de lama, sul com maiores frações de cascalho e centro com os menores teores de carbonato em relação às demais áreas (sedimentos entre litobioclásticos à bioclásticos). Na isóbata de 700 m, todas as áreas obtiveram predomínio de silte, com evidente tendência de redução nos teores de carbonato latitudinalmente, com maiores valores registrados na área norte e os menores no sul. Nas amostras de cânions, os sedimentos de 400 m foram marcados por silte grosso e sedimentos biolitoclásticos e nas amostras de cânion de 700 m, a diferença entre as áreas foi atribuída à maior fração de areia, cascalho e maior teor de carbonato na área norte e os sedimentos das duas áreas amostradas (norte e sul) foram classificados como lama arenosa, litobioclásticos. Os projetos PMAR-BC e PCR-BC mostraram diferenças significativas, fato relacionado à heterogeneidade da plataforma continental e também, possivelmente, aos diferentes desenhos amostrais. Na plataforma essas diferenças foram marcadas por maior predomínio de cascalho na fácies arenosa sul e de lama na fácies arenosa norte do PCR-BC. No talude, a fração lama do PCR-BC teve maior contribuição do que no PMAR-BC.

Em relação a composição elementar do sedimento (Capítulo IV.10), as fácies da plataforma continental mostraram-se heterogêneas, com diferenças significativas entre todas as áreas amostrais para composição elementar da matéria orgânica e fitopigmentos. Na faciologia arenosa, a área sul apresentou as maiores concentrações de COT, NT e feofitina-a. Na carbonática, a área norte apresentou os maiores valores dos componentes elementares e a área centro as menores

concentrações de feofitina-*a*. Os maiores valores de COT, NT e fitopigmentos foram encontrados na fácies lamosa sul, diferindo das demais faciologias da plataforma, do talude e cânion. No talude também foram observadas diferenças significativas na composição elementar do sedimento e conjunto de fitopigmentos entre as áreas, em que na isóbata de 400 m para os parâmetros COT, NT há uma tendência de redução no sentido norte-sul; e na isóbata de 700 m, a área centro apresentou as menores concentrações dos compostos, diferindo das demais áreas. O cânion (700 m), registrou diferenças entre as áreas norte e sul, com maiores valores de COT, NT, clorofila-*a* e feofitina-*a* encontrados na área sul. Os valores médios da razão C:N variaram entre 7 e 8 durante as amostragens do PMAR-BC na maioria das amostras e indicaram a origem planctônica da matéria orgânica sedimentar. Valores superiores à 10 ocorreram em 2% das amostras da plataforma continental e podem indicar mistura na fonte de matéria orgânica sedimentar. O predomínio da razão clorofila:feofitina próxima a zero sugere a ocorrência de matéria orgânica degradada na maior parte da área de estudo, exceto nas áreas norte e centro da plataforma, com valores ~ 1 , que indica ocorrência de matéria orgânica recente. As comparações entre os polígonos amostrais do PMAR-BC e PCR-BC mostraram diferenças entre os resultados dos dois projetos, fato relacionado às maiores concentrações de COT e NT durante o PCR-BC. Essa diferença foi atribuída à heterogeneidade sedimentar da Bacia de Campos e também, possivelmente, às diferenças entre os desenhos amostrais.

Na avaliação de elementos traço (metais e semi-metais, *Capítulo IV.11*) nas amostras de sedimento, foi observada uma associação dos elementos com a faciologia. De modo geral, pode-se dizer que as concentrações da maioria dos elementos aumentaram com a profundidade, comparando-se os polígonos situados na plataforma, talude e cânions. Na plataforma continental ocorreram maiores concentrações na faciologia lamosa para a maioria dos elementos, exceto As, Ba, Cd e Hg. Na área norte, alguns elementos tiveram concentrações significativamente mais elevadas (Al, As, Cr, Fe e V) e no centro, apenas Ba apresentou concentrações mais altas. Para as amostras de talude, foram observadas concentrações mais elevadas para Al, As, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb, V e Zn na isóbata de 400 m e As, Fe e V na isóbata de 700 m na área norte. No centro, concentrações

significativamente mais elevadas de Ba e Hg foram observadas nas isóbatas de 400 m e 700 m. No sul, em ambas as isóbatas, foram observados valores significativamente mais elevados de Al, As, Cr, Fe, Ni, V e Zn. Nos cânions, Ba, Cd, Cu, Mn, Ni e Zn apresentam concentrações maiores na isóbata de 700 m, enquanto apenas As apresentou concentrações significativamente mais altas na isóbata de 400 m. Esta diferença batimétrica pôde ser observada no cânion norte, Almirante Câmara. Diferenças entre as áreas norte e sul também foram marcadas entre os cânions na isóbata de 700 m, atribuídas às maiores concentrações de Ba, Cd e Cu no norte e As no sul.

A razão V/Ni indicou matéria orgânica de origem marinha (>1), em que ocorreram valores médios ~ 12 em que todas as amostras. As comparações entre PMAR-BC e PCR-BC mostraram diferenças significativas entre os projetos. Para a maioria dos elementos, menores concentrações foram obtidas no PMAR-BC (principalmente Al, Cu, Hg e Ni), enquanto maiores foram medidas para Ba, Cu, Ni e Al no projeto PCR-BC. Estas diferenças podem ser atribuídas às dissemelhanças entre os métodos de pré-tratamento de análise (PCR-BC foi feita a decomposição total e PMAR-BC, digestão com ácido nítrico) e entre os desenhos amostrais. Ainda sobre o elemento bário, ressalta-se que apesar das maiores concentrações na área central do PMAR-BC, os valores são menores que os reportados no PCR-BC. Finalmente, as concentrações máximas encontradas estão abaixo de referências nacionais e internacionais como CONAMA, TEL e PEL, o que indica valores de referência para área, exceto para As, que tem concentrações naturalmente altas (formação Barreiras, rica nesse elemento e localizada no rio Paraíba do Sul, que deságua na região).

Em relação aos compostos de hidrocarbonetos e biomarcadores de petróleo nas amostras de sedimento superficial coletadas (Capítulo IV.12), a mediana global dos HPA ($\Sigma 37$ HPAs) foi bem inferior ao observado no PCR-BC, o que pode ser atribuído às diferenças de desenho amostral entre os projetos. De qualquer forma, os níveis de HPAs no sedimento PMAR-BC é muito inferior aos critérios de qualidade do sedimento adotados no Brasil e no exterior e são, inclusive, comparáveis a valores de referência propostos para sedimentos na margem continental europeia. No caso da Bacia de Campos, o histórico de atividades na

região não permite falar em valores de ‘referência’, mas certamente as concentrações de HPAs tóxicos presentes no sedimento não aparenta ser uma questão ambiental que cause preocupação no cenário atual segundo os critérios escolhidos. Os níveis de hidrocarbonetos alifáticos e o THP nas amostras de sedimentos também são comparáveis aos observados em sedimento oceânicos não contaminados, e não há nenhum sinal de alteração significativa nos seus níveis naturais. Os biomarcadores de petróleo tiveram uma distribuição marcada por fatores naturais (i.e., granulometria), e não agregaram informação adicional como indicadores de qualidade ambiental. Esse comportamento era esperado, visto as baixas concentrações gerais de hidrocarbonetos nos sedimentos do PMAR-BC. Os resultados obtidos, nas amostras de sedimento nesta 1ª campanha do PMAR-BC, para hidrocarbonetos e biomarcadores de petróleo e a comparação da distribuição deste grupo de elementos entre PMAR-BC e PCR-BC mostrou não haver evidência de diferença estatística significativa. Dessa forma, a continuidade do monitoramento, através da segunda campanha do projeto, permitirá confirmar ou rejeitar as indicações observadas no presente relatório e, assim, consolidar o conhecimento sobre as características naturais e as influências antrópicas nas áreas selecionadas pelo PMAR-BC na Bacia de Campos.

A avaliação da macrofauna bentônica (Capítulo IV.13) revelou uma maior dominância de Polychaeta em quase todas as áreas, províncias e fácies, com exceção dos polígonos arenoso e carbonático na área Sul da Plataforma Continental. Conjuntamente com Polychaeta, Crustacea e Mollusca foram os grupos mais expressivos na fauna bentônica. Foi observado um padrão de diminuição dos valores de densidade e biomassa conforme o aumento da batimetria, o que já havia sido observado para a área e descrito como uma característica geral para as comunidades bentônicas marinhas de diversas localidades. As características ecológicas das comunidades flutuaram em função da faciologia do sedimento (Arenoso, Carbonático ou Lamoso), assim como da profundidade do substrato (100, 400 ou 700 m) e da área (Norte, Centro e Sul). Estes três fatores pareceram atuar em conjunto na estruturação da macrofauna bentônica, visto que não foi possível observar um padrão geral considerando-os separadamente. Dessa forma, não foram observadas evidências apontando para a

influência de uma maior concentração de atividades de E&P na macrofauna bentônica, sendo que a continuidade do monitoramento é essencial para uma avaliação mais conclusiva. Por fim, as características das comunidades do PMAR-BC e do PCR-BC apresentaram poucas distinções, como maiores valores de biomassa no PCR-BC, mas as análises multivariadas sugerem que os fatores influentes na determinação da estrutura destas são similares (faciologia, profundidade e área).

De maneira geral pôde-se observar com os resultados obtidos na 1ª campanha do PMAR-BC, que a área central apresentou, mesmo que de maneira discreta, diferenças significativas em relação às demais áreas avaliadas sobre muitos dos diversos parâmetros avaliados. A área central possui a maior concentração de atividades de E&P da Bacia de Campos, dentre a demais áreas avaliadas (norte e sul). Entretanto, conforme também ressaltado neste relatório outros fatores ambientais podem ser responsáveis ou corresponsáveis pelas diferenças observadas. Neste sentido, a segunda campanha do PMAR-BC aumentará o conhecimento das características ambientais, e desta forma melhor esclarecer as tendências aqui apontadas.

I – APRESENTAÇÃO

Neste primeiro volume são apresentados os resultados dos dados (físicos, físico-químicos, químicos, sedimentológicos e biológicos) gerados a partir da primeira campanha oceanográfica para avaliação da qualidade de água, sedimento e biota do Programa de Monitoramento Ambiental Regional da Bacia de Campos - PMAR-BC (Processo IBAMA nº02022.000490/10). Os resultados apresentados foram obtidos a partir das oito pernadas (15 dias de mar) que compõem esta primeira campanha do PMAR-BC, as quais foram realizadas no período compreendido entre dezembro de 2018 e maio de 2019 à bordo das embarcações Starnav Andromeda e Ocean Stalwart (embarcação principal). A análise completa e detalhada das atividades de campo dessa campanha foi realizada por meio do Relatório da 1ª Campanha Oceanográfica do Programa de Monitoramento Ambiental Regional da Bacia de Campos - PMAR-BC encaminhado ao órgão ambiental e também apresentada na 1ª RAC do PMAR-BC.

O PMAR-BC visa avaliar a qualidade ambiental da Bacia de Campos em escala regional (plataforma continental e talude), a partir do cumprimento dos seguintes objetivos:

- ✓ Obter sistematicamente informações sobre qualidade da água, do sedimento e sobre comunidades biológicas comparando as áreas de maior e menor concentração de atividade de E&P na Bacia de Campos, de forma a monitorar estas áreas e simultaneamente avaliar as tendências ambientais regionais desta bacia.
- ✓ Comparar as condições físico-químicas, a produtividade primária, o zooplâncton e o ictioplâncton do sistema pelágico nas três áreas (norte, central e sul) da Bacia de Campos; e
- ✓ Comparar as condições físico-químicas e a comunidade presente no sedimento sobre a plataforma continental e o talude continental nas três áreas (norte, central e sul) da Bacia de Campos.

O presente relatório está estruturado em quatro partes, incluindo esta seção introdutória, que relembra os objetivos do projeto e descreve a estrutura do relatório. A parte II, apresenta uma análise, onde são comparadas as atividades planejadas e as realizadas, com a avaliação do desempenho das metas propostas no projeto de monitoramento ambiental. Parte dessa análise, já foi apresentada no 2º Relatório Executivo, protocolado no órgão ambiental em dezembro de 2020, a partir das informações fornecidas sobre o andamento das análises de cada um dos parâmetros monitorados. Na sequência, na parte III são apresentados os aspectos metodológicos da campanha oceanográfica, um resumo dos métodos laboratoriais e o descritivo sobre a análise estatística dos dados. E finalmente, na parte IV são apresentados os treze capítulos previstos, com os resultados de todos os parâmetros físicos, físico-químicos e biológicos contemplados nesse monitoramento ambiental. Cabe ressaltar que o capítulo IV.8 – Nêuston, foi finalizado e incorporado ao Relatório de Resultados nesta Revisão.

II – AVALIAÇÃO DAS METAS DO PMAR-BC

Para avaliação do cumprimento das metas do PMAR-BC é apresentada a seguir uma análise resumida do desempenho de cada uma delas para que se entenda todo o contexto do desenvolvimento do projeto, considerando que nos outros relatórios enviados já foram amplamente discutidas as questões relativas ao trabalho de campo (Relatório da 1ª Campanha Oceanográfica do PMAR-BC, em novembro de 2019) e sobre o acompanhamento das análises laboratoriais (2º Resumo Executivo, em dezembro de 2020).

II. 1 – Avaliação das Metas

II.1.1 – Realizar 100% das campanhas oceanográficas para amostragem de água e sedimento na periodicidade definida

No PMAR-BC foram definidas inicialmente duas campanhas com intervalos de três anos para serem realizadas em seis anos de projeto. A primeira campanha do PMAR-BC, prevista para ser implementada no primeiro semestre de 2018, somente pôde ser realizada a partir de dezembro de 2018 e finalizando em maio de 2019. A PETROBRAS, por meio da reunião de acompanhamento ocorrida em 12/04/2018, nas dependências da CGMAC/IBAMA, informou que, devido ao atraso nos processos de contratações dos laboratórios selecionados para realizar as análises e interpretação dos resultados das campanhas do monitoramento ambiental, haveria a necessidade de postergação do início da campanha para a primeira quinzena do mês de julho de 2018, quando pelo menos os contratos de análises químicas estariam concluídos permitindo o início da campanha.

Em nova reunião entre a PETROBRAS e a CGMAC/IBAMA, realizada em 13/08/2018, a empresa informou a necessidade de nova postergação do início da campanha do PMAR-BC, para o final do segundo semestre de 2018, devido ao aumento do atraso nos processos de contratações dos laboratórios. Com a finalização das contratações dos serviços de análises químicas e com a disponibilização da embarcação de oportunidade Starnav Andromeda, uma vez que

a embarcação principal Ocean Stalwart se encontrava operando em outro projeto, a primeira campanha do PMAR-BC foi iniciada em 26/12/2018, sendo finalizada em 04/05/2019.

O quantitativo de amostragens obtidas por área e por compartimento foram bastante elevados. Das 308 estações de sedimento previstas para serem coletadas, em apenas duas não foram obtidas amostras, apesar dos esforços empreendidos durante a campanha. Em relação ao compartimento pelágico, apenas 24 réplicas dos arrastos de nêuston dos 108 previstos não foram obtidas, mas que considerando a dificuldade e restrições operacionais para este tipo de amostragem em alto-mar, o percentual de sucesso foi considerado elevado (78%). A segunda campanha do PMAR-BC está prevista para ser realizada no primeiro semestre de 2022.

II.1.2 – Entregar 100% dos relatórios de embarque, seis meses após a finalização de cada campanha

O relatório das atividades de campo da 1ª Campanha Oceanográfica do Projeto de Monitoramento Ambiental Regional da Bacia de Campos – PMAR-BC foi enviado por meio da carta UO-BC 1204/2019 e protocolada no órgão ambiental em 01/11/2019, portanto, dentro do prazo de seis meses após a finalização da campanha.

II.1.3 – Entregar 100% dos relatórios de análises e resultados no prazo de um ano e meio após o término de cada campanha

O relatório de resultado da 1ª Campanha Oceanográfica do Projeto de Monitoramento Ambiental Regional da Bacia de Campos – PMAR-BC, originalmente estava previsto para ser entregue em 04/11/2020, entretanto, a Petrobras por meio da carta SMS/LCA/MPL-E&P-FC 0237/2020 de 23/10/2020, solicitou a postergação da entrega desse relatório para maio de 2021, portanto, adiando a entrega em quase sete meses da data originalmente prevista. A justificativa para esse adiamento foram os atrasos gerados nos trabalhos de

análises laboratoriais, somadas às adaptações necessárias ao teletrabalho, devido a pandemia do COVID-19. Em consideração a esta carta, o CGMAC/IBAMA solicitou uma reunião técnica com a Petrobras, a qual foi realizada em 19/11/2020, onde a Petrobras informou ao órgão ambiental sobre o andamento do PMAR-BC e reforçou o pedido de adiamento das entregas esclarecendo sobre a necessidade deste pedido. Nesta reunião ficou então acertado entre as partes o adiamento, para maio de 2021. É importante ressaltar que os resultados do nêuston, anteriormente não apresentados, estão presentes nesta revisão.

II.1.4 – Entregar 100% dos relatórios executivos sobre o desenvolvimento do PMAR-BC a cada dois anos

Estão previstos três relatórios executivos sobre o desenvolvimento do PMAR-BC, no segundo (2018), quarto (2020) e sexto (2022) ano do projeto. As entregas foram previstas para ocorrerem no segundo semestre desses anos. Até o momento já foram entregues dois relatórios executivos ao IBAMA. O primeiro, por meio da correspondência UO-BC 1257/2018 e protocolado no órgão ambiental em 17/12/2018. O segundo relatório foi encaminhado por meio da correspondência SMS/LCA/MPL-E&P-FC 0640/2020 e protocolado no órgão ambiental em 30/12/2020.

II.1.5 – Realizar 100 % das reuniões de Análise Crítica (RACs) a cada dois anos

A primeira RAC do projeto estava prevista para ocorrer no segundo semestre de 2018, porém a Petrobras solicitou o adiamento para data posterior a conclusão da primeira campanha (Carta UO-BC 1257/2018, protocolada no órgão ambiental em 17/12/2018). Assim, a primeira Reunião de Análise Crítica (RAC) com o CGMAC/IBAMA foi realizada em 18/06/2019. Nessa reunião foi apresentado o andamento dos dois subprojetos do PMAR-BC (Qualidade de água, sedimento e biota e Corais) e os resultados preliminares obtidos, até aquela ocasião.

II.1.8 – Realizar 100 % das reuniões de acompanhamento técnico quadrimestralmente

Nos dois primeiros anos do projeto, até a sua implementação a partir da realização da primeira campanha amostral foram realizadas seis reuniões (03/05/2017, 06/09/2017, 19/02/2018, 12/04/2018, 26/06/2018 e 13/08/2018) para acompanhamento técnico sobre o andamento dos projetos. Foram discutidos ajustes metodológicos no projeto aprovado e feitas atualizações sobre o andamento das contratações dos laboratórios de análises e sobre as atividades de mapeamento dos pontos de contato de estruturas de E&P com os bancos de corais. Após a realização da primeira campanha, embora na RAC tenha sido proposto a retomada das reuniões quadrimestrais a partir de setembro/2019, somente em 19/11/2020 foi realizada uma nova reunião entre os técnicos da Petrobras e IBAMA.

III – METODOLOGIAS DE AMOSTRAGEM, ANALÍTICAS E DE TRATAMENTO DE DADOS

III.3.1 – MÉTODOS DE AMOSTRAGEM

III.3.1.1 – Períodos de Coleta e Embarcações Utilizadas

A primeira campanha do Projeto de Monitoramento Ambiental Regional da Bacia de Campos (PMAR-BC) foi iniciada em 26 dezembro de 2018, utilizando a embarcação Starnav Andromeda (Figura III.3.1.1-1), e foi finalizada em 04 de maio de 2019, com a embarcação Ocean Stalwart (Figura III.3.1.1-2). A campanha foi realizada em oito pernadas para a coleta de todos os parâmetros. A duração de cada pernada, a embarcação utilizada e os parâmetros coletados podem ser observados na Tabela III.3.1.1-1.



Figura III.3.1.1-1 – Embarcação Starnav Andromeda, utilizada para a coleta de dados e das amostras na primeira pernada da 1ª campanha do PMAR-BC.



Figura III.3.1.1-2 – Embarcação RV Ocean Stalwart utilizada para a coleta de dados e das amostras nas pernadas 2 a 8 da 1ª campanha do PMAR-BC.

Tabela III.3.1.1-1 – Descritivo da embarcação utilizada, período de realização e atividade de cada pernada da 1ª campanha do PMAR-BC.

Campanha 01	Embarcação	Período	Atividade
1ª pernada	Starnav Andromeda	26/12/2018 a 09/01/2019	Coleta de sedimento
2ª pernada	RV Ocean Stalwart	19/01/2019 a 29/01/2019	Coleta de sedimento
3ª pernada	RV Ocean Stalwart	29/01/2019 a 11/02/2019	Coleta de sedimento
4ª pernada	RV Ocean Stalwart	11/02/2019 a 24/02/2019	Coleta de sedimento
5ª pernada	RV Ocean Stalwart	09/03/2019 a 23/03/2019	Coleta de sedimento
6ª pernada	RV Ocean Stalwart	23/03/2019 a 05/04/2019	Coleta de sedimento Coleta de água/ CTD Arrasto de zooplâncton Arrasto de ictioplâncton Produtividade Primária
7ª pernada	RV Ocean Stalwart	06/04/2019 a 20/04/2019	Coleta de sedimento Coleta de água/ CTD Arrasto de zooplâncton Arrasto de ictioplâncton

Campanha 01	Embarcação	Período	Atividade
8ª pernada*	RV Ocean Stalwart	20/04/2019 a 04/05/2019	Coleta de sedimento Arrasto de zooplâncton Arrasto de ictioplâncton Arrasto epinêuston Arrasto hiponêuston

*Os limites operacionais para os arrastos do nêuston são mais restritos, sendo executados nas condições de mar até 3 na escala Beaufort ou em mar superior a 3, desde que observadas as condições de validação da amostragem. Considerando que, ao final das três pernadas dedicadas a coleta do compartimento pelágico, ainda não tinham sido coletadas todas as amostras de nêuston devido às condições de mar, foram realizadas coletas complementares durante a campanha do projeto PM-500, de 04/05/2019 a 18/05/2019, onde foi possível coletar mais 24 amostras.

III.3.1.2 – Compartimento Água

Para o monitoramento do compartimento água foram realizadas medições *in situ* na coluna d'água, coletas de amostras de água para análises físico-químicas e químicas, arrastos para obtenção de amostras da comunidade planctônica e neustônica e experimentos *in situ* simulados da produtividade primária. As amostragens ocorreram nas pernadas 6 (23/03 a 06/04/2019), 7 (06/04 a 20/04/2019) e 8 (20/04 a 04/05/2019).

III.3.1.2.1 – Desenho amostral

Os seis polígonos de amostragem do compartimento água (20 km x 5 km) foram distribuídos nas áreas norte, centro e sul da Bacia de Campos, nas isóbatas de 100 e 900 m (Figura III.3.1.2.1-1). Em cada polígono foram definidas seis estações de coleta, totalizando 36 estações, sendo as amostras de água obtidas em três profundidades (superfície, meia água e fundo) da coluna d'água nas estações da plataforma (100 m) e em uma única profundidade (superfície) nas estações do talude (900 m). A profundidade de meia água refere-se à metade da profundidade local da estação, e a profundidade de fundo refere-se ao ponto da coluna d'água situado aproximadamente a 10 m acima da profundidade da estação.

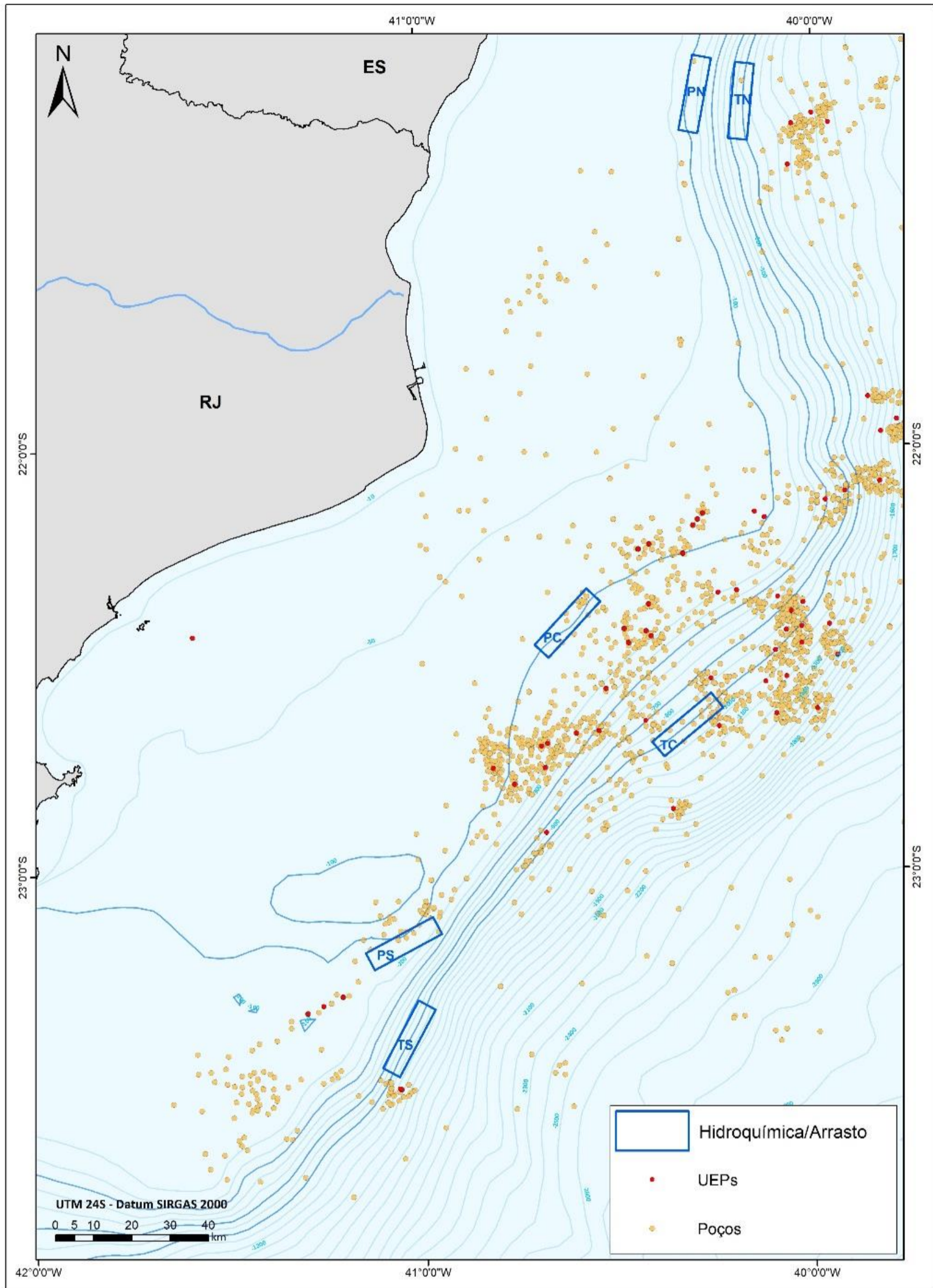


Figura III.3.1.2.1-1 - Áreas amostrais do compartimento água sobre as isóbatas 100 m e 900 m na Bacia de Campos.

Nas Figuras III.3.1.2.1-2 a III.3.1.2.1-4 estão plotadas as estações de coleta amostradas, respectivamente, nas áreas, norte centro e sul.

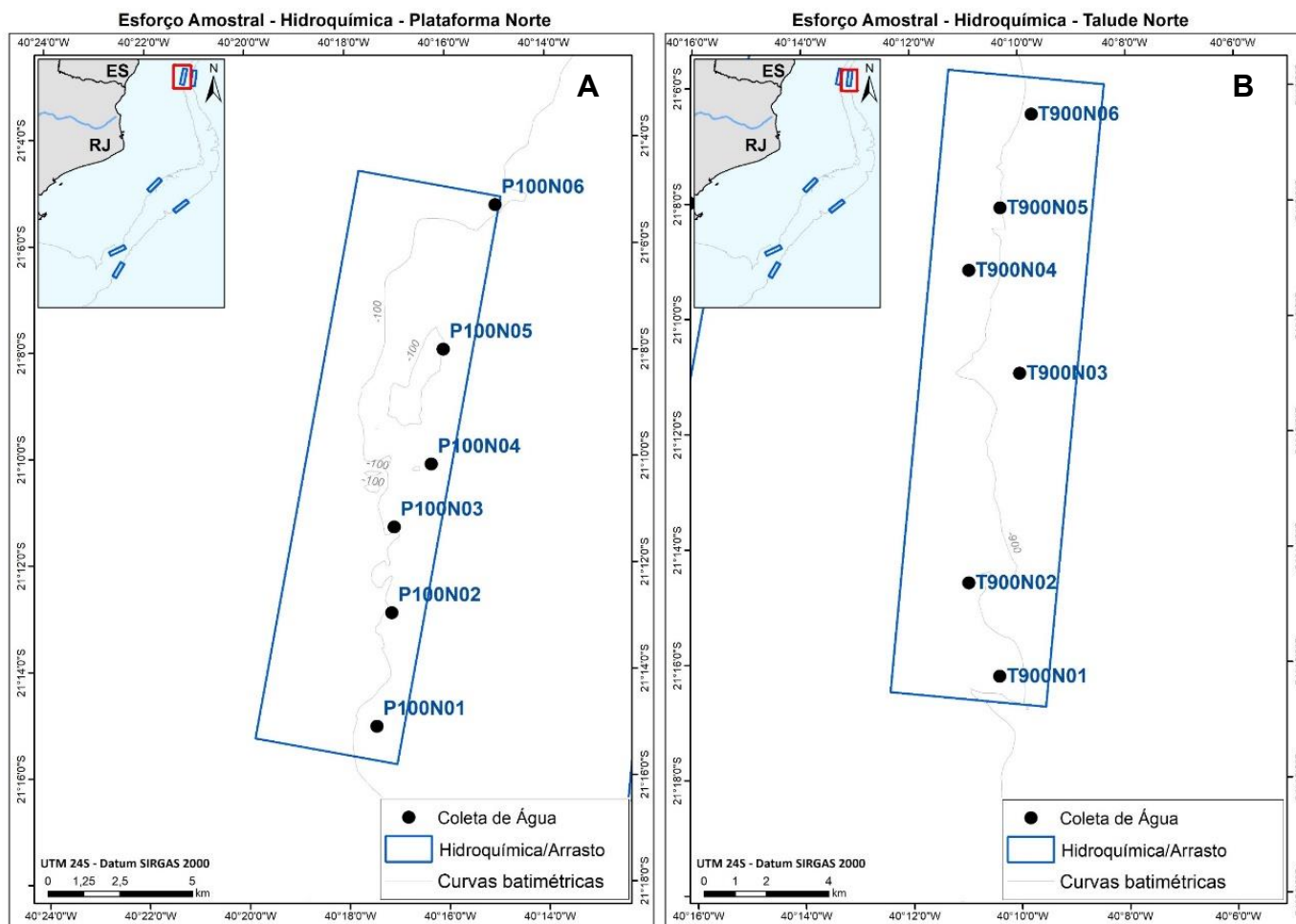


Figura III.3.1.2.1-2 - Estações de amostragem do compartimento água na área norte da Bacia de Campos. (A) Plataforma continental – isóbata de 100 m. (B) Talude – isóbata de 900 m.

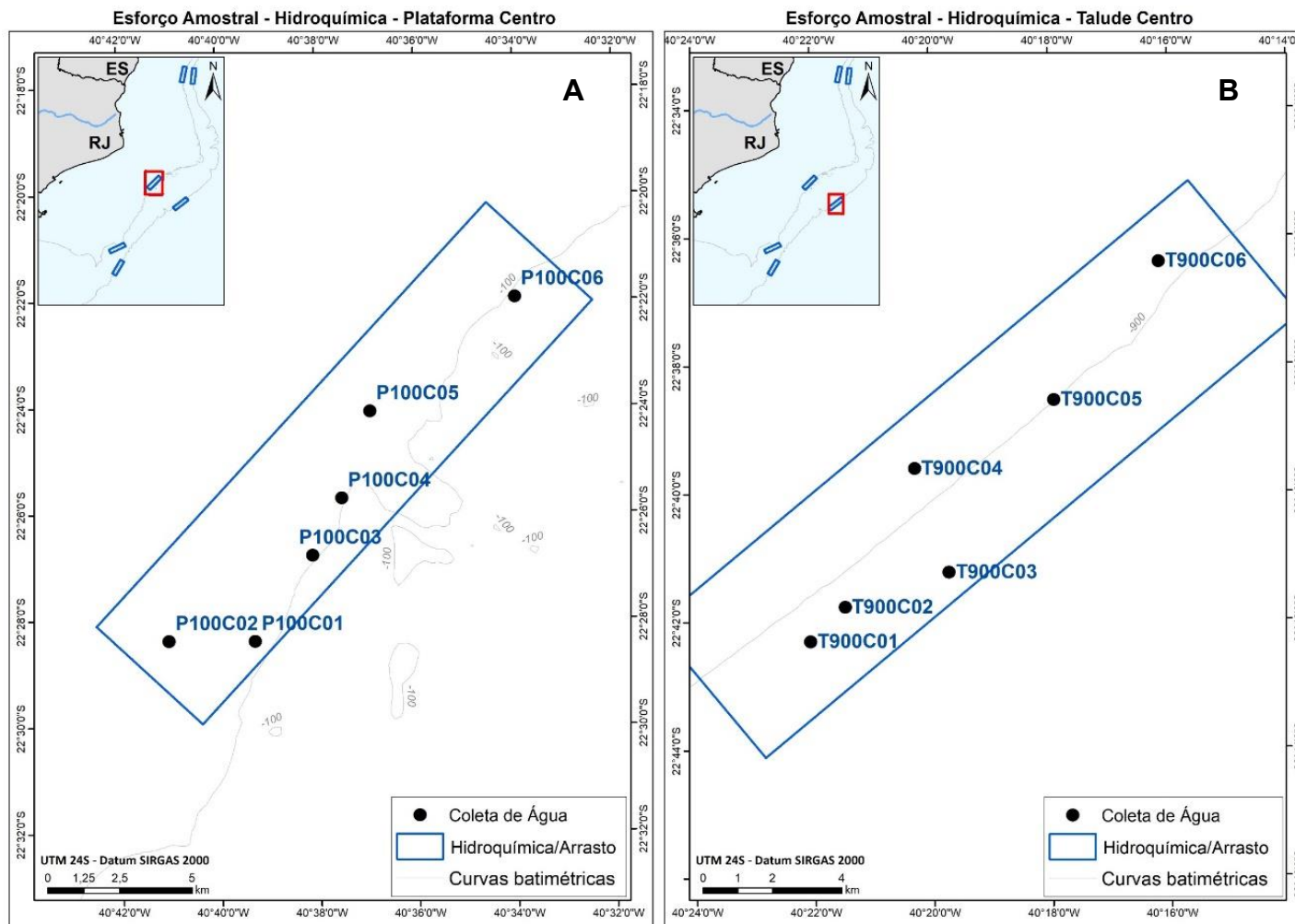
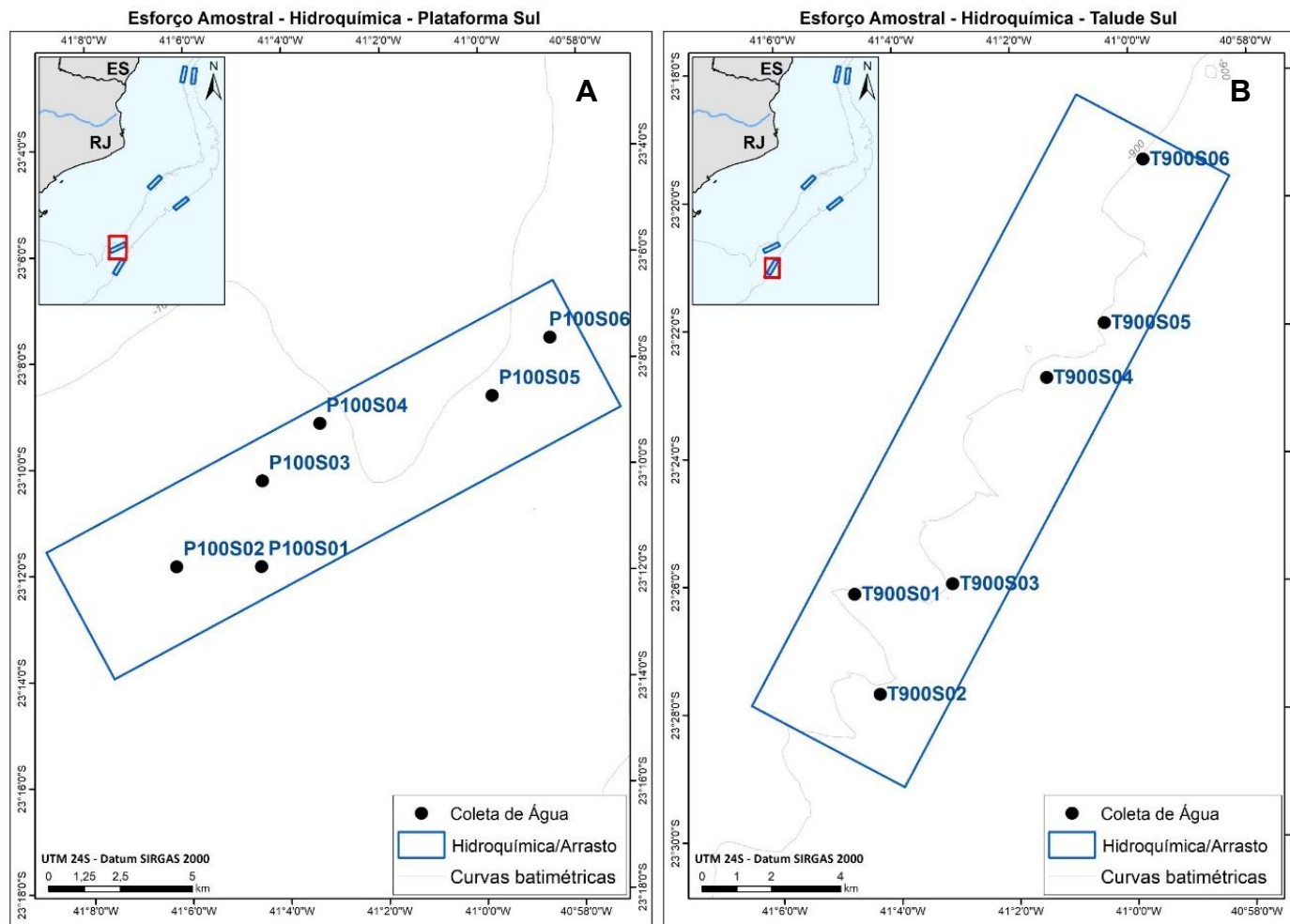


Figura III.3.1.2.1-3 - Estações de amostragem do compartimento água na área centro da Bacia de Campos. (A) Plataforma continental – isóbata de 100 m. (B) Talude – isóbata de 900 m.



III.3.1.2.2 – Metodologia de coleta

Coleta de amostras de água para análises físico-químicas e químicas e medições *in situ* da coluna d'água

As amostras de água foram coletadas nas profundidades pré-determinadas (superfície, meio e fundo da coluna d'água nas estações da plataforma e em superfície nas do talude) (Tabela III.3.1.2.2-1), utilizando-se um sistema tipo Rosette equipado com CTD e garrafas Go-Flo (Figura III.3.1.2.2-1). Uma perfilagem com a sonda CTD (modelo SBE 911 plus, fabricado pela Sea-Bird Electronics Inc) foi realizada em cada uma das estações, da superfície até próximo ao fundo, para a aquisição de dados de fluorescência, pH, oxigênio dissolvido (OD), temperatura e condutividade. Os dados de pH foram também adquiridos nas profundidades amostrais através de medidor de pH de bancada (Hanna Instruments® modelo HIU 98191) e os dados de OD foram também analisados pelo método Winkler na bancada da embarcação. A avaliação da transparência da água foi feita em cada estação utilizando-se um disco de Secchi. As amostragens de água e medições *in situ* foram realizados no período diurno, das 06:00 às 18:00 h. Cabe ressaltar que, após reunião técnica de acompanhamento do PMAR-BC com o IBAMA, realizada em 06/09/2017, na Superintendência do IBAMA no Rio de Janeiro/RJ, a produtividade primária, prevista para ser avaliada em cada uma das seis estações de coleta de cada polígono de amostragem, passou a ser avaliada em apenas uma estação por polígono, uma vez que o Projeto de Caracterização Regional da Bacia de Campos (PCR-BC) indicou pequena variação de valores da produtividade entre as isóbatas. Porém, ficou acordado que seria mantida a mesma metodologia utilizada no PCR-BC, sendo que cada amostra de água obtida (duas por estação amostrada) seria submetida a um experimento com nove níveis de luz.

As coordenadas e profundidades das estações de amostragem do compartimento água podem ser observadas no Anexo III.3.4-1.

Tabela III.3.1.2.2-1 – Profundidades de coleta (S – superfície; M – meia água; F – fundo) das amostras de água para análises físico-químicas, químicas e medições in situ da coluna d'água, por estação.

ÁREA	ESTACAO	PROF LOCAL (m)	ESTRATO	PROF ESTRATO (m)
NORTE	P100N01	81	S	2
			M	40
			F	72
	P100N02	80	S	2
			M	40
			F	72
	P100N03	81	S	2
			M	40
			F	72
	P100N04	102	S	2
			M	50
			F	91
	P100N05	87	S	3
			M	43
			F	77
	P100N06	87	S	2
			M	43
			F	77
CENTRO	P100C01	101	S	3
			M	50
			F	91
	P100C02	99	S	3
			M	50
			F	88
	P100C03	101	S	3
			M	50
			F	91
	P100C04	102	S	3
			M	51
			F	92
	P100C05	100	S	3
			M	50
			F	90
	P100C06	108	S	3
			M	54
			F	98
SUL	P100S01	109	S	3
			M	55
			F	100
	P100S02	115	S	3
			M	58
			F	107
	P100S03	109	S	3
			M	55
			F	100
	P100S04	105	S	3
			M	53
			F	95
	P100S05	104	S	3
			M	52
			F	95
	P100S06	106	S	3
			M	53
			F	97

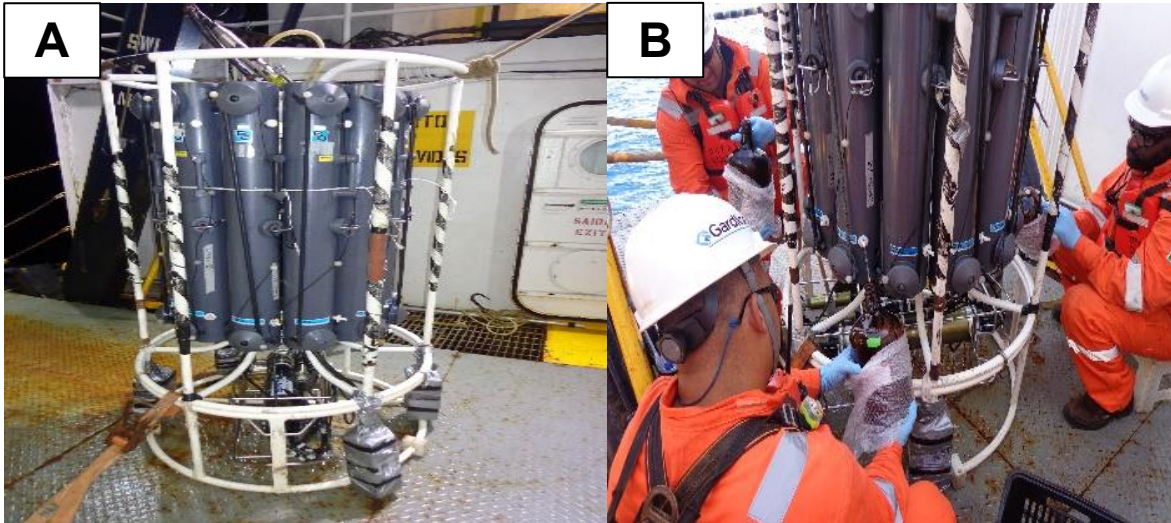


Figura III.3.1.2.2-1 – (A) Sistema Rosette/CTD equipado com garrafas Go-Flo. (B) Coleta de água.

A partir das garrafas Go-Flo foram retiradas subamostras em frascos específicos para cada parâmetro (Figura III.3.1.2.2-2) e, em seguida, foram levadas ao laboratório de bordo para pré-tratamento e/ou armazenamento (Figura III.3.1.2.2-3), seguindo as metodologias descritas abaixo:

- 1) Oxigênio Dissolvido (OD) em frascos DBO, que foram rinsados três vezes e tiveram seu volume (60 mL) preenchido com cuidado para não formar bolhas no interior do frasco. As análises foram realizadas *in situ* logo após a amostragem, utilizando a bureta digital eletrônica, que consiste em uma adaptação do método Winkler para titulação de oxigênio dissolvido (Figura III.3.1.2.2-3A).
- 2) Para o pH foram coletados 50 mL de água e realizadas as medições através de um pHmetro, cujo eletrodo foi inserido e mantido nas alíquotas até que houvesse a estabilização e definição dos valores (Figura III.3.1.2.2-3B). Houve calibração do medidor de pH de bancada em todos os dias de coleta de água (padrões de $4,01 \pm 0,03$; $7,01 \pm 0,01$; e $10,01 \pm 0,07$).
- 3) Para análise dos fitopigmentos (clorofila-a e feofitina-a) foram coletados 4 L de água em frascos de plástico escuros. Logo em seguida, foi realizada a filtração a vácuo de 2 L de água utilizando filtros de fibra de vidro e 2 L de

água utilizando filtros de celulose. Estes foram armazenados individualmente em tubos criogênicos e mantidos sob congelamento em 40°C.

- 4) Para quantificação do material particulado em suspensão (MPS) e carbono orgânico particulado (COP) foram coletados 4 L de água em um frasco de vidro âmbar (previamente descontaminado) e realizada a filtração com filtros de fibra de vidro, previamente pesados pelo laboratório responsável pelas análises (Figura III.3.1.2.2-3C). Os filtros foram armazenados em suas embalagens originais do laboratório de análise e mantidos sob congelamento.
- 5) Para determinação do carbono orgânico dissolvido (COD), utilizou-se a mesma amostra do COP/MPS, onde o primeiro litro filtrado foi desprezado e uma alíquota de 60 mL do segundo litro do filtrado foi armazenada em um frasco âmbar contendo ácido fosfórico (H_3PO_4) e mantidas a temperatura de 4°C.
- 6) Para o parâmetro carbono orgânico total (COT), um frasco âmbar de vidro de 40 mL foi preenchido com água obtida diretamente da garrafa Go-Flo. Essas alíquotas de água foram acondicionadas contendo ácido fosfórico (H_3PO_4), armazenadas e mantidas a temperatura de 4°C.
- 7) Foram coletados 4 L para as análises de Hidrocarbonetos (HC), preenchendo o frasco âmbar até a marcação feita pelo laboratório responsável pelas análises. As amostras foram mantidas a temperatura de 4°C.
- 8) As amostras de Nutrientes (Nitrogênio amoniacal, Nitrito, Nitrato e Fósforo) foram coletadas em frascos de plástico de 1 L (incluindo 1 frasco de 1L de *backup*), rinsando três vezes o frasco com um pouco da água coletada. Após este procedimento, cada frasco foi preenchido com a água para análise, sendo armazenado e mantido sob congelamento.
- 9) Foram coletados 2 L por profundidade (Superfície e Pico de Fluorescência) para os experimentos *in situ* simulados da Produtividade Primária, os quais foram filtrados em rede de 64 µm de abertura de malha para remoção do zooplâncton. As amostras foram armazenadas em recipientes térmicos e então transferidos em alíquotas de 60 mL para frascos de polietileno, para

posterior inoculação com 1 mL de bicarbonato de sódio ($\text{NaH}^{14}\text{CO}_3$) e filtração em membrana de celulose. A metodologia completa dos experimentos *in situ* simulados da Produtividade Primária está descrita no capítulo IV.5 – PRODUTIVIDADE PRIMÁRIA.



Figura III.3.1.2.2-2 – (A) Frascaria utilizadas no acondicionamento dos diferentes parâmetros coletados na água do mar; (B) filtros para COP/MPS; (C) filtros para fitopigmentos em tubos criogênicos (D) filtros para Carbono 14; (E) frascos para nutrientes; (F) frascos para COD; (G) frascos para COT e (H) frascos para hidrocarbonetos.

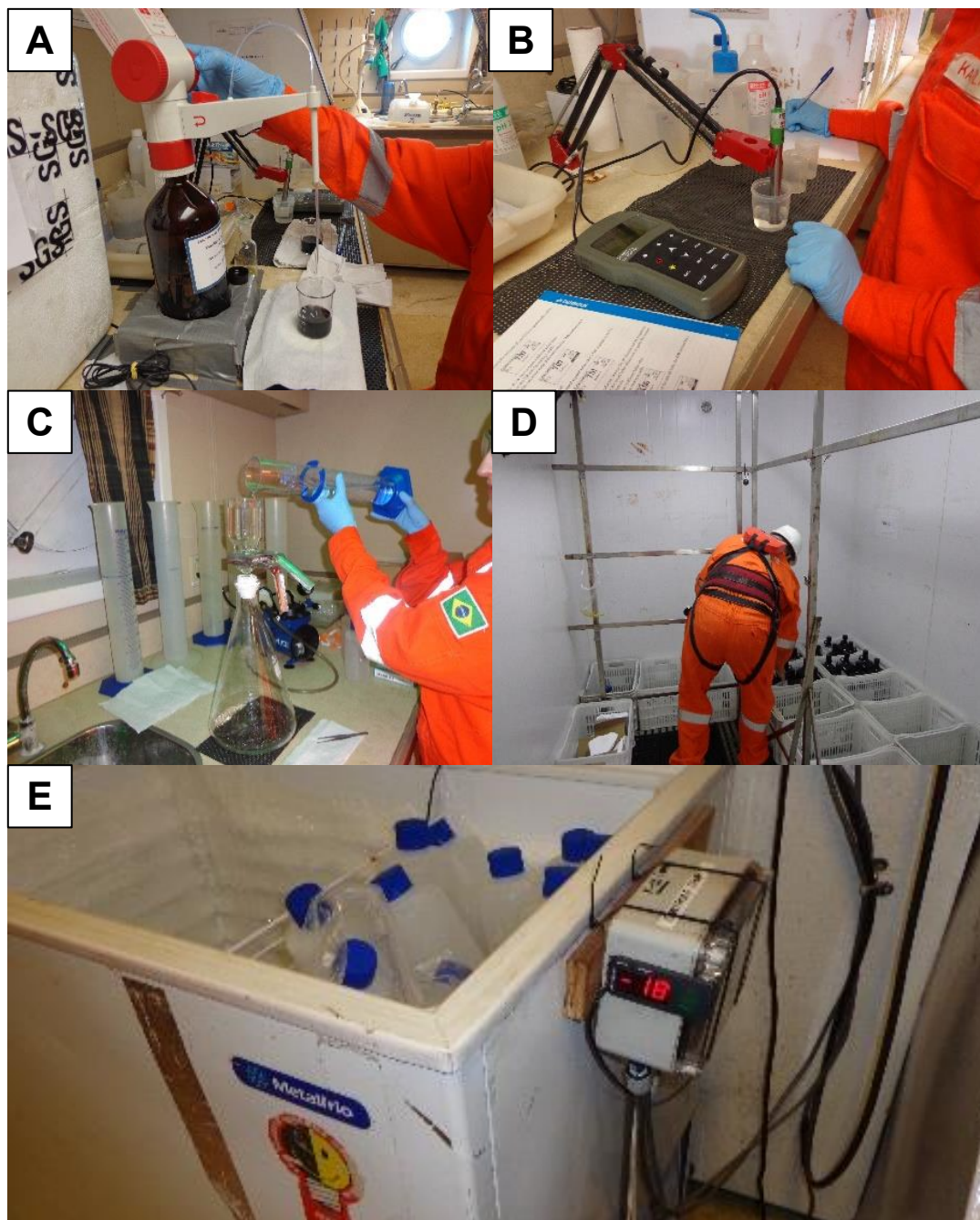


Figura III.3.1.2.2-3 – (A) Bureta digital para titulação de oxigênio dissolvido; (B) Medidor para análise de pH; (C) Sistema de filtração com bomba à vácuo (D) Câmara fria para refrigeração das amostras (4°C); (E) Freezer para congelamento das amostras (-20°C).

Como parte do controle de qualidade, foram realizados diferentes brancos durante o período de amostragem, na embarcação. Estes brancos foram tratados como amostras (acondicionamento, preservação, conservação) dos respectivos parâmetros e estão apresentados a seguir:

- Brancos de Campo (BrC): 1 BrC a cada sete dias de coleta (2º e 8º dias de coleta) para os parâmetros COT, COD, Nutrientes e Hidrocarbonetos. Os frascos de cada um dos parâmetros foram abertos e expostos na área de coleta, por todo o período de subamostragem (desmame) de todos os parâmetros. Estes frascos foram enviados para embarcação já preenchidos com água ultrapura dos respectivos laboratórios responsáveis pelas análises.
- Branco de Frascaria (BrF): um BrF por pernada. Os frascos de cada um dos parâmetros COT, COD, Nutrientes e Hidrocarbonetos foram aleatoriamente separados no 2º dia de coleta.
- Branco de Garrafa Oceanográfica (BrG): um BrG por pernada para os parâmetros COT, COD, Nutrientes e Hidrocarbonetos. Um branco da garrafa oceanográfica utilizada na coleta foi feito por meio do preenchimento da garrafa com água ultrapura tipo II de bordo.
- Branco de Água de Bordo (BrA): um BrA por pernada para os parâmetros COT, COD, Nutrientes e Hidrocarbonetos. Os frascos dos parâmetros foram diretamente preenchidos com água ultrapura tipo II utilizada a bordo.

A Tabela III.3.1.2.2-2 apresenta um resumo das metodologias utilizadas nas medições realizadas a bordo e no acondicionamento/conservação dos parâmetros obtidos a partir das amostras de água.

Tabela III.3.1.2.2-2 – Procedimentos adotados para as medições e acondicionamento/conservação das amostras de água.

Parâmetro	Tipo Frasco/ Observações	Volume Amostra	Preservação	N. Amostras/ Medições
T, S, pH, OD e fluorescência	Perfilagem de CTD com sensores acoplados	Medição <i>in situ</i>	-	36 estações
OD	Titulação a bordo por método de Winkler	100-300mL	T°C ambiente	72 amostras
pH	Medidor de pH de bancada	Medição <i>in situ</i>	T°C ambiente	72 amostras
Transparência	Disco de Secchi	Medição <i>in situ</i>	-	36 estações
COP / MPS	Membranas de fibra de vidro - GF/F (0,7 µm, 47 mm diâmetro), sem resina ligante, armazenados individualmente em invólucros de alumínio ou placas de Petri de vidro.	Filtração <i>in situ</i> (5L)	Congelar a ≤-20 °C	72 amostras
COD	Frasco de vidro âmbar de 40 mL com tampa com selo de teflon	Filtrado do COP (40 mL)	Acidificado até pH<2. Refrigerar a 0-6 °C	72 amostras
COT	Frasco de vidro âmbar de 40 mL com tampa com selo de teflon	40 mL	Acidificado até pH<2. Refrigerar a 0-6 °C	72 amostras
Nutrientes (Amônia, Nitrito, Nitrato, Fosfato e Fósforo Total)	Frascos de polietileno de alta densidade ou polipropileno de 1000 mL	2 x 1000 mL (1 <i>backup</i>)	Congelar a ≤-20 °C	72 amostras
Hidrocarbonetos	Frasco de vidro âmbar com tampa com selo de teflon	4L	Refrigerar a 0-6 °C	72 amostras
Fitopigmentos (Clorofila-a)	Membrana de celulose (0,45 µm, 47 mm diâmetro), na embalagem original. Após a filtração (2L) serão armazenadas individualmente em tubo criogênico	Filtração <i>in situ</i> (2L)	Congelamento rápido ≤-30°C	78 amostras
Fitopigmentos (Feofitina)	Membrana GF/F (0,7 µm, 47 mm diâmetro), na embalagem original. Após a filtração (2L) serão armazenadas individualmente em tubo criogênico	Filtração <i>in situ</i> (2L)	Congelamento rápido ≤-30°C	78 amostras
Produtividade Primária (PP)	Membrana de policarbonato p/ amostras em triplicata e sistema de incubação com 9 níveis de intensidade	Incubação e Filtração <i>in situ</i>	Dessecador a temperatura ambiente	324 amostras (filtros)

Arrastos oblíquos com rede Bongô para a coleta do zooplâncton e ictioplâncton

Foram realizados arrastos oblíquos utilizando redes cilíndrico-cônicas em armação Bongô (Figura III.3.1.2.2-4), com malha de 200 µm para zooplâncton e de 500 µm para ictioplâncton. Em cada rede foi acoplado um copo coletor de PVC, com janelas de drenagem, onde a amostra foi concentrada. A armação consistia em dois aros com diâmetro de 60 cm, unidos por uma junção central, na qual era conectado o cabo do arrasto. No centro do aro de cada rede foi colocado um fluxômetro devidamente aferido para estimar o volume de água filtrada durante o arrasto. Para lastrear e dar estabilidade a rede bongô foi utilizado um depressor hidrodinâmico de metal. Foi ainda utilizado um inclinômetro para medir o ângulo de inclinação do cabo em relação à superfície da água.

Cabe ressaltar que, após acordo em reunião com o IBAMA, realizada em 06/09/2017, na Superintendência do IBAMA no Rio de Janeiro/RJ, os arrastos para a coleta de zooplâncton e ictioplâncton deixaram de ser horizontais como constava no projeto aprovado e passaram a ser oblíquos, possibilitando assim a realização dos arrastos de maneira concomitante e otimizando o esforço de campo. Além disso, os arrastos passaram a prever a execução até a profundidade máxima de 90 m para padronizar a massa d'água amostrada apenas na Água Tropical (AT).

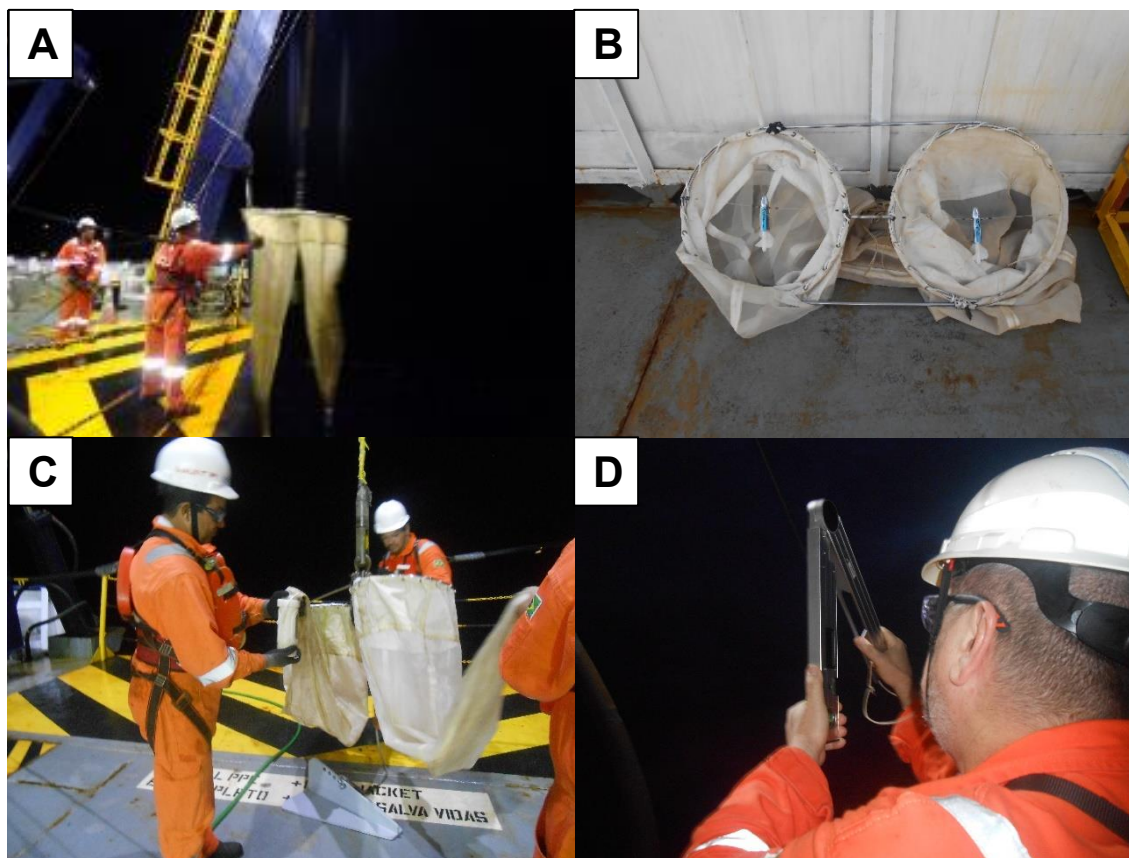


Figura III.3.1.2.2-4 - (A) Armação Bongô utilizada para coleta de zooplâncton; (B) Fluxômetros no centro do aro; (C) Copo coletor no final da rede e utilização de depressor na rede Bongô; (D) Verificação da inclinação do cabo.

Em cada estação foram realizados três arrastos. Para a obtenção de réplicas temporais das amostras de ictioplâncton, cada replicação foi feita após a coleta da primeira réplica em todas as seis estações do polígono, em dias subsequentes.

Os arrastos oblíquos foram realizados no período noturno, entre às 18:00 e 06:00 h, da profundidade de 90 m até a superfície, tanto na plataforma continental quanto no talude. Após a recuperação da rede, sua malha foi lavada para que os organismos retidos fossem concentrados nos copos de PVC. Os organismos retidos nos copos (zooplâncton e ictioplâncton) foram armazenados em frasco de polietileno de boca larga e preservados com formaldeído a 4% tamponado com tetraborato de sódio (Figura III.3.1.2.2-5).

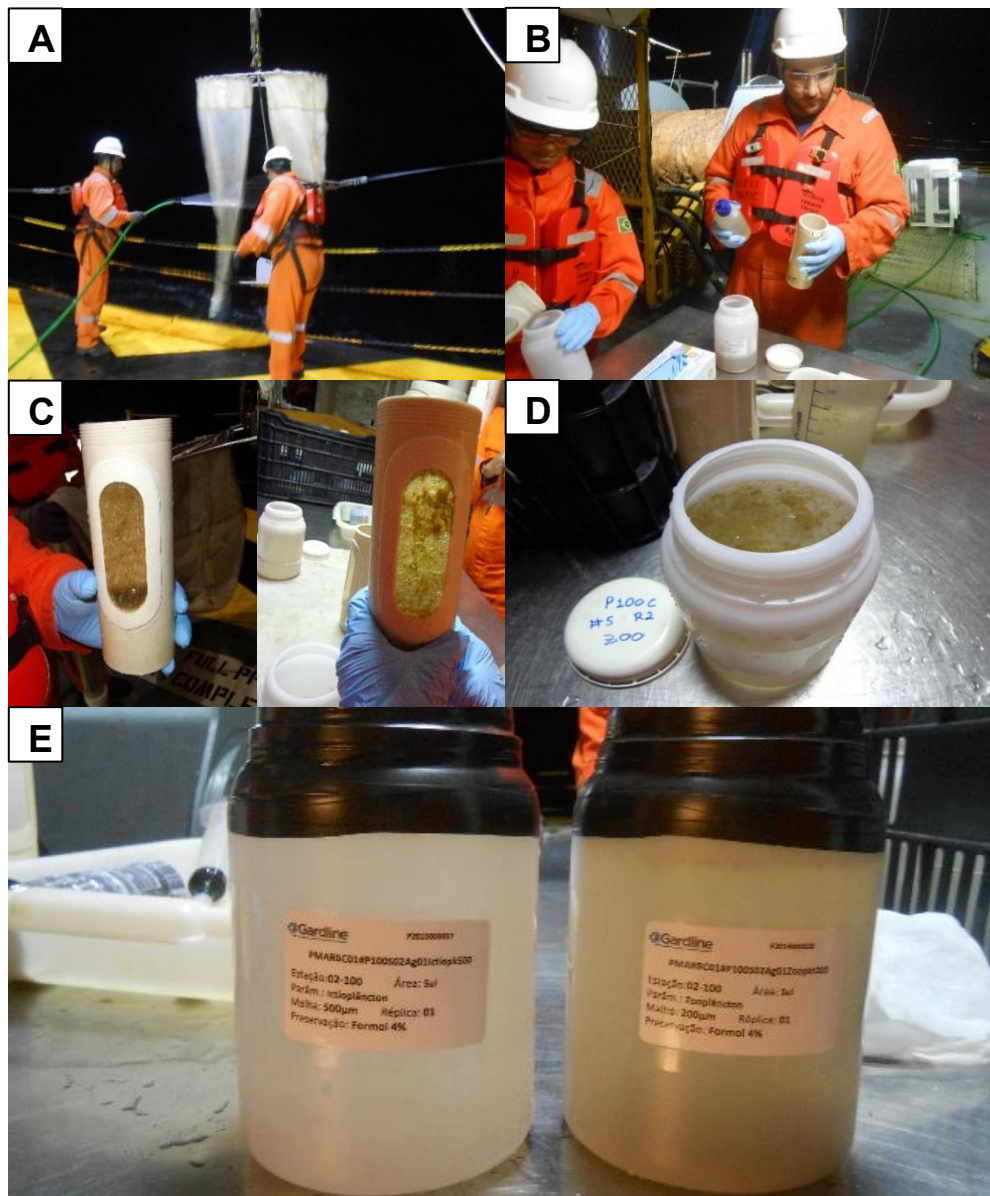


Figura III.3.1.2.2-5. (A) Lavagem das redes para que os organismos retidos sejam concentrados nos copos; (B) Lavagem dos copos para retirada dos organismos retidos; (C) Copos coletores com plâncton; (D) Transferência das amostras para frascos de polietileno com formaldeído a 4%; (E) Frascos plásticos vedados para armazenamento e transporte.

Os critérios utilizados para a validação dos arrastos oblíquos seguiram aqueles definidos no Protocolo de Coleta para Monitoramento Costeiro e Oceânico da Petrobras (Padrão PE-1PBR00416):

- Redes e copos intactos;
- Certificado de calibração válido do fluxômetro e verificação de seu perfeito funcionamento;
- Caso a rede seja recuperada enroscada no cabo ou na armação, a amostra é invalidada;
- Ângulo de inclinação do cabo não deverá ultrapassar a variação estabelecida entre $37^\circ \leq x \leq 52^\circ$, por mais de 30 segundos; e
- Manutenção da velocidade da embarcação constante entre 1,5 e 2,0 nós.

As coordenadas (inicial e final) dos arrastos de zooplâncton e ictioplâncton realizados em cada estação do compartimento água, assim como a profundidade de cada estação podem ser observadas no Anexo III.3.4-1.

Arrastos horizontais com catamarã para a coleta do nêuston

Para a coleta do nêuston foi utilizado um catamarã David/Hempel equipado com duas redes retangulares com dimensões de 0,30 cm x 0,15 cm x 3,5 m (Largura x Altura x Profundidade), com malha de 500 μm (Figura III.3.1.2.2-6A). No final de cada rede foram acoplados copos de PVC para concentrar as amostras (Figura III.3.1.2.2-6C). A rede superior coleta amostras da interface ar/água (epinêuston) e a rede inferior coleta amostras de sub-superfície nos primeiros 10 cm da coluna d'água (hiponêuston). O fluxômetro aferido foi acoplado apenas na rede inferior.

Em cada estação de coleta foram realizados três arrastos horizontais, com duração de 20 minutos e em período diurno, das 06:00 às 18:00 h. Para a obtenção de réplicas temporais das amostras de nêuston, cada replicação foi feita após a coleta da primeira réplica em todas as seis estações do polígono, em dias subsequentes. Os limites operacionais para os arrastos do nêuston são mais restritos, sendo executados nas condições de mar até 3 na escala Beaufort ou em mar superior a 3, desde que observadas as condições de validação da amostragem e em distância que o equipamento não esteja sob a influência da esteira do barco. As amostras de epinêuston e hiponêuston foram armazenadas em frasco de

polietileno de boca larga e preservadas com formaldeído 4% tamponado com tetraborato de sódio (Figura III.3.1.2.2-6D).

Os critérios utilizados para a validação dos arrastos de nêuston seguiram aqueles definidos no Protocolo de Coleta para Monitoramento Costeiro e Oceânico da Petrobras (Padrão PE-1PBR00416):

- Redes e copos intactos;
- Certificado de calibração válido do fluxômetro e verificação de seu perfeito funcionamento;
- Manutenção da velocidade da embarcação constante;
- A rede superior não pode ficar submersa em momento algum.

As coordenadas (inicial e final) dos arrastos de nêuston realizados em cada estação do compartimento água, assim como a profundidade de cada estação podem ser observadas no Anexo III.3.4-1.

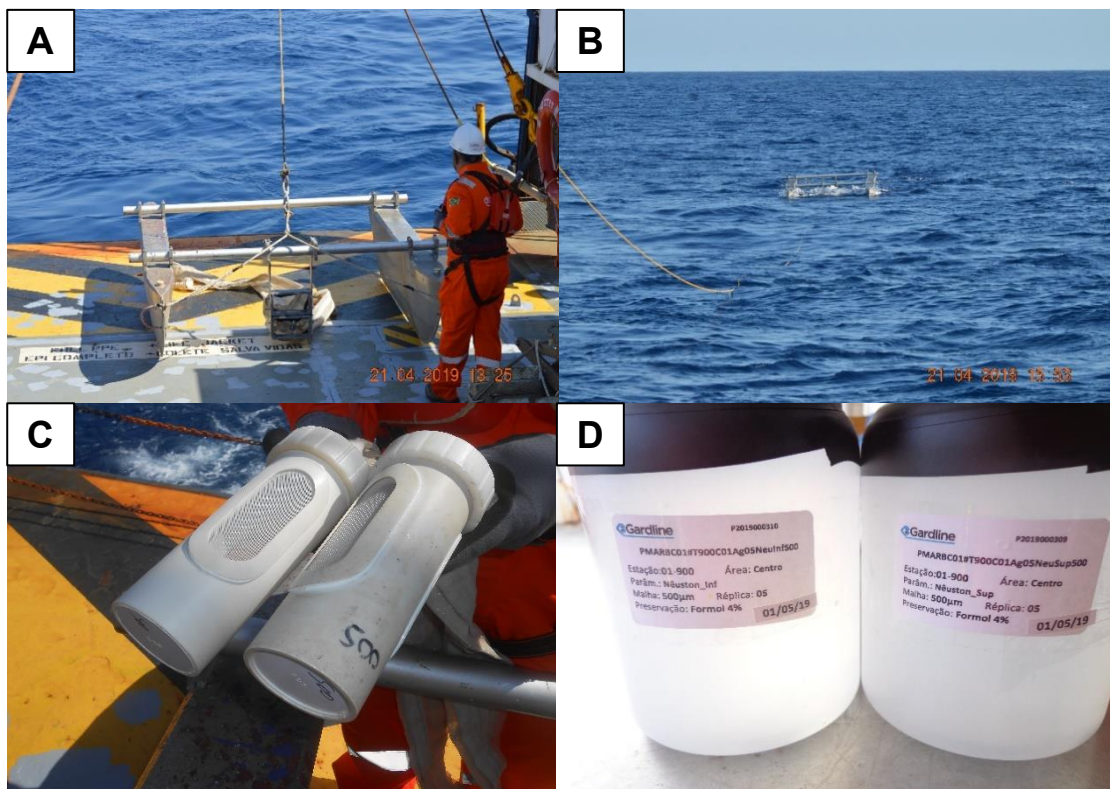


Figura III.3.1.2.2-6. (A) Preparação e lançamento do Catamarã; (B) Arrasto fora da influência da esteira do barco; (C) copos coletores com malha de 500 μm ; (D) amostras em frascos de polietileno com formaldeído a 4%, vedados para armazenamento e transporte.

III.3.1.3 – Compartimento Sedimento

Para o monitoramento do compartimento bentônico foram realizadas coletas de amostras de sedimento para análises sedimentológicas, químicas e biológicas. As amostragens ocorreram em todas as oito pernadas da primeira campanha do PMAR-BC (26/12/2018 a 04/05/2019).

III.3.1.3.1 – Desenho amostral

Para o compartimento sedimento da plataforma continental da Bacia de Campos, considerando o mosaico sedimentar existente na região, foram realizadas amostragens em ambientes arenosos, carbonáticos e lamosos. Para isso, foram estabelecidos três polígonos amostrais de 100 km² (20 km x 5 km) distribuídos latitudinalmente na Bacia de Campos, na isóbata de 100 m, cada uma com o estabelecimento inicial de 15 estações amostrais distribuídas aleatoriamente. Cabe ressaltar que, devido a um erro na distribuição espacial das estações da plataforma carbonática sul, foi necessária coleta de amostras extras. Assim, neste polígono foram amostradas 27 estações, das quais 15 foram avaliadas como mais adequadas para representação espacial do polígono e, portanto, analisadas. Ainda sobre a plataforma, devido à ausência de fácies lamosas ao longo da Bacia de Campos na batimetria de 100 m, apenas uma região lamosa ao sul da bacia foi avaliada em um polígono de 800 km² (40 km x 20 km), por meio de 20 estações distribuídas aleatoriamente para o acompanhamento desta área deposicional (Figura III.3.1.3.1-1). No total, foram estabelecidas 110 estações na plataforma continental da Bacia de Campos (Tabela III.3.1.3.1-1).

No talude da Bacia de Campos, nas isóbatas de 400 m e 700 m, foram estabelecidos três polígonos amostrais de 200 km² (40 km x 5 km) em cada isóbata, considerando as áreas norte, centro e sul. Para cada um destes seis polígonos foram coletadas amostras em 25 estações amostrais distribuídas aleatoriamente. Na região do talude foram ainda estabelecidos polígonos amostrais de 25 km² (5 km x 5 km) em dois cânions, um ao norte (Cânion Almirante Câmara) e outro ao sul (conjunto de Cânions Sul-Sudeste), com 12 estações amostrais inicialmente estabelecidas em cada uma das isóbatas de 400 m e 700 m. No entanto, o conjunto de Cânions Sul-Sudeste foi somente coletado na isóbata de 700 m, devido a suas características fisiográficas (Figura III.3.1.3.1-1). No total foram estabelecidas 198 estações no talude da Bacia de Campos (Tabela III.3.1.3.1-2).

Áreas de Coleta - PMAR-BC - Sedimento

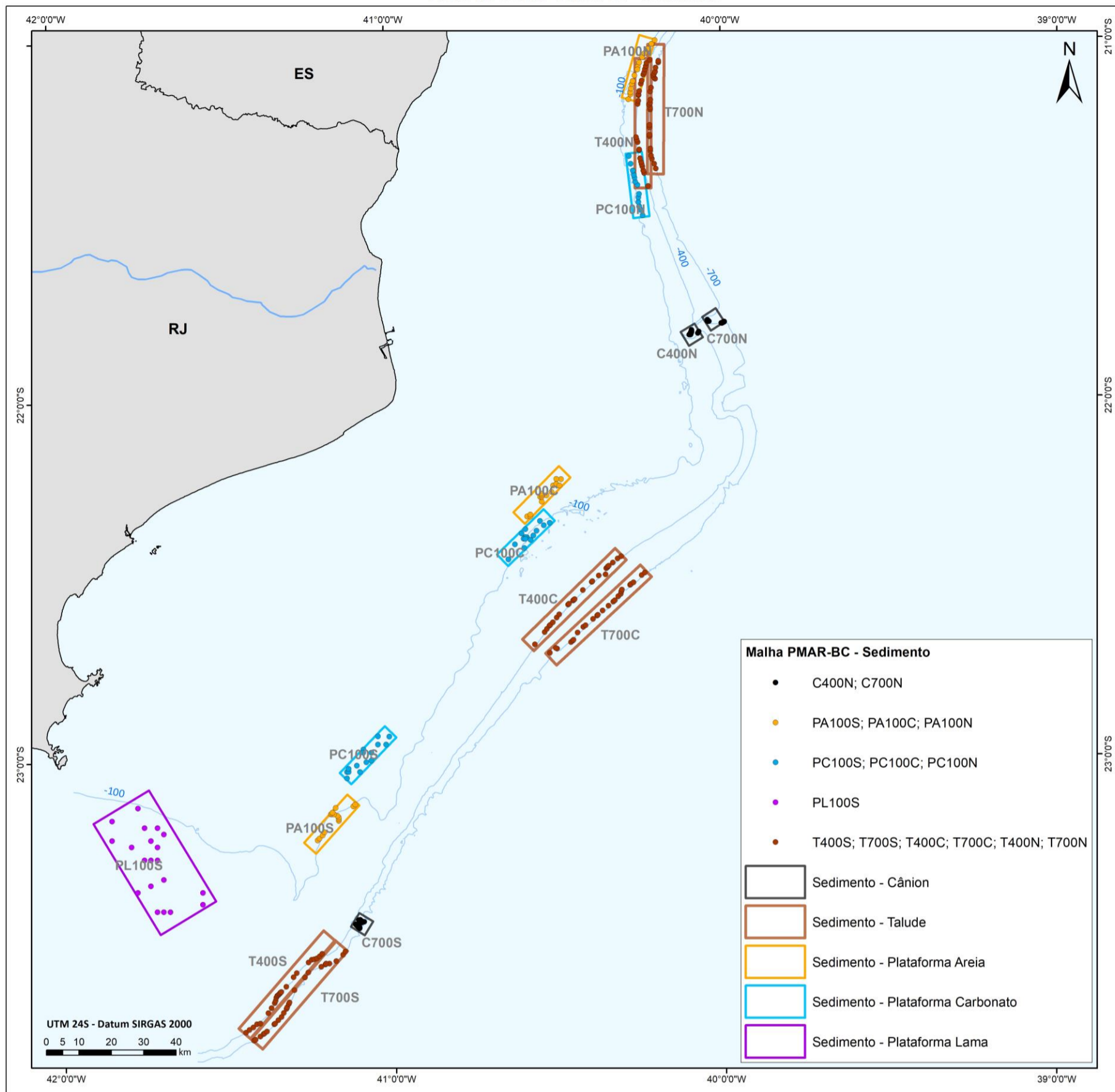


Figura III.3.1.3.1-1 – Estações executadas nas áreas amostrais para o monitoramento dos parâmetros físico-químicos e biológicos do sedimento sobre as isóbatas 100 m, 400 m e 700 m na Bacia de Campos.

Nas Figuras III.3.1.3.1-2 a III.3.1.3.1-5 estão plotadas as estações de coleta da Plataforma Continental e Talude realizadas, respectivamente, nas áreas norte, centro, sul e Cânions.

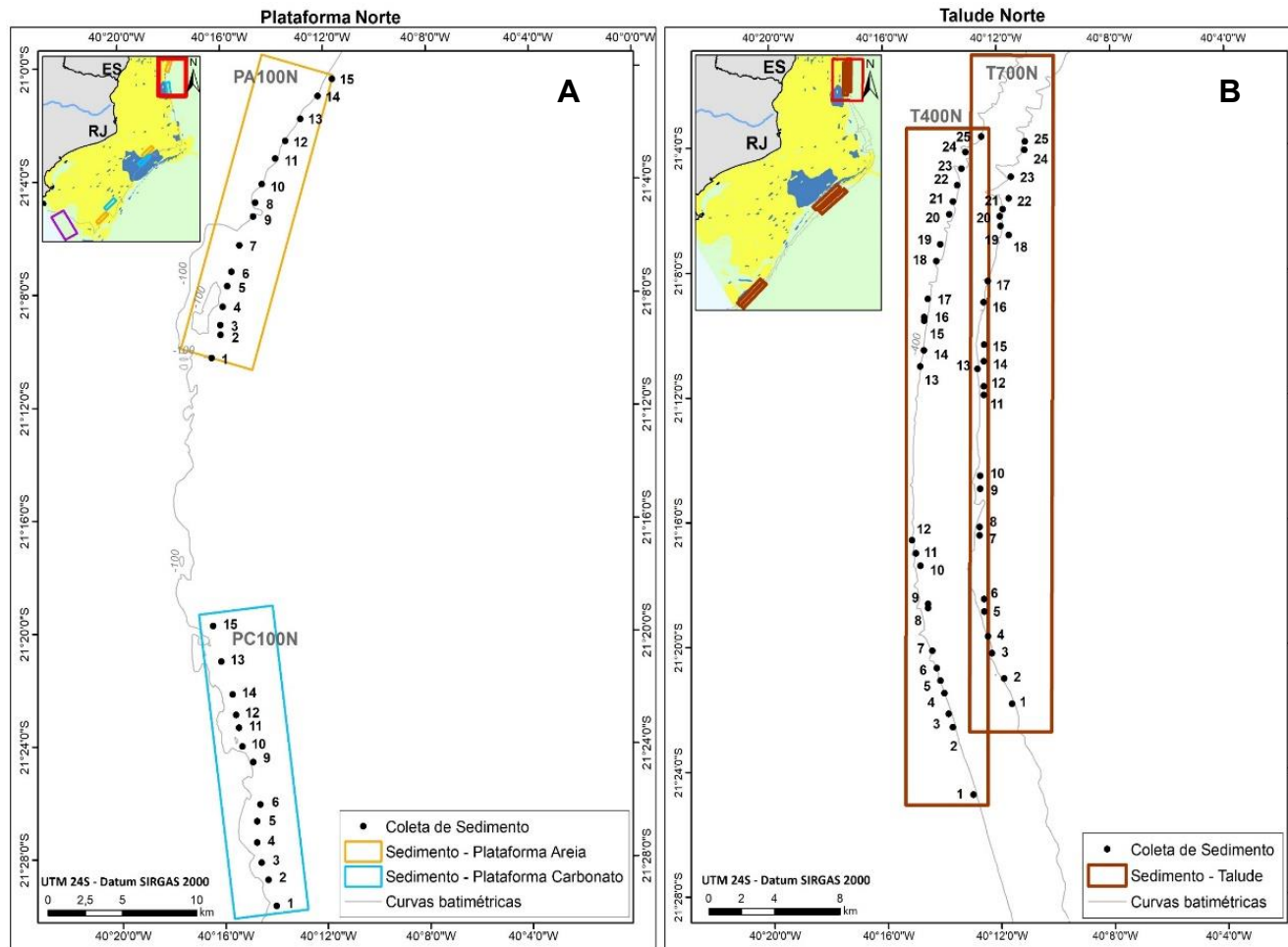


Figura III.3.1.3.1-2 - Estações de amostragem do sedimento, nas fácies (A) arenosa e (B) carbonática na isóbata de 100 m e na (C) fácies lamosa nas isóbatas de 400 m e 700 m, na área Norte da Bacia de Campos.

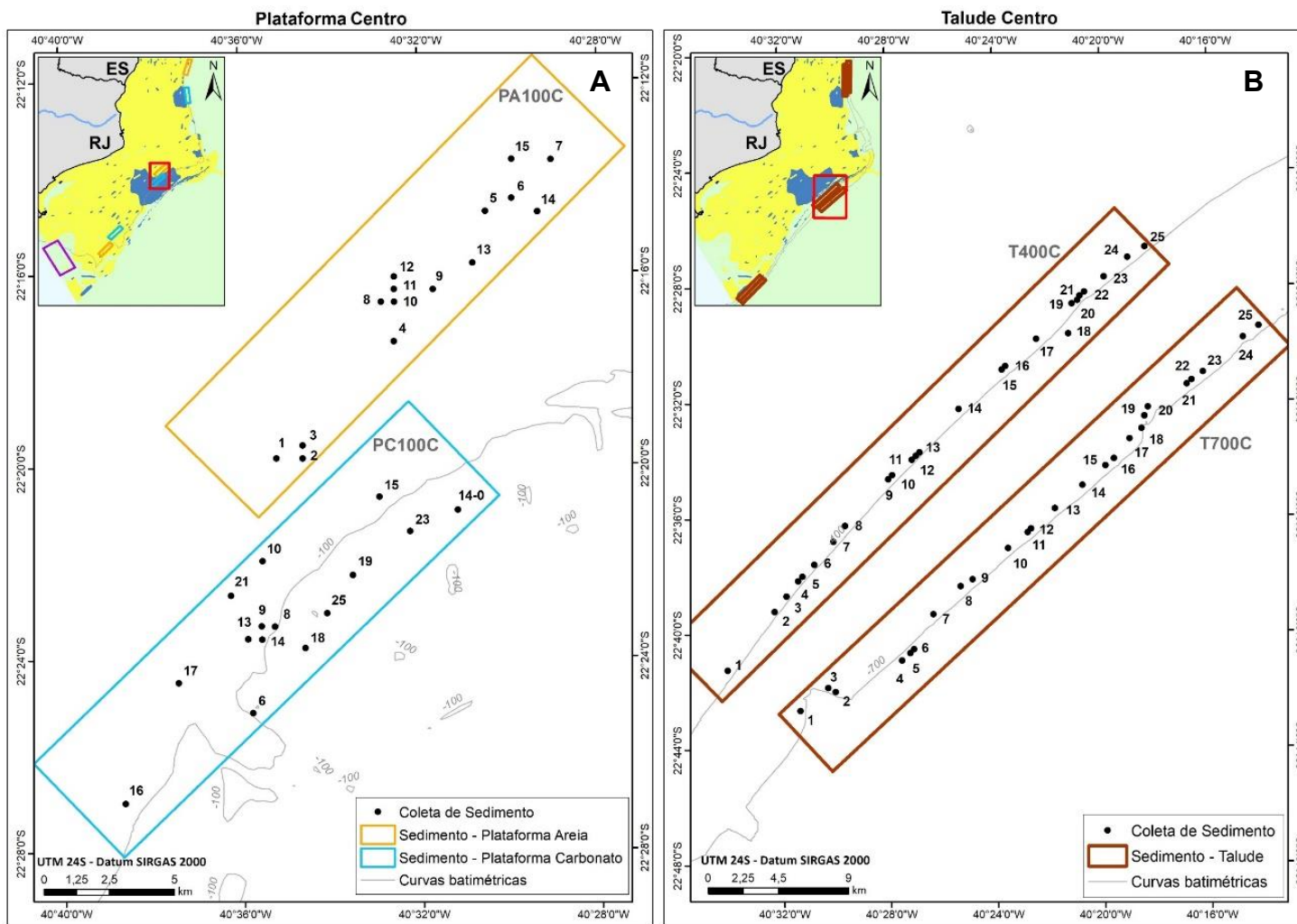


Figura III.3.1.3.1-3 - Estações de amostragem do sedimento, nas fácies (A) carbonática e arenosa na isóbata de 100 m e na fácies (B) lamosa nas isóbatas de 400 m e 700 m, na área do Centro da Bacia de Campos.

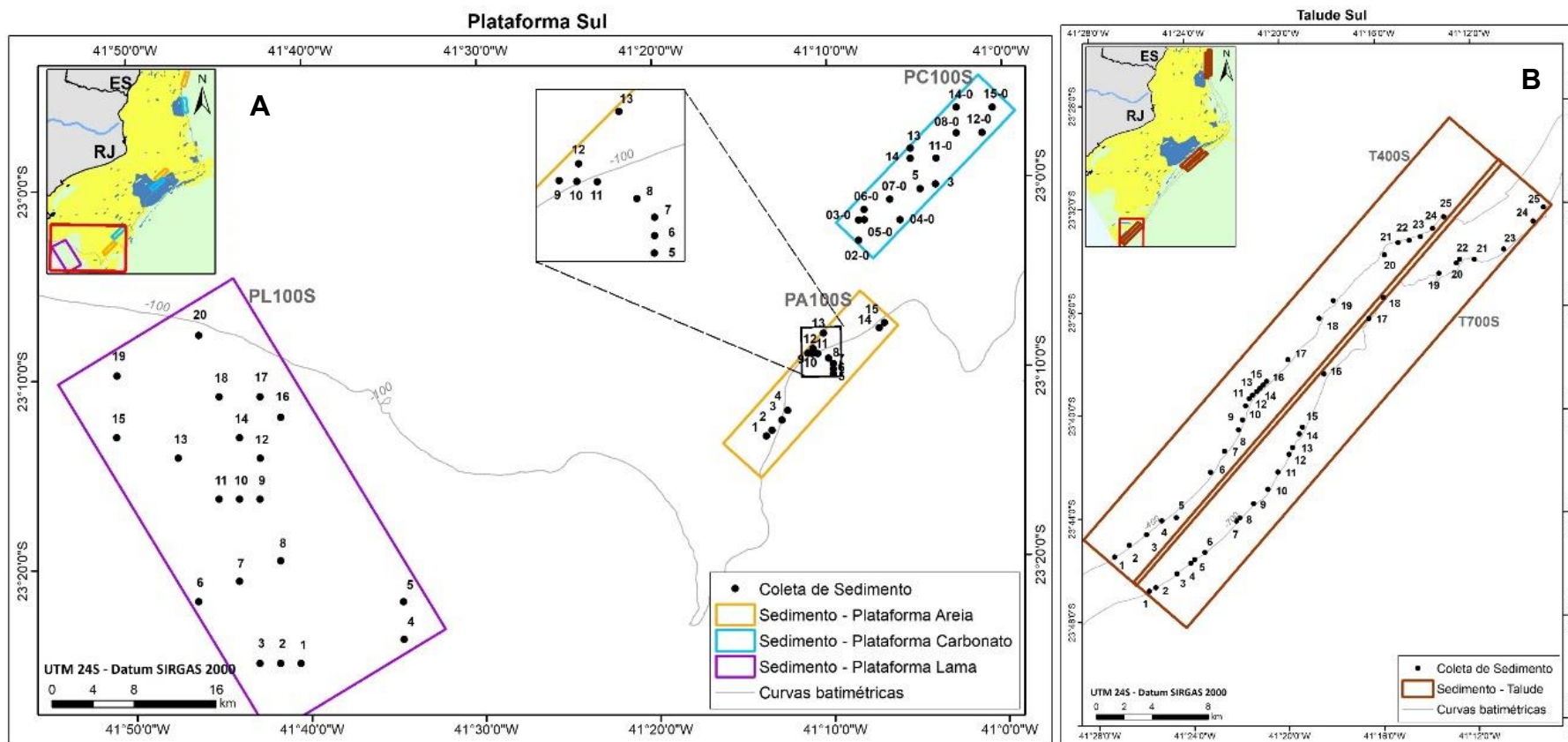


Figura III.3.1.3.1-4 – Estações de amostragem do sedimento, nas fácies (A) arenosa, carbonática e lamosa na isóbata de 100 m e na fácies (D) lamosa nas isóbatas de 400 m e 700 m, na área Sul da Bacia de Campos.

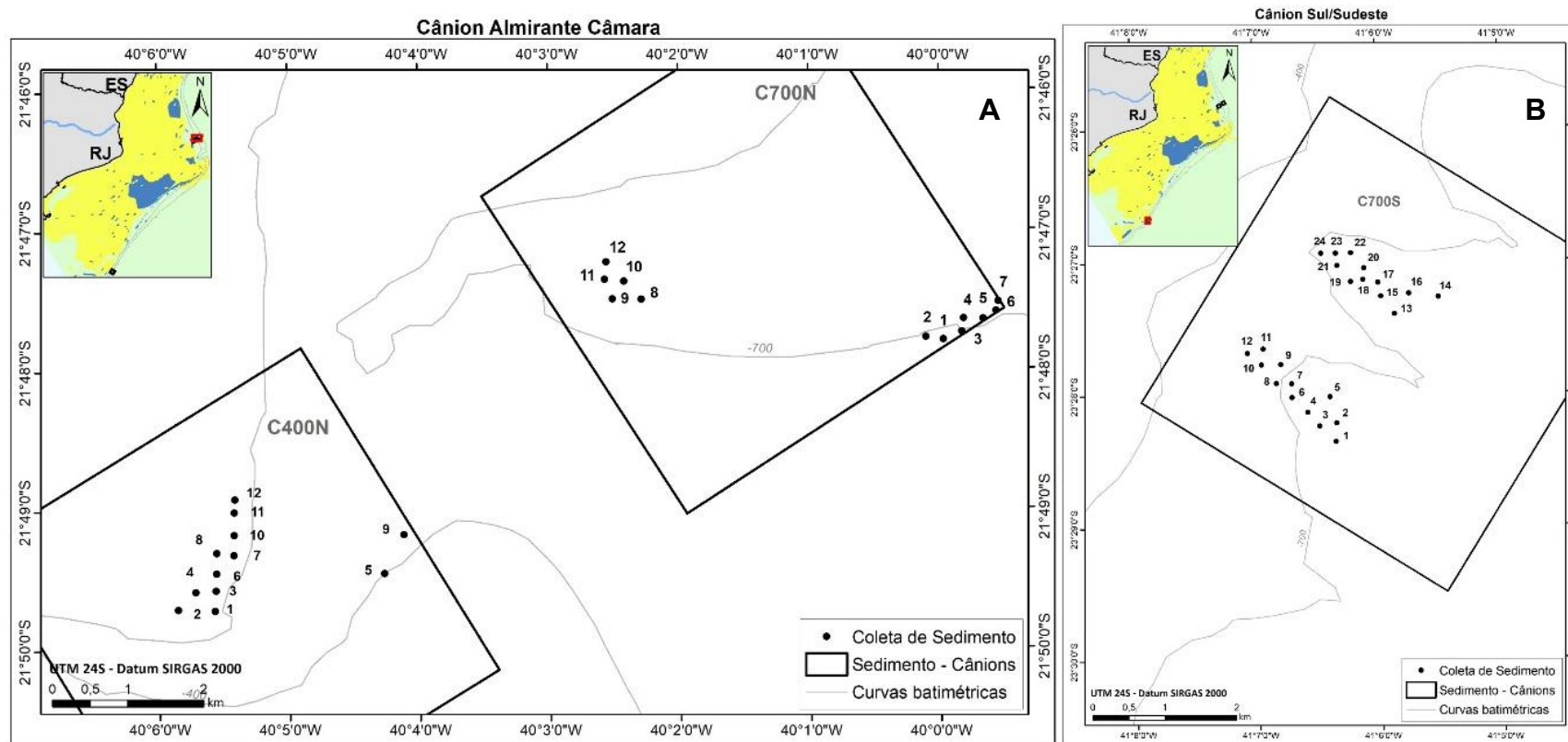


Figura III.3.1.3.1-5 - Estações de amostragem do sedimento no Canion Almirante Câmara na (A) isóbata de 400 m e (B) 700 m e nos (C) Cânions Sul/Sudeste na isóbata de 700 m, nas áreas Norte (A e B) e Sul (C) da Bacia de Campos, respectivamente.

Tabela III.3.1.3.1-1. Número de estações alocadas por área (Norte, Centro e Sul) e fácies (Arenosa, Carbonática e Lamosa) no compartimento sedimento, na província da Plataforma Continental.

Província	Área	Fácies	Número de estações
Plataforma	Norte	Arenosa	15
		Carbonática	15
	Centro	Arenosa	15
		Carbonática	15
	Sul	Arenosa	15
		Carbonática	15
		Lamosa	20

Tabela III.3.1.3.1-2. Número de estações alocadas por área (Norte, Centro e Sul) e isóbata (400 m e 700 m) no compartimento sedimento, nas províncias de Talude e Cânion.

Província	Área	Isóbata	Número de estações
Talude	Norte	400 m	25
		700 m	25
	Centro	400 m	25
		700 m	25
	Sul	400 m	25
		700 m	25
Cânion	Norte	400 m	12
		700 m	12
	Sul	700 m	24

III.3.1.3.2 – Metodologia de coleta

As amostras de sedimento, uma por estação de coleta, foram coletadas utilizando-se dois tipos de amostradores (Figura III.3.1.3.2-1), a depender do tipo de fundo:

1. Van Veen de 231 L nas estações localizadas na plataforma com faciologia arenosa e carbonática e;
2. Box corer de 50 x 50 x 50 cm nas estações com fundo lamoso, isso é, no banco de lama na plataforma e, em todas as localizadas nos polígonos do talude e cânions.

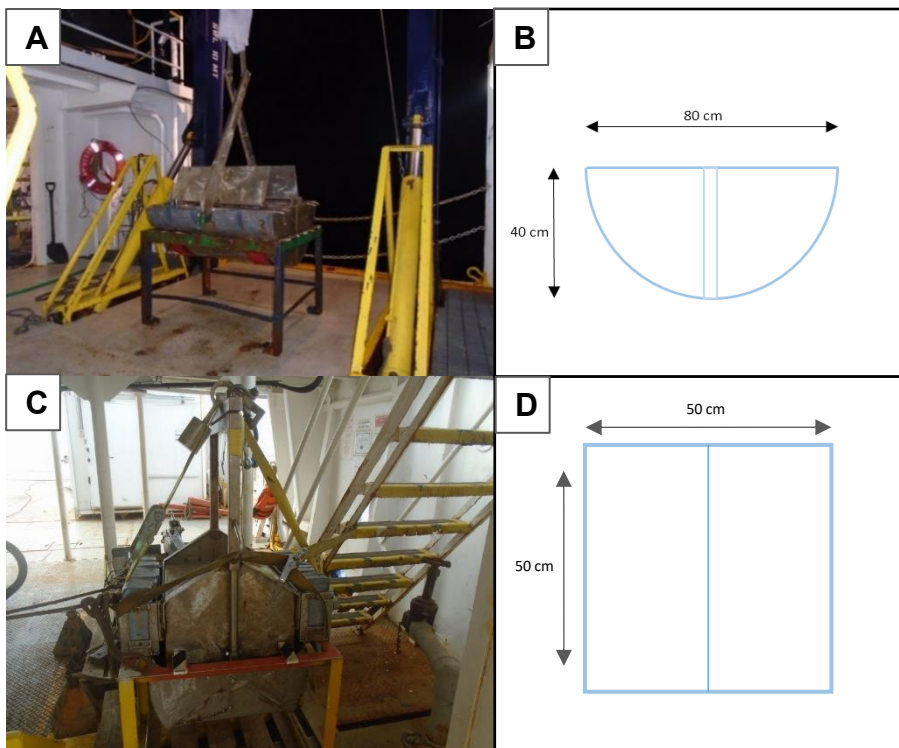


Figura III.3.1.3.2-1 – Equipamento de amostragem para sedimento. (A) van Veen 231 L; (B) Corte transversal do van Veen de 231 L com suas dimensões principais; (C) Box-corer de 50 x 50 x 50 cm; (D) Corte transversal do Box-corer com suas dimensões principais.

Para ampliar a eficiência das amostragens válidas nas fácies carbonática e arenosa, na Plataforma Carbonática Centro, Plataforma Carbonática Norte e Plataforma Arenosa Norte, foi utilizado o equipamento Drop Câmera – *DropCam* (imageamento). A Drop Câmera é um sistema que integra uma câmera subaquática de alta resolução, a qual permite uma conexão em tempo real com a superfície, para visualização das imagens obtidas (Figura III.3.1.3.2-2).



Figura III.3.1.3.2-2 – Equipamento para imageamento Drop Câmera utilizado na primeira campanha do Projeto de Monitoramento Ambiental Regional da Bacia de Campos (PMAR-BC).

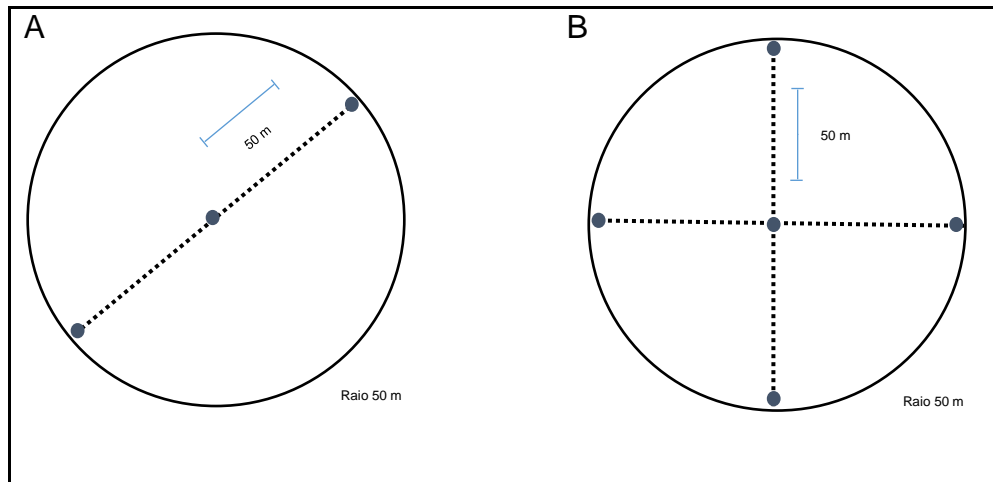


Figura III.3.1.3.2-3 – Esquemas do procedimento de imageamento desenvolvido com o uso da Drop Câmera do Projeto de Monitoramento Ambiental Regional da Bacia de Campos (PMAR-BC). (A) três posições imageadas na estação e (B) cinco posições imageadas na estação.

Foram realizadas de três a cinco aquisições de imagens em cada estação imageada, sendo que a amostragem de sedimento foi condicionada a um mínimo de três imagens (posições) avaliadas como promissoras (Figura III.3.1.3.2-4). Ao todo, foram realizadas 199 aquisições de imagem com a Drop Câmera para o imageamento de fundo na Plataforma Carbonática Centro, na Plataforma Arenosa Norte e na Plataforma Carbonática Norte.

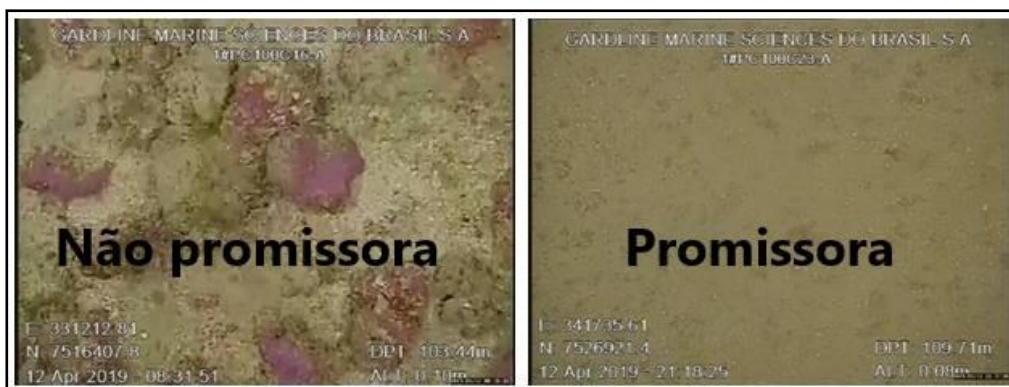


Figura III.3.1.3.2-4 – Imagens adquiridas pelo imageamento com uso da Drop Câmera utilizadas para seleção de coordenadas promissoras para coleta de sedimento no Projeto de Monitoramento Ambiental Regional da Bacia de Campos (PMAR-BC). À esquerda: posição não-promissora. À direita: posição promissora.

Após a chegada do amostrador a bordo e verificada a possibilidade de validação da amostra, os seguintes procedimentos operacionais foram adotados:

- 1º Registro fotográfico do amostrador com água (Figura III.3.1.3.2-5A e D);
- Drenagem da água sobrenadante no interior do amostrador (caso contenha) através de sifonamento com mangueira de teflon, a fim de minimizar a perturbação na camada superficial do sedimento e retenção do material sifonado em peneira com malha de 500 µm;
- Validação ou não da amostra;
- Medida da profundidade da coluna sedimentar e temperatura do sedimento;
- 2º Registro fotográfico do amostrador sem água (Figura III.3.1.3.2-5B e E);
- Colocação dos gabaritos sobre o sedimento;
- 3º Registro fotográfico do amostrador com os gabaritos (Figura III.3.1.3.2-5C e F);
- Retirada das subamostras.

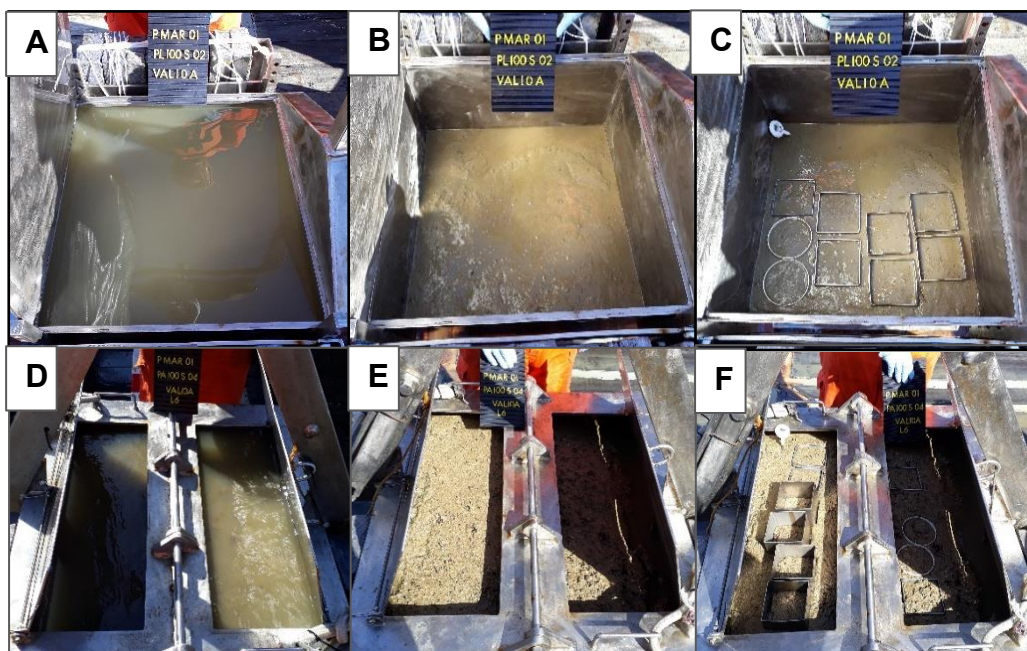


Figura III.3.1.3.2-5 – (A e D) Amostradores com água sobrenadante; (B e E) sedimento após drenagem da água; (C e F) disposição dos gabaritos no sedimento. As imagens A, B e C são do Box-corer e as imagens D, E e F são do Van Veen.

Após o registro fotográfico foram medidas a temperatura do sedimento e a profundidade sedimentar e feita uma análise visual para descrição das características físicas do sedimento, para cada amostra.

A validação da amostra consistiu na observação dos seguintes critérios: fechamento total das mandíbulas e janelas, camada de sedimento amostrada com pelo menos 12 cm de profundidade e distribuição homogênea do sedimento em toda a área interna do amostrador, sem evidência de lavagem do sedimento.

A Figura III.3.1.3.2-6 representa a disposição dos gabaritos para a realização das subamostragens dos diferentes parâmetros, de acordo com a integridade da superfície sedimentar.

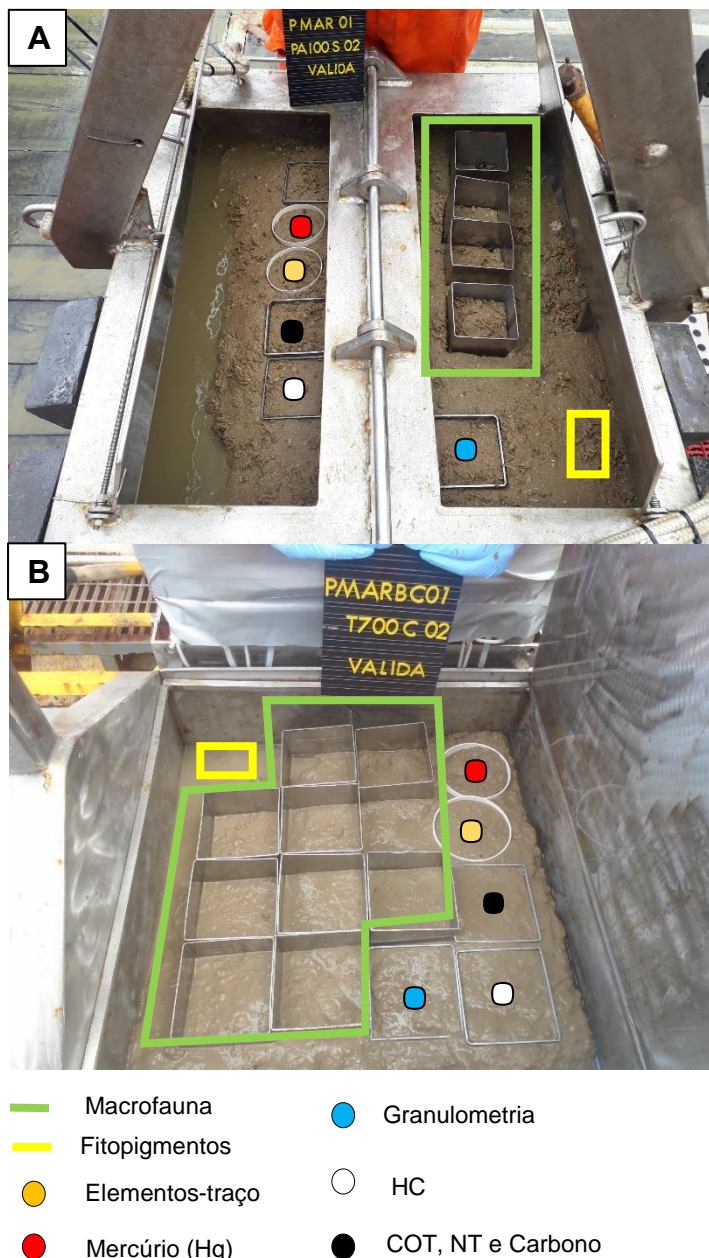


Figura III.3.1.3.2-6 – Esquema de distribuição dos gabaritos para subamostragem dos parâmetros solicitados na campanha. (A) Coleta de sedimento na plataforma continental com Van Veen 231 L; (B) Coleta de sedimento no talude com Box-corer de 50 x 50 x 50 cm.

As amostras de fitopigmentos foram as primeiras a serem retiradas e, para isso, foram selecionadas três áreas distintas no amostrador de onde foi retirado 1 cm de altura de amostra com a ajuda de uma seringa de PVC de 60 mL. Estas alíquotas foram acondicionadas em tubo falcon protegido da luz e levadas para congelamento imediato.

Para a coleta de hidrocarbonetos e biomarcadores foi utilizado um gabarito de inox de 10x10x2 cm e colher metálica previamente lavada com extran neutro (detergente concentrado de uso profissional para equipamentos), água ultrapura e acetona, e descontaminados com n-hexano antes de cada coleta. As amostras foram acondicionadas em frascos de alumínio previamente descontaminados e mantidas sob congelamento.

Para a coleta de elementos-traço foi utilizado um gabarito de PVC descontaminado (lavado com extran e descontaminado com ácido nítrico), com 2 cm de altura e 10 cm de diâmetro, e colher plástica nova. As amostras foram acondicionadas em frascos de polipropileno e mantidas sob congelamento.

Os parâmetros carbono orgânico total, nitrogênio total e carbonatos foram coletados em um gabarito de inox de 10x10x2 cm, previamente lavado. As amostras foram armazenadas em frascos de alumínio e mantidas sob congelamento.

O parâmetro granulometria foi coletado em um gabarito de inox de 10x10x2 cm, previamente lavado. As amostras foram armazenadas em potes plásticos e mantidas sob refrigeração a 4°C.

As amostras de macrofauna foram coletadas em gabaritos de inox de 10x10x10 cm, previamente lavados. Foram coletados quatro gabaritos em cada estação da plataforma e nove gabaritos para cada estação do talude/cânions. As amostras de macrofauna foram acondicionadas em potes plásticos e preservadas em formaldeído 4% tamponado com bórax e mantidas em temperatura ambiente.

A Figura III.3.1.3.2-7 mostra as frascarias utilizadas no acondicionamento dos parâmetros coletados no sedimento e a subamostragem para análises químicas e biológicas a partir dos gabaritos.



Figura III.3.1.3.2-7 – (A) Frascaria utilizadas no acondicionamento dos diferentes parâmetros coletados no sedimento; (B) Coleta das subamostras para análises químicas retiradas diretamente do amostrador; (C) subamostras para análises biológicas a partir dos gabaritos retirados do amostrador.

Como parte do controle de qualidade, foram realizados diferentes brancos durante o período de amostragem, na embarcação. Estes brancos foram tratados como amostras (acondicionamento, preservação, conservação) dos respectivos parâmetros e estão apresentados a seguir:

- Brancos de Campo (BrC): 1 BrC a cada sete dias de coleta (2^o e 8^o dias de coleta) para os parâmetros COT/NT/CO₃, Elementos-traço, Elementos-traço/Mercúrio e Hidrocarbonetos/Biomarcadores. Os frascos de cada um dos parâmetros foram abertos e expostos na área de coleta, por todo o período de subamostragem de todos os parâmetros.
- Branco de Frascaria (BrF): um BrF por pernada. Os frascos de cada um dos parâmetros COT, COD, Nutrientes e Hidrocarbonetos foram aleatoriamente separados no 2^o dia de coleta.

A Tabela III.3.1.3.2-1 apresenta um resumo das metodologias utilizadas no acondicionamento/conservação das amostras obtidas a partir da coleta de sedimento.

Tabela III.3.1.3.2-1 – Procedimentos adotados para o acondicionamento / conservação das amostras de sedimento. PC: Plataforma Continental. T_C: Talude e Cânions.

Parâmetro	Tipo Frascos	Volume/ Massa Amostra	Preservação	N amostras PC	N amostras T_C
COT NT Carbonatos	Frascos de alumínio	200 g (11 estações com <i>backup</i>)	Congelar a ≤ -20 °C	108	198
Granulometria	Potes plásticos	100 g	Refrigerar a 4-6 °C	108	198
Elementos-traço e Hg	Potes de polipropileno	50 g (x4 = <i>backup</i>)	Congelar a ≤ -20 °C	108	198
Hidrocarbonetos	Frascos de alumínio	100 g (x2 = com <i>backup</i>)	Congelar a ≤ -20 °C	108	198
Biomarcadores				108	198
Fitopigmentos (Clorofila-a e Feofitina)	Tubos falcon 50 mL	30 g (3x10g, composta)	Congelar Nitrogênio líquido (2h), após ≤ -20 °C	108	198
Macrofauna	Potes plásticos	4L (Plataforma) 9L (Cânion ou Talude)	Formaldeído 4% tamponado	108	198

As coordenadas e profundidades das estações de amostragem do compartimento sedimento podem ser observadas no Anexo III.3.4-1.

III.3.2 – MÉTODOS DE ANÁLISE

Neste estudo, foram utilizados diferentes métodos para as análises das amostras dos compartimentos Água e Sedimento. As Tabelas III.3.2-1 e III.3.2-2 apresentam um resumo das metodologias analíticas utilizadas nas amostras obtidas a partir da coleta de água e sedimento, respectivamente.

Todas as etapas metodológicas estão apresentadas nos respectivos capítulos de análise de resultados (ver: Tabela III.3.2-1 e Tabela III.3.2-2), nos quais estão descritos, de forma detalhada, os procedimentos analíticos empregados nas análises e os controles de qualidade aplicados (p. ex. limites de detecção e quantificação, padrões de referência utilizados, curvas de calibração, entre outros).

Tabela III.3.2-1 – Compartimento Água: métodos de análise dos parâmetros e os capítulos em que estão descritos.

Parâmetros (Água)	Referência Metodológica	Capítulo de Referência
COT	Somatório das frações de COD + COP	
COD	Filtrado em membranas GF/F (0,7µm) Quantificação: Combustão em analisador elementar	IV.3
COP	Retido em membranas GF/F (0,7µm; 25mm DI) Quantificação: Combustão em analisador elementar e diferença entre COT e COD	
MPS	Retido em membranas GF/F (0,7µm) de COP Quantificação: Gravimetria	
Amônia (NH ₃ + NH ₄ ⁺)	Método: Azul de indofenol Quantificação: Fluorimetria	
Nitrito (NO ₂ ⁻)	Método: Diazotação Quantificação: Espectrofotometria	
Nitrato (NO ₃ ⁻)	Método: Redução em coluna de Cd-Cu seguido de diazotação Quantificação: Espectrofotometria	IV.3
Fosfato (PO ₃ ⁻²)	Método: Molibdato Quantificação: Espectrofotometria	
Fósforo Total	Método: Digestão com persulfato de potássio e adição de Molibdato Quantificação: Espectrofotometria	
Fitopigmentos (Clorofila-a e Feofitina)	Método: Extração em acetona Quantificação: Fluorimetria	IV.3
HPA (16 HPA prioritários da USEPA, 1-metil-naftaleno, 2-metil-naftaleno, dibenzotiofeno, benzo(e)pireno, perileno, homólogos alquilados)	Extração: Líquido-líquido Quantificação: CG/EM em modo SIM	IV.4
HC Alifáticos (n-alcenos (C ₁₀ -C ₄₀) + pristano e fitano, Resolvidos, MCNR, Alifáticos Totais)	Extração: Líquido-líquido Quantificação: CG/DIC	IV.4

Parâmetros (Água)	Referência Metodológica	Capítulo de Referência
HTP	Extração: Líquido-líquido Quantificação: CG/DIC	
Produtividade Primária ((Produtividade primária, Produção primária integrada, Produtividade primária potencial máxima e Eficiência fotossintética)	Leitura da atividade isotópica em detector de cintilação (cintilador líquido - TriCarb 4910 TR)	IV.5
Plâncton (riqueza, densidade e biomassa)	Zooplâncton: Subamostragem (10 mL) para triagem de copépodes. Ictioplâncton e nêuston: Triagem integral e identificação de larvas de decápodes, larvas de peixes e ovos de peixes.	IV.6 e IV.7

Legenda: HPA – Hidrocarbonetos Policíclicos Aromáticos; HC Alifáticos – Hidrocarbonetos Alifáticos; HTP – Hidrocarbonetos Totais de Petróleo; MCNR - Mistura Complexa Não Resolvida; Alifáticos Totais – somatório dos Resolvidos e da MCNR. COT – Carbono Orgânico Total; COD – Carbono Orgânico Dissolvido; COP – Carbono Orgânico Particulado; MPS – Material Particulado em Suspensão. Os detalhes metodológicos estão apresentados nos respectivos capítulos.

Tabela III.3.2-2 – Compartimento Sedimento: métodos de análise dos parâmetros e os capítulos em que estão descritos.

Parâmetros (Sedimento)	Referência Metodológica	Capítulo de Referência
Granulometria	Classificação por peneiras e difração a laser	IV.9
Teor de Carbonato	Quantificação: Gravimetria após ataque ácido	
Carbono Orgânico Total (COT)	Descarbonatação e Pesagem Quantificação: Combustão em analisador elementar	IV.10
Nitrogênio Total (NT)	Amostras não descarbonatadas Quantificação: Combustão em analisador elementar	
Fitopigmentos (Clorofila-a e Feofitina)	Método: Extração em acetona Quantificação: Fluorimetria	
Elementos-traço Biodisponíveis	Al, As, Ba, Cd, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb, Se, V, Zn Hg Extração: Digestão ácida somente com HNO ₃ em micro-ondas Quantificação: ICP-OES ou ICP-MS	IV.11
HPA	16 HPA prioritários da USEPA, 1-metil-naftaleno, 2-metil-naftaleno, dibenzotiofeno, benzo(e)pireno, perileno, homólogos alquilados Extração: ASE (<i>Accelerated solvent extraction system</i>) Quantificação: CG/EM em modo SIM	
HC Alifáticos	n-alcanos (C ₁₀ -C ₄₀) + pristano e fitano Resolvidos MCNR Alifáticos Totais Extração: ASE (<i>Accelerated solvent extraction system</i>) Quantificação: CG/DIC	IV.12
HTP	Extração: ASE (<i>Accelerated solvent extraction system</i>) Quantificação: CG/DIC	

Parâmetros (Sedimento)		Referência Metodológica	Capítulo de Referência
Biomarcadores de petróleo	Hopanos e Esteranos	Extração: Ultrassom Identificação: CG/EM	IV.12
Macrofauna Bentônica	Macrofauna ¹ (Composição taxonômica; Riqueza específica (S); Densidade (N); Abundância total e relativa; Dominância de Simpson (λ); Frequência de ocorrência (F); Equitabilidade de Pielou (J – Pielou, 1975); Diversidade de Shannon-Weaver (H' – Shannon-Weaver, 1983).	Lavagem a 300 μ m; Preservação (etanol 70%); Separação em grandes grupos; Identificação Taxonômica.	IV.13

Legenda: HPA – Hidrocarbonetos Policíclicos Aromáticos; HC Alifáticos – Hidrocarbonetos Alifáticos; HTP – Hidrocarbonetos Totais de Petróleo; MCNR - Mistura Complexa Não Resolvida; Alifáticos Totais – somatório dos Resolvidos e da MCNR. ¹A identificação taxonômica foi realizada por taxonomistas especializados. Todo o táxon identificado foi checado prioritariamente na base do *ITIS – Integrated Taxonomic Information System* (<http://www.itis.gov/>) e, caso não esteja disponível, na base *WoRMS – World Register of Marine Species* (<http://marinespecies.org>) para verificação da validade do nome e da correta grafia. Os detalhamentos metodológicos estão apresentados nos respectivos capítulos.

III.3.3 – MÉTODOS DE TRATAMENTO DE DADOS

Neste estudo, foram utilizados diversos métodos para o tratamento de dados (estatística descritiva, correlações, NMDS, análises fatoriais não-paramétricas, entre outras) para interpretação e avaliação dos resultados gerados. Inicialmente, foram determinados os agrupamentos (polígonos) para os compartimentos Água e Sedimento, como descrito a seguir:

Água: Como observado na malha amostral do compartimento água, para a interpretação dos dados do PMAR-BC, as estações foram agrupadas em polígonos conforme a província (Plataforma ou Talude), isóbata (100 m ou 900 m) e área (Sul, Centro ou Norte). Assim, a Plataforma continental e o Talude foram divididos em três polígonos cada: P100S, P100C e P100N, e T900S, T900C e T900N (Figura III.3.1.2.1-2 a Figura III.3.1.2.1-4). Cada polígono foi composto por 6 estações.

Sedimento: Já para o compartimento sedimento, como observado no desenho amostral, para a interpretação dos dados, as estações do PMAR-BC foram agrupadas em polígonos conforme a província (Plataforma, Talude ou Cânion), fácies (Lamosa, Carbonática ou Arenosa), isóbata (100 m, 400 m ou 700 m) e área (Sul, Centro ou Norte). A identificação do polígono conforme a fácies só foi feita para os polígonos da plataforma, visto que no talude, todas as estações foram classificadas como em substrato lamoso. Sendo assim, a Plataforma do PMAR-BC ficou com sete polígonos: PL100S, PC100S, PA100S, PC100C, PA100C, PC100N e PA100N (Figura III.3.1.3.1-2 a Figura III.3.1.3.1-4). Já o talude ficou com seis polígonos (T400S, T700S, T400C, T700C, T400N e T700N) (Figura III.3.1.3.1-2 a Figura III.3.1.3.1-4), e os cânions com três (C400N, C700N e C700S) (Figura III.3.1.3.1-5).

III.3.3.1 – Análises Estatísticas

III.3.3.1.1 – Análises exploratórias univariadas

A variação dos dados de cada parâmetro amostrado nos compartimentos água e sedimento foi explorada, individualmente, através de análises univariadas descritivas (p. ex. média, mediana, mínimo e máximo), utilizando tabelas, gráficos boxplot, entre outros recursos gráficos. Devido às especificidades de cada classe de parâmetros, também foram incluídas outras análises exploratórias univariadas (p. ex. razões diagnósticas, figuras de distribuição espacial, comparações com dados da literatura etc.), caso fossem pertinentes para a avaliação dos dados.

III.3.3.1.2 – Análises exploratórias multivariadas

Os parâmetros individuais amostrados nos compartimentos água e sedimento foram agrupados em conjunto de variáveis (Tabelas III.3.3.1.2-1 e III.3.3.1.2-2), sendo que estes dados multivariados também foram explorados através de análises de agrupamentos (CLUSTER) utilizando distância Euclidiana, SIMPROF (perfil de similaridade) e NMDS (escalonamento não métrico de distâncias), todas executadas no programa PRIMER v.7. A análise de agrupamentos (CLUSTER) é uma análise multivariada de teor classificatório, que visa agrupar amostras conforme sua similaridade ou distâncias (dissimilaridade). Assim, através da criação de dendogramas, o CLUSTER permite a visualização dos conjuntos de amostras que são mais ou menos similares em relação às suas características. A análise do perfil de similaridade (SIMPROF – *Similarity Profile*) fornece um ótimo complemento às análises de agrupamento, uma vez que testa a significância dos conjuntos de amostras estabelecidos pelo CLUSTER. Desta forma, esta análise traz a informação de quais agrupamentos de amostras são significativamente semelhantes, testando as estruturas internas destes. Por fim, o NMDS é uma análise multivariada de ordenação, que representa graficamente a similaridade/dissimilaridade de um conjunto de amostras em dimensões 2D ou 3D, através da ordenação de uma matriz de similaridade ou distância.

Devido às especificidades de cada classe de parâmetros, também foram incluídas outras análises exploratórias multivariadas, caso fossem consideradas pertinentes para a avaliação dos dados. Um exemplo, em alguns capítulos, é a realização da análise de componentes principais (PCA) feitas com programas como PAST 4.02 e R®. A PCA é uma análise multivariada que reduz a dimensionalidade de um conjunto de dados, gerando as componentes principais. Estas são combinações lineares das variáveis originais, ordenadas de forma que as primeiras componentes principais carregam maior parte da variação dos dados originais. As PCA geraram resultados de *Eigenvalues* (valores próprios ou auto-valores) dos primeiros eixos e sua contribuição para a dispersão dos pontos, e cargas das variáveis (*loadings*) representadas pelos coeficientes do modelo linear usado para cálculo dos escores das amostras.

Tabela III.3.3.1.2-1 – Apresentação dos conjuntos de variáveis compostos por parâmetros individuais amostrados no compartimento água. Em negrito estão destacadas as variáveis selecionadas para as análises bi ou multivariadas.

Grupo de Variáveis	Variáveis
Variáveis físicas	Temperatura; Salinidade; OD; pH
Nutrientes	Nitrogênio Amoniacal; Nitrito; Nitrato; Fosfato; Fósforo Total
Carbono e MPS	COD; COP; COT; MPS
Fitopigmentos	Clorofila a; Feofitina a
Orgânicos	16 HPAs; 37HPAs ; Total de n-alcanos; Hidrocarbonetos Resolvidos de Petróleo; Alifáticos Totais
Plâncton	Táxons; Biomassa; Abundância; Riqueza S; Diversidade de Shannon; Equitatividade de Pielou; Dominância de Simpson

Legenda: As unidades ou transformações de unidades usadas nos testes estatísticos estão apresentadas nos respectivos capítulos de resultados de cada parâmetro (ver em Tabela III.3.2-1).

Tabela III.3.3.1.2-2 – Apresentação dos conjuntos de variáveis compostos por parâmetros individuais amostrados no compartimento sedimento. Em negrito estão destacadas as variáveis selecionadas para as análises bi ou multivariadas.

Grupo de Variáveis	Variáveis
Composição Elementar	COT; NT
Granulometria e Carbonatos	Cascalho; Areia; Lama Teor de carbonato
Fitopigmentos	Clorofila a; Feofitina a
Orgânicos	HTP; \sum n-Alcanos \sum Hidrocarbonetos Resolvidos de Petróleo; Mistura Complexa Não Resolvida; \sum Total Alifáticos; \sum 16HPA; \sum 37HPA Esteranos; \sum Hopanos
Metais	Alumínio - Al, Arsênio - As, Bário - Ba, Cádmio - Cd, Chumbo - Pb, Cobre - Cu, Cromo - Cr, Ferro - Fe, Manganês - Mg, Mercúrio - Hg, Níquel - Ni, Vanádio - V e Zinco - Zn
Macrofauna	Táxons; Biomassa; Abundância; Riqueza S; Diversidade de Shannon; Equitatividade de Pielou; Dominância de Simpson

Legenda: As unidades ou transformações de unidades usadas nos testes estatísticos estão apresentadas nos respectivos capítulos de resultados de cada parâmetro (ver em Tabela III.3.2-2).

III.3.3.1.3 – Análises inferenciais multivariadas

De forma a atender os objetivos do projeto e testar as hipóteses referentes a possíveis diferenças entre os resultados encontrados por áreas (Sul x Centro; Norte x Centro; Sul x Norte), fácies (Arenosa x Carbonática), projeto (PMAR-BC x PCR-BC), e província (Plataforma x Talude; Talude x Cânion) foram utilizadas análises PERMANOVA e PERMDISP. Análises SIMPER também foram realizadas para medir a contribuição de cada variável nas comparações entre áreas, fácies, projetos e províncias, quando significativamente diferentes.

As análises PERMANOVA (*Permutational Multivariate Analysis of Variance*) utilizam matrizes de similaridade/distância e princípios de permutação e aleatorização para testar as hipóteses nulas de ausência de diferenciação significativa entre os desenhos amostrais/fatores testados. Esta análise é baseada na partição da variância da posição dos objetos no espaço multidimensional, e

permite avaliar diferenças em desenhos fatoriais com ou sem interação, com fatores fixos ou aleatórios, hierárquicos (aninhados) e mistos. As análises PERMDISP testam a homogeneidade de dispersões multivariadas, utilizando, assim como a PERMANOVA, matrizes de similaridade/distância para tal. Após a superposição dos centroides dos grupos/fatores, a PERMDISP compara os tamanhos das nuvens de pontos, apontando se as dispersões dos grupos podem ser consideradas iguais ou similares (resultado não significativo), ou se podem ser consideradas distintas (resultado significativo). As análises SIMPER são destinadas a medir a contribuição de cada variável nas comparações entre grupos (projetos, províncias, fácies e áreas) e foram realizadas de maneira a embasar as comparações por PERMANOVA. Foram incluídas nas tabelas de resultados as variáveis que acumularam 90% da contribuição para a distância entre os grupos sendo comparados. Para cada variável isso significa a média de suas contribuições na determinação das distâncias euclidianas entre todas as amostras desses diferentes grupos. Todas as análises foram realizadas através do software PRIMER v.7, e o nível de significância considerado foi de 0,05.

Comparação PMAR-BC e PCR-BC

Considerando a solicitação do IBAMA de comparação do Projeto de Caracterização Ambiental da Bacia de Campos (PCR-BC) e do Projeto de Monitoramento Ambiental Regional da Bacia de Campos (PMAR-BC), para estabelecimento de um monitoramento continuado da área, foram elaboradas malhas amostrais de comparação entre as estações dos dois projetos para o compartimento água e compartimento sedimento, que estão melhor descritas abaixo. Cabe ressaltar que, para as comparações, foram utilizados somente os dados das pernas realizadas durante o período Chuvoso do PCR-BC (25/02/2009 a 13/04/2009 amostragem água; 05/01/2009 a 17/03/2009 – amostragem sedimento), de forma a evitar possíveis influências sazonais, considerando o período de amostragem do PMAR-BC (26/12/2018 a 18/05/2019).

Compartimento Água: PMAR-BC vs PCR-BC

Para a comparação entre resultados do PMAR-BC e do PCR-BC do compartimento água, foram selecionadas estações do PCR-BC das isóbatas mais próximas às do PMAR-BC para compor a malha amostral de comparação (75 m e 150 m para plataforma e 400 m e 1000 m para talude), após verificação de que os dados destas isóbatas não diferiam significativamente entre si. A determinação dos transectos do PCR-BC que comporiam as áreas sul, centro e norte foi feita considerando a proximidade das estações PCR-BC com os polígonos PMAR-BC, sendo que estações dos transectos A, B e C foram consideradas da área sul, D, E, F e G da área centro e H e I da área norte. Por fim, as estações do PCR-BC foram agrupadas em polígonos correspondentes aos do PMAR-BC: PS (Plataforma Sul), TS (Talude Sul), PC (Plataforma Centro), TC (Talude Centro), PN (Plataforma Norte) e TN (Talude Norte). O resultado das estações selecionadas para compor a malha amostral de comparação PMAR-BC e PCR-BC pode ser observado na Figura III.3.3.1.3-1 e na Tabela III.3.3.1.3-1.

Áreas de Coleta - PMAR-BC - Água

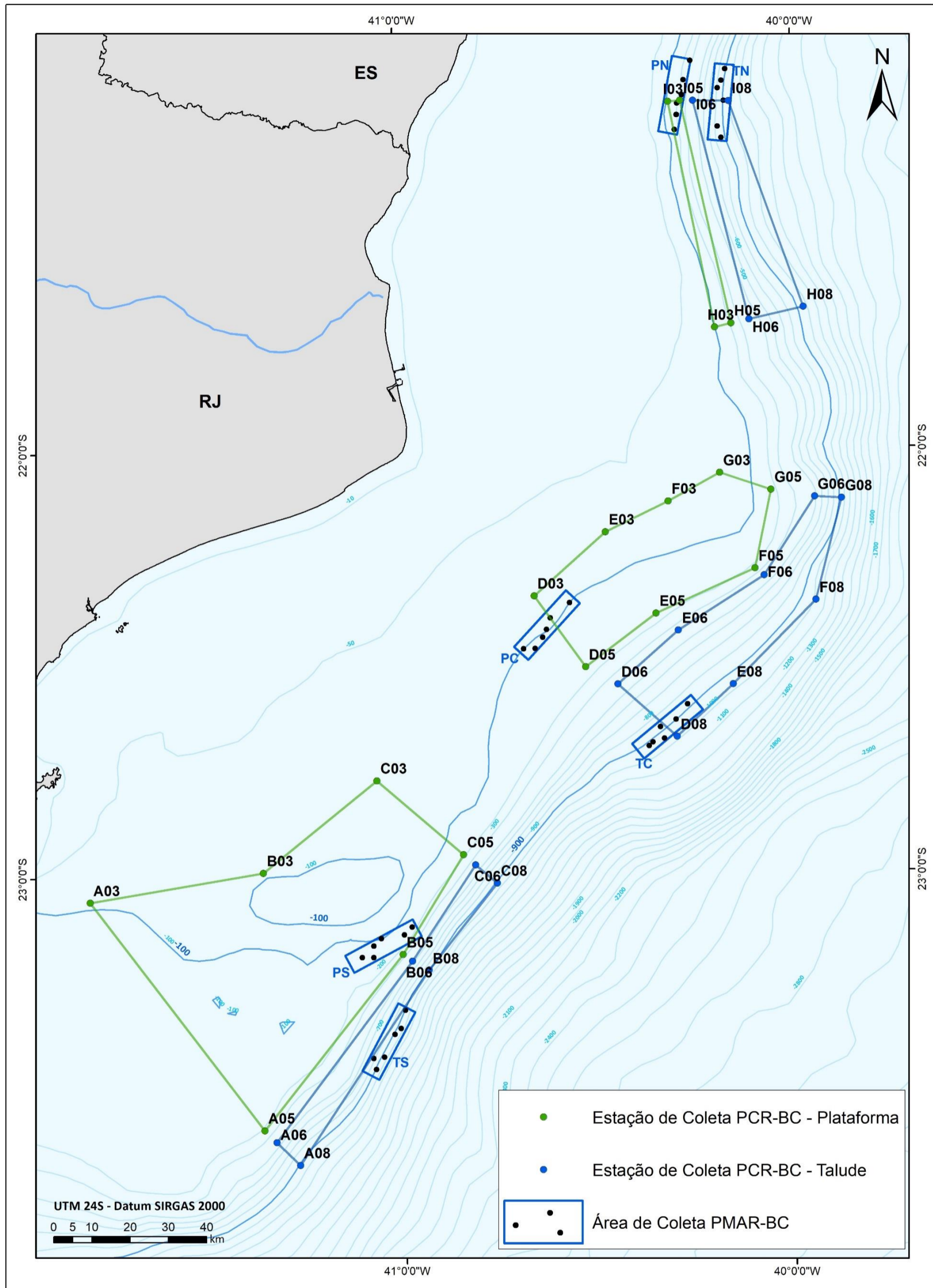


Figura III.3.3.1.3-1 – Mapa da malha amostral de comparação entre o PMAR-BC e PCR-BC no compartimento água.

Tabela III.3.3.1.3-1 – Detalhamento de estações que comporam os polígonos de comparação do PMAR-BC e PCR-BC conforme província e área.

Província	Área	Estações PMAR-BC	Estações PCR-BC
Plataforma	Norte	PN01, PN02, PN03, PN04, PN05 e PN06	H03, I03, H05 e I05
	Centro	PC01, PC02, PC03, PC04, PC05 e PC06	D03, E03, F03, G03, D05, E05, F05 e G05
	Sul	PS01, PS02, PS03, PS04, PS05 e PS06	A03, B03, C03, A05, B05 e C05
Talude	Norte	TN01, TN02, TN03, TN04, TN05 e TN06	H06, I06, H08 e I08
	Centro	TC01, TC02, TC03, TC04, TC05 e TC06	D06, E06, F06, G06, D08, E08, F08 e G08
	Sul	TS01, TS02, TS03, TS04, TS05 e TS06	A06, B06, C06, A08, B08 e C08

Compartimento Sedimento: PMAR-BC vs PCR-BC

Para a comparação entre resultados do PMAR-BC e do PCR-BC no compartimento sedimento, foram selecionadas as estações do PCR-BC das mesmas isóbatas amostradas no PMAR-BC, sendo de 100 m na plataforma continental, e de 400 m e 700 m no talude e cânions. Além disso, foi feita uma análise crítica das estações do PCR-BC das isóbatas de 75 m e 150 m na plataforma continental, a fim de avaliar se estas poderiam complementar a malha amostral de comparação entre os dois projetos. Para classificação da fácies (carbonática ou arenosa) das estações PCR-BC para a plataforma continental, foi feita uma análise crítica levando em consideração o teor de carbonatos observado nas estações. O resultado das estações selecionadas para compor a malha amostral de comparação PMAR-BC e PCR-BC para os parâmetros abióticos pode ser observado na Figura III.3.3.1.3-2 e nas Tabelas III.3.3.1.3-2, III.3.3.1.3-3 e III.3.3.1.3-4. Devido à grande sensibilidade da macrofauna bentônica à batimetria, a malha amostral de comparação do PMAR-BC e PCR-BC para os parâmetros bióticos foi diferenciada na província de plataforma continental, uma vez que a análise crítica apontou a inviabilidade da incorporação de muitas estações da isóbata de 75 m e 150 m do PCR-BC à esta malha amostral, a qual pode ser observada na Figura III.3.3.1.3-3 e nas Tabelas III.3.3.1.3-2, III.3.3.1.3-3 e III.3.3.1.3-4. Cabe ressaltar que não foram feitas comparações entre PMAR-BC e PCR-BC para a província cânion na área sul, visto que não foram amostradas estações de cânion na área sul no PCR-BC.

PMAR-BC x PCR-BC - Sedimento (Abiótico)

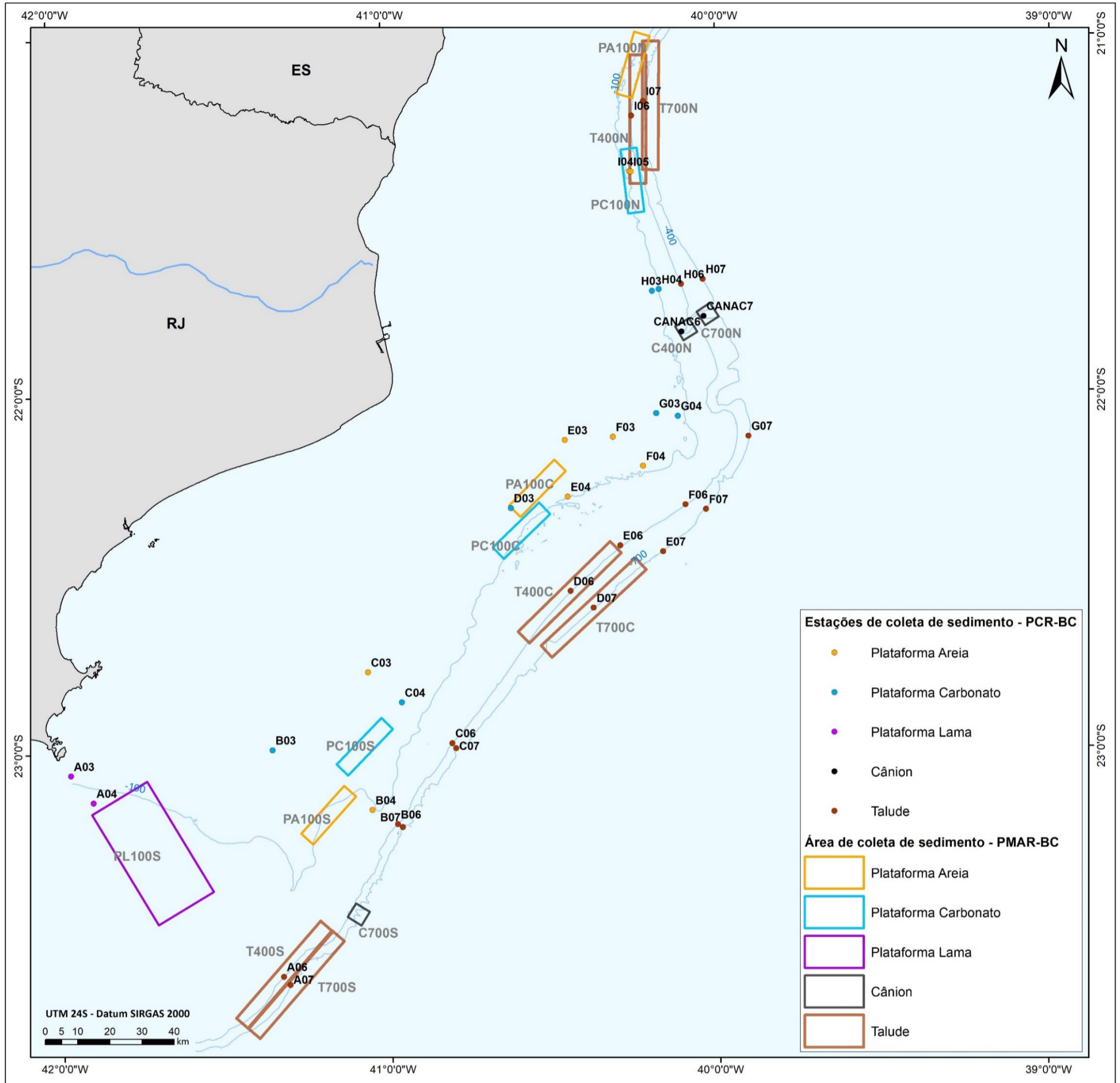


Figura III.3.3.1.3-2 – Mapa da malha amostral utilizada para a comparação entre o PMAR-BC e PCR-BC em relação aos parâmetros abióticos amostrados no compartimento sedimento.

PMAR-BC x PCR-BC - Sedimento (Biótico)

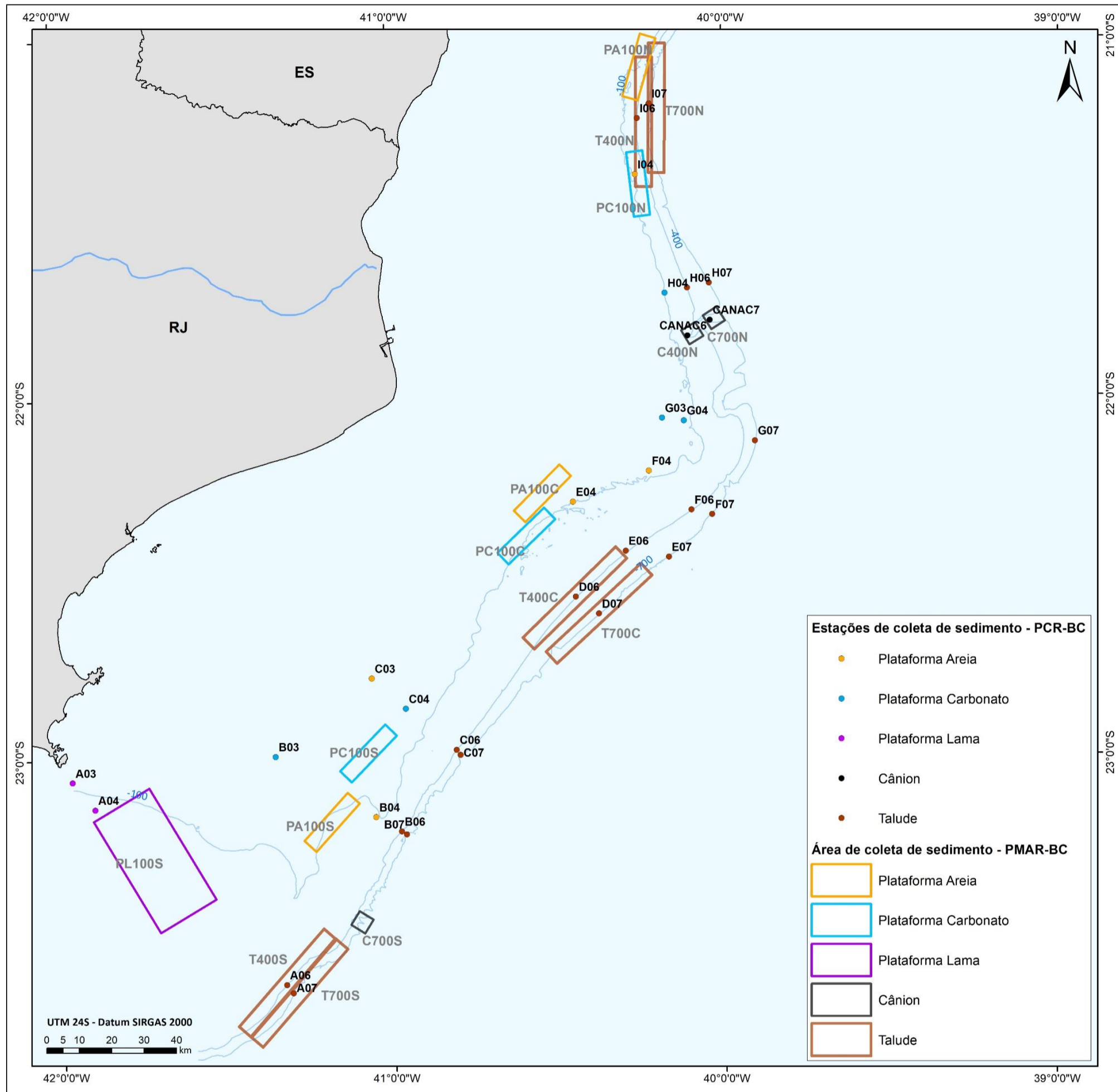


Figura III.3.3.1.3-3 – Mapa da malha amostral utilizada para a comparação entre o PMAR-BC e PCR-BC em relação aos parâmetros bióticos amostrados no compartimento sedimento.

Tabela III.3.3.1.3-2 – Detalhamento de estações que comporam os polígonos de comparação dos parâmetros abióticos do PMAR-BC e PCR-BC conforme área e fácies para a plataforma continental. Estações em vermelho e negrito representam as estações que também foram incorporadas à malha amostral de comparação dos parâmetros bióticos.

Área	Fácies	Estações PMAR-BC	Estações PCR-BC
Norte	Arenosa	PA100N01, PA100N02, PA100N03, PA100N04, PA100N05, PA100N06, PA100N07, PA100N08, PA100N09, PA100N10, PA100N11, PA100N12, PA100N13, PA100N14 e PA100N15	I04 e I05
	Carbonática	PC100N01, PC100N02, PC100N03, PC100N04, PC100N05, PC100N06, PC100N09, PC100N10, PC100N11, PC100N12, PC100N13, PC100N14 e PC100N15	H03 e H04
Centro	Arenosa	PA100C01, PA100C02, PA100C03, PA100C04, PA100C05, PA100C06, PA100C07, PA100C08, PA100C09, PA100C10, PA100C11, PA100C12, PA100C13, PA100C14 e PA100C15	E03, F03, E04 e F04
	Carbonática	PC100C06, PC100C08, PC100C09, PC100C10, PC100C13, PC100C14, PC100C14-0, PC100C15, PC100C16, PC100C17, PC100C18, PC100C19, PC100C21, PC100C2 e PC100C25	D03, G03 e G04
Sul	Lamosa	PL100S01, PL100S02, PL100S03, PL100S04, PL100S05, PL100S06, PL100S07, PL100S08, PL100S09, PL100S10, PL100S11, PL100S12, PL100S13, PL100S14, PL100S15, PL100S16, PL100S17, PL100S18 PL100S19 e PL100S20	A03 e A04
	Arenosa	PA100S01, PA100S02, PA100S03, PA100S04, PA100S05, PA100S06, PA100S07, PA100S08, PA100S09, PA100S10, PA100S11, PA100S12, PA100S13, PA100S14 e PA100S15	C03 e B04
	Carbonática	PC100S02-0, PC100S03, PC100S03-0, PC100S04-0, PC100S05, PC100S05-0, PC100S06-0, PC100S07-0, PC100S08-0, PC100S11-0, PC100S12-0, PC100S13, PC100S14, PC100S14-0 e PC100S15-0	B03 e C04

Tabela III.3.3.1.3-3 – Detalhamento de estações que comporam os polígonos de comparação dos parâmetros abióticos e bióticos do PMAR-BC e PCR-BC conforme área e isóbata para o talude.

Área	Isóbata	Estações PMAR-BC	Estações PCR-BC
Norte	400 m	T400N01, T400N02, T400N03, T400N04, T400N05, T400N06, T400N07, T400N08, T400N09, T400N10, T400N11, T400N12, T400N13, T400N14, T400N15, T400N16, T400N17, T400N18, T400N19, T400N20, T400N21, T400N22, T400N23, T400N24 e T400N25	H06 e I06
	700 m	T700N01, T700N02, T700N03, T700N04, T700N05, T700N06, T700N07, T700N08, T700N09, T700N10, T700N11, T700N12, T700N13, T700N14, T700N15, T700N16, T700N17, T700N18, T700N19, T700N20, T700N21, T700N22, T700N23, T700N24 e T700N25	H07 e I07
Centro	400 m	T400C01, T400C02, T400C03, T400C04, T400C05, T400C06, T400C07, T400C08, T400C09, T400C10, T400C11, T400C12, T400C13, T400C14, T400C15, T400C16, T400C17, T400C18, T400C19, T400C20, T400C21, T400C22, T400C23, T400C24 e T400C25	D06, E06 e F06
	700 m	T700C01, T700C02, T700C03, T700C04, T700C05, T700C06, T700C07, T700C08, T700C09, T700C10, T700C11, T700C12, T700C13, T700C14, T700C15, T700C16, T700C17, T700C18, T700C19, T700C20, T700C21, T700C22, T700C23, T700C24 e T700C25	D07, E07, F07 e G07
Sul	400 m	T400S01, T400S02, T400S03, T400S04, T400S05, T400S06, T400S07, T400S08, T400S09, T400S10, T400S11, T400S12, T400S13, T400S14, T400S15, T400S16, T400S17, T400S18, T400S19, T400S20, T400S21, T400S22, T400S23, T400S24 e T400S25	A06, B06 e C06
	700 m	T700S01, T700S02, T700S03, T700S04, T700S05, T700S06, T700S07, T700S08, T700S09, T700S10, T700S11, T700S12, T700S13, T700S14, T700S15, T700S16, T700S17, T700S18, T700S19, T700S20, T700S21, T700S22, T700S23, T700S24 e T700S25	A07, B07 e C07

Tabela III.3.3.1.3-4 – Detalhamento de estações que comporam os polígonos de comparação dos parâmetros abióticos e bióticos do PMAR-BC e PCR-BC conforme área e isóbata para os cânions.

Área	Isóbata	Estações PMAR-BC	Estações PCR-BC
Norte	400 m	C400N01, C400N02, C400N03, C400N04, C400N05, C400N06, C400N07, C400N08, C400N09, C400N10, C400N11 e C400N12	CANAC06
	700 m	C700N01, C700N02, C700N03, C700N04, C700N05, C700N06, C700N07, C700N08, C700N09, C700N10, C700N11 e C700N12	CANAC07

IV.1 – ASPECTOS FÍSICOS (PERFIS DE CTD: T, S E OD)

Coordenador

Valéria Souza Rego

Oceanógrafa, Doutora em Engenharia Oceânica

PETROBRAS/ SUB/SSUB/GDSO/STGO

Gerência de Suporte Técnico de Geodesia e Oceanografia

E-mail: valeriarego@petrobras.com.br

Equipe

Janaína Silva do Monte

Oceanógrafa, Bacharel em Oceanografia, funcionária Ambilev, membro da Equipe técnica de apoio da Petrobras

janainadomonte.AMBILEV@petrobras.com.br

Camila Caroline Guedes Viana

Oceanógrafa, Mestre em Oceanografia, funcionária Ambilev, membro da Equipe técnica de apoio da Petrobras

camilaviana.AMBILEV@petrobras.com.br

Tadeu Silva Galeno

Oceanógrafo, Bacharel em Oceanografia, funcionário Ambilev, membro da Equipe técnica de apoio da Petrobras

tadeu.AMBILEV@petrobras.com.br

RESUMO

A descrição das propriedades físicas da água do mar foi realizada para três áreas da Bacia de Campos (Norte, Centro e Sul). Para tal, foram utilizados dados de temperatura, salinidade e oxigênio dissolvido adquiridos com CTD (*Conductivity, Temperature and Depth*) durante campanha de aquisição de dados realizada nos meses de Janeiro a Abril de 2019. A partir dos dados coletados, foram identificadas três massas d'água: Água Tropical (AT), Água Central do Atlântico Sul (ACAS) e Água Intermidiária Antártica (AIA) e valores de Oxigênio Dissolvido (OD) variando entre 6,06 e 6,96 mg/L, com distribuição relacionada à produtividade primária na zona fótica e à massa d'água verificada em maiores profundidades.

IV.1.1 – INTRODUÇÃO

A Bacia de Campos (Figura IV.1.1-1) localiza-se no sudoeste da margem do Oceano Atlântico Sul e ocupa uma porção da margem continental brasileira entre 20,5°S (Alto Vitória) e 24°S (Alto Cabo Frio), em uma área de mais de 100.000 km² (VIANA *et al.*, 1998). Segundo os mesmos autores, a plataforma continental tem uma largura média de 100 km e a quebra da plataforma varia de 80 m de lâmina d'água (LDA) na área norte a 130 m de LDA ao sul, com LDA média de 110 m. A inclinação se estende por 40 km com um gradiente médio de 2,5°. Sua base é mais rasa ao norte em relação ao sul, 1500 m e 2000 m de LDA, respectivamente.

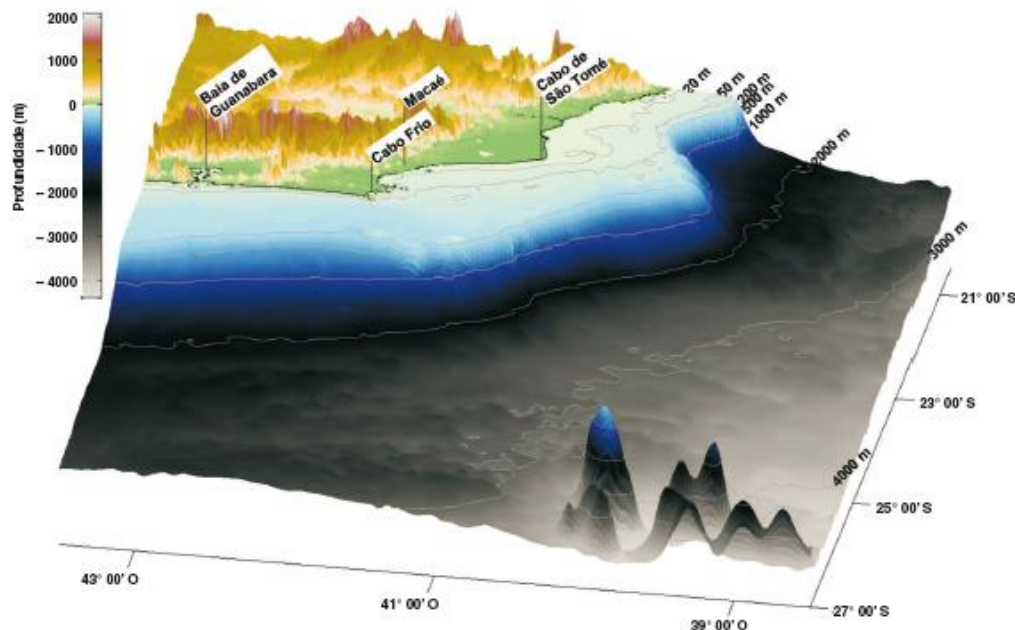


Figura IV.1.1-1 – Bacia de Campos: topografia e região costeira (CASTRO FILHO *et al.*, 2016).

Em relação à oceanografia, o talude e o assoalho oceânico da Bacia de Campos é ocupado pela Corrente do Brasil (CB), que é a corrente de contorno oeste que compõe o giro do Atlântico sul e flui na direção sudoeste-sul, com espessura de 400 a 500 m (REID, 1989). Subjacente à CB, a Corrente de Contorno Intermediária (CCI) flui em direção oposta à CB e ocupa a região intermediária do talude (500-1200 m), segundo BÖEBEL *et al.* (1999). Segundo REID (1989), logo abaixo flui a Corrente de Contorno Profunda (CCP).

Dentro dos domínios da Bacia de Campos, sobre o talude e sopé continental, o sistema de correntes é composto essencialmente pela CB e CCI, com uma única e bem definida inversão de velocidades ao longo da vertical (CASTRO FILHO *et al.*, 2016). As correntes bem organizadas verticalmente transportam as seguintes massas d'água: Água Tropical (AT) e Água Central do Atlântico Sul (ACAS), Água Intermediária Antártica (AIA) e Água Circumpolar Superior (ACS), além da Água Profunda do Atlântico Norte (APAN) e Água Circumpolar Inferior (ACI), transportadas pela CCP.

IV.1.1.1 – Objetivo Geral

O Programa de Monitoramento Ambiental Regional da Bacia de Campos – PMAR-BC tem como objetivo principal obter sistematicamente informações sobre a qualidade da água, do sedimento e sobre comunidades biológicas comparando as regiões de maior e menor concentração de atividade de exploração e produção na Bacia de Campos, de forma a monitorar estas áreas e, simultaneamente, avaliar as tendências ambientais regionais desta bacia.

IV.1.1.1.1 – Objetivos Específicos

O objetivo deste capítulo IV-1 é apresentar a descrição das propriedades físicas da água do mar com base nos dados de temperatura, salinidade e oxigênio dissolvido adquiridos com equipamento de CTD (*Conductivity, Temperature and Depth.*) em janeiro a abril de 2019.

IV.1.2 – METODOLOGIAS APLICADAS

IV.1.2.1 – Metodologia de Campo

As informações sobre os métodos aplicados durante a amostragem podem ser encontrados no Capítulo III, item III.3.1 – MÉTODOS DE AMOSTRAGEM, em que estão inclusos os procedimentos referentes à metodologia de amostragem do compartimento água e sedimento.

Os dados apresentados neste documento foram adquiridos no período de janeiro a abril de 2019, durante as coletas de água e sedimento do PMAR-BC (Figura IV.1.2.1-1), distribuídas ao longo das áreas norte, centro e sul da Bacia de Campos (Figura IV.1.2.1-2), distribuídas da seguinte forma: Norte (21 estações), Centro (17 estações) e Sul (22 estações). As estações de coleta e as suas respectivas coordenadas e lâminas d'água estão apresentadas no Capítulo III deste Relatório.

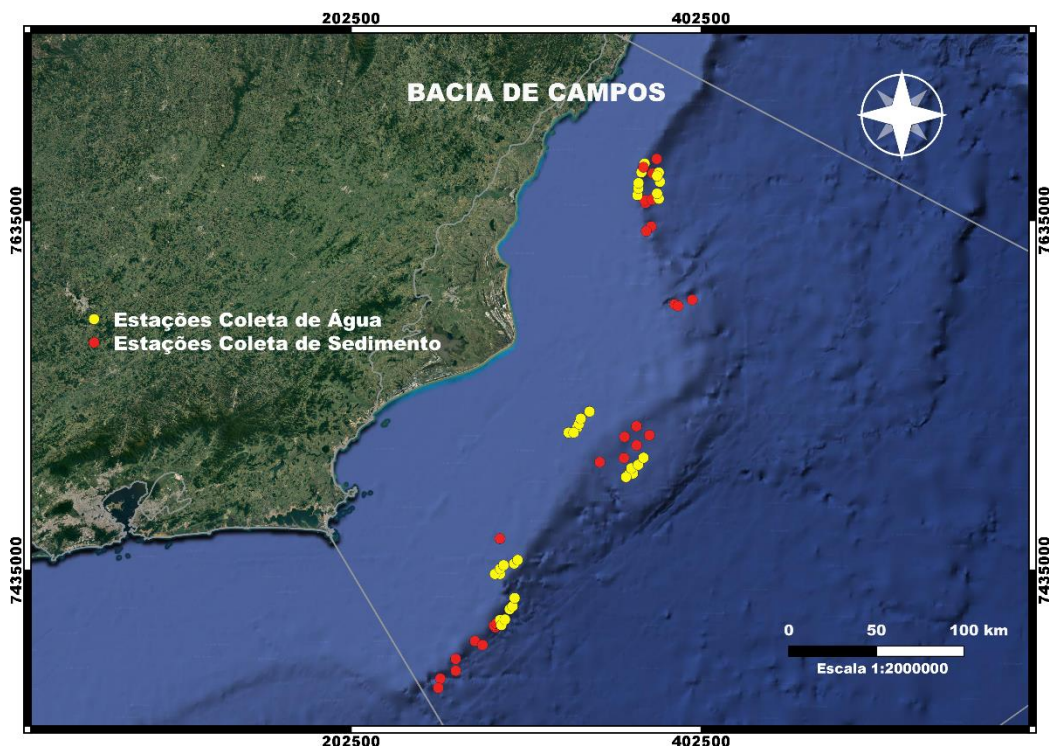


Figura IV.1.2.1-1 – Distribuição das estações de coleta de dados de CTD ao longo da Bacia de Campos.

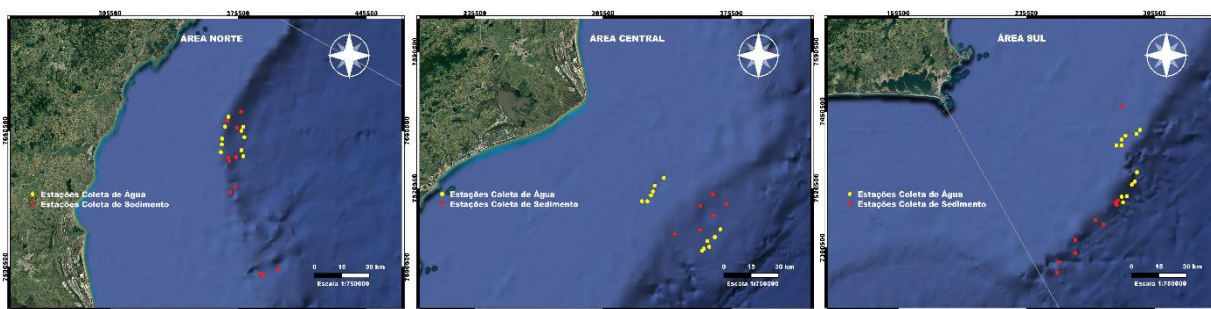


Figura IV.1.2.1-2 – Aquisição de dados realizada nos grupamentos: Norte, Centro e Sul.

IV.1.2.2 – Metodologia de Tratamento de Dados

O processamento dos dados coletados foi realizado utilizando o software *SBE DATA PROCESSING* e os arquivos de calibração do equipamento para cada estação de coleta de dados.

Para a determinação das massas d'água foram utilizados os índices termohalinos. Segundo EMILSON (1961), SILVEIRA *et al.*(2000) e MIRANDA (1985), massas d'água são corpos de água com propriedades químicas particulares, sendo diferenciadas entre as adjacentes. Geralmente, utiliza-se a temperatura e a salinidade como parâmetros identificadores, pelo fato de serem considerados parâmetros conservativos (MIRANDA, 1985).

Os resultados são apresentados em formato semelhante à análise de dados de seções verticais quase-sinóticas, embora (a) a distribuição das estações apresentadas não se localizam em uma trajetória reta e (b) a coleta não seja quase-sinótica. Na determinação das margens de contorno das seções verticais de distribuição dos parâmetros apresentados (temperatura, salinidade e oxigênio dissolvido) foi utilizada a grade batimétrica (6'x6') do *General Bathymetric Chart of the Oceans* (GEBCO), a partir das coordenadas das estações e cálculo da distância entre as mesmas. Além disso, para apresentação dos dados foi realizado um cálculo do número de pontos para cada área, sua distribuição e distância para a suavização dos contornos para cada seção. Devido ao longo intervalo de medição dos dados durante a campanha, para uma análise coerente, os dados foram agrupados mensalmente, por proximidade de aquisição, respeitando a distribuição das áreas norte, centro e sul.

IV.1.3 – RESULTADOS

IV.1.3.1 – Temperatura

Os dados de temperatura estão apresentados em seções verticais para as áreas Norte – janeiro/fevereiro e abril de 2019 (Figura IV.1.3.1-1), Centro – abril de 2019 (Figura IV.1.3.1-2) e Sul – março de 2019 (Figura IV.1.3.1-3). As Tabelas IV.1.3.1-1, IV.1.3.1-2, IV.1.3.1-3 e IV.1.3.1-4 apresentam as medidas estatísticas básicas de temperatura observadas em cada estação nessas áreas para cada período citado.

Na área Norte, para o período de janeiro a fevereiro de 2019, o valor máximo de temperatura comparando as estações de coleta foi de 28,76°C e o valor mínimo foi de 6,11°C. Já o valor máximo para o período de abril de 2019 foi de 29,54°C e o mínimo de 4,40°C. A média em ambos os períodos se apresentou semelhante e condizente com a profundidade das estações, variando de 25,51°C em uma estação mais rasa (P100N01); a 10,85°C em uma estação mais profunda (T900N06).

A área Centro apresentou o valor máximo de 28,54°C, mínimo de 4,37°C e média variando de 10,34°C a 20,63°C.

Já a área Sul, com maior número de estações em um mesmo período, apresentou o maior valor máximo entre as áreas, 29,69°C, mínimo de 4,00°C, além das maiores médias, 11,64°C a 26,31°C.

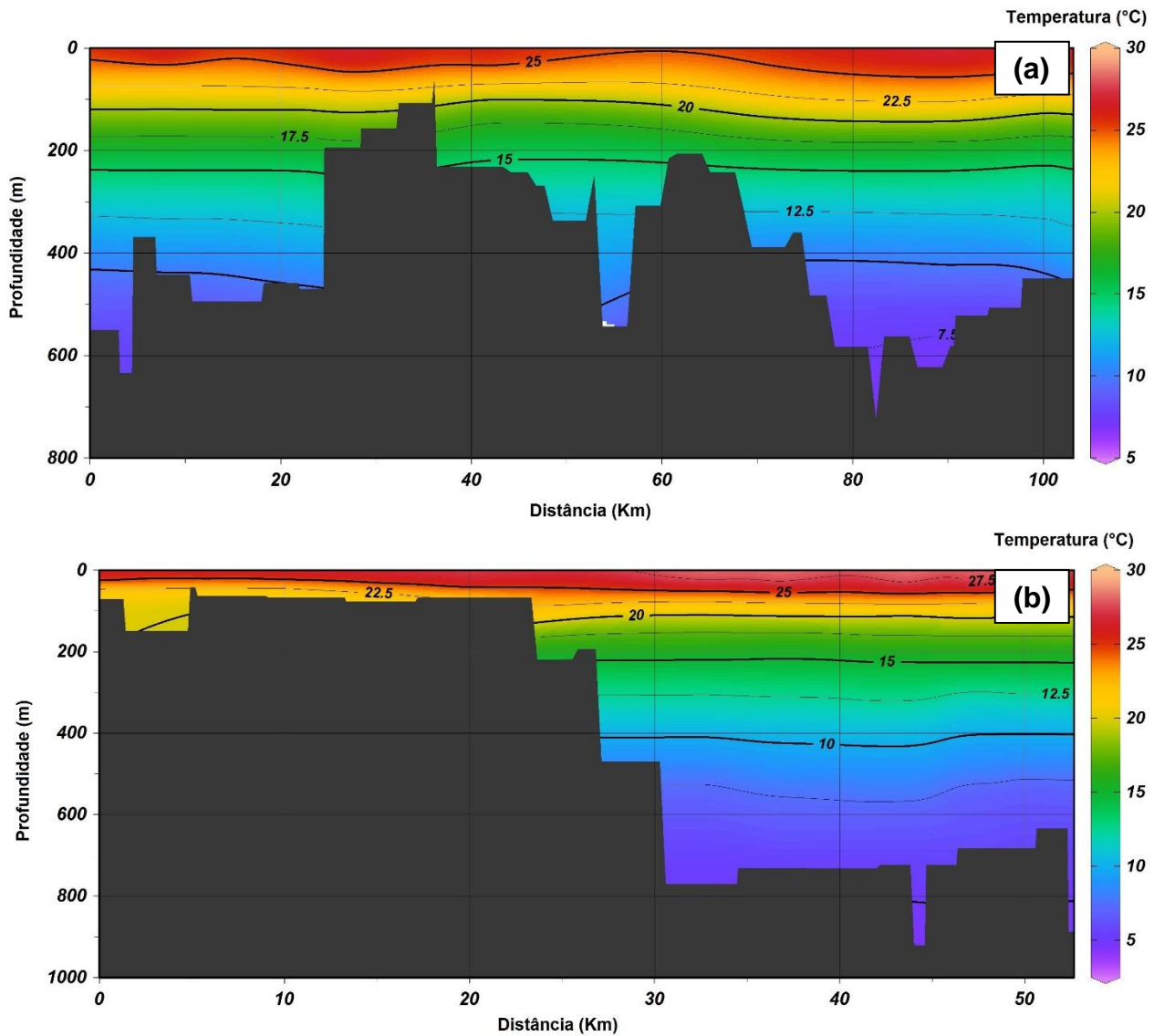


Figura IV.1.3.1-1 – Seção vertical de temperatura da área Norte: a) janeiro-fevereiro de 2019 e b) abril de 2019.

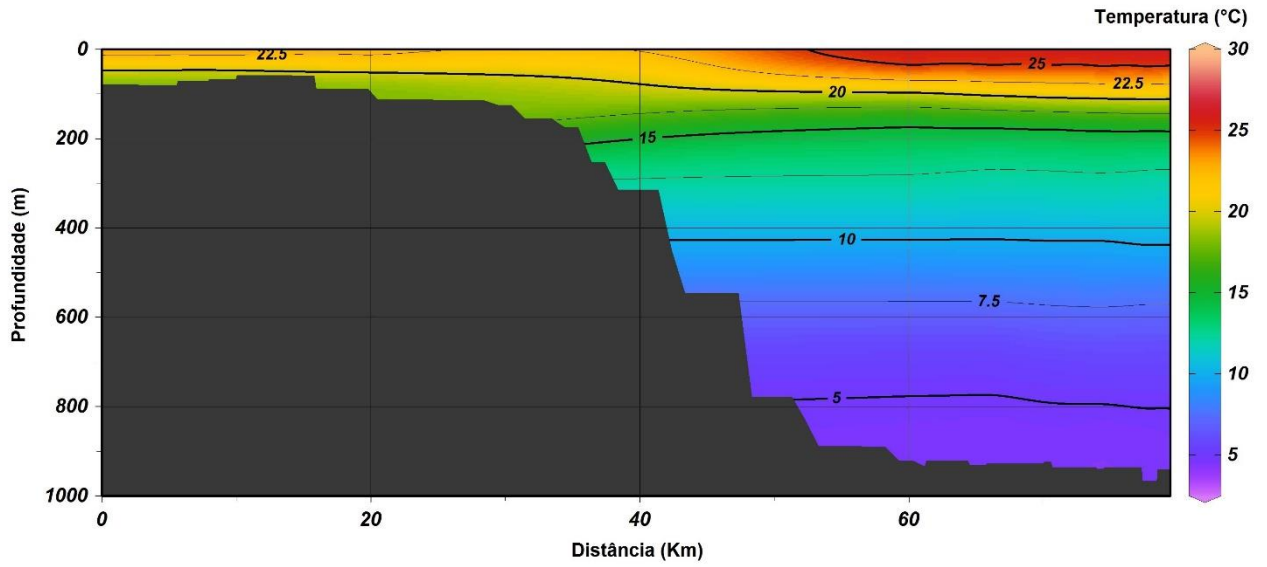


Figura IV.1.3.1-2 – Seção vertical de temperatura da área Centro no período de abril de 2019.

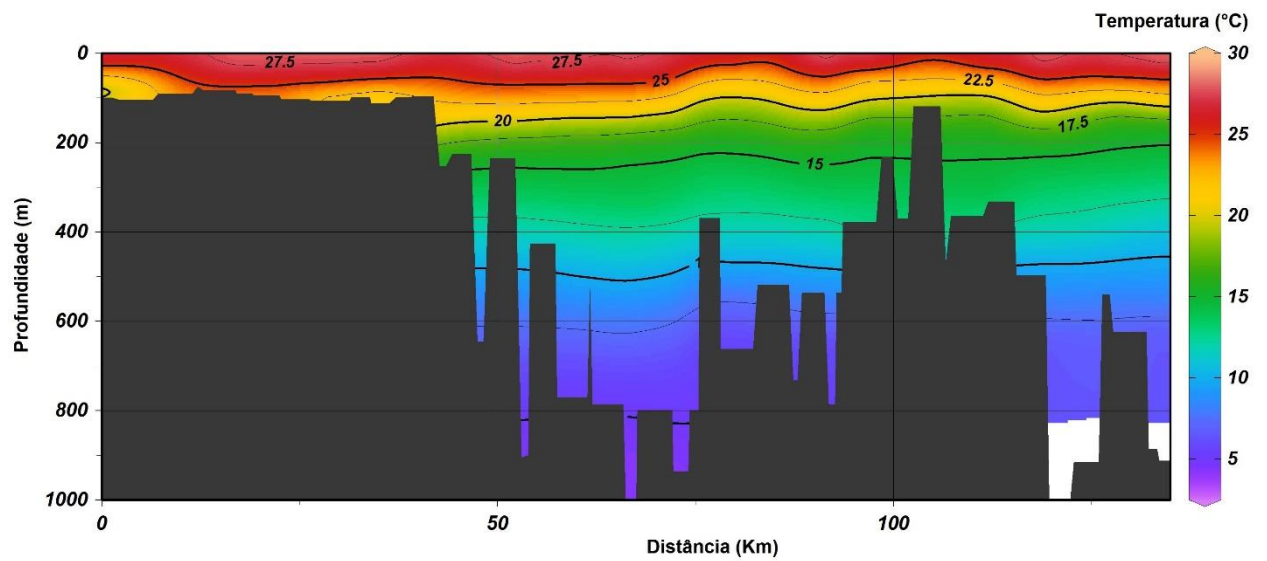


Figura IV.1.3.1-3 – Seção vertical de temperatura da área Sul no período de março de 2019.

Tabela IV.1.3.1-1 – Estatística básica dos dados de temperatura para cada estação na área Norte – período de janeiro/fevereiro de 2019

Estação	Nº observações	Valor Máximo (°C)	Valor médio (°C)	Valor mínimo (°C)	Desvio Padrão (°C)
C400N05	283	27,97	18,28	11,95	5,35
C400N12	326	27,82	18,60	11,75	4,87
C700N06	685	28,23	13,71	6,11	6,49
T400N01	369	27,78	16,80	11,18	4,76
T400N10	404	28,76	17,38	11,50	5,06
T400N12	366	28,32	18,84	12,25	4,84
T700N25	595	27,39	12,50	6,19	5,20
T700N17	556	28,30	13,65	6,92	5,78
T700N07	572	26,64	13,10	6,46	5,28

Tabela IV.1.3.1-2 – Estatística básica dos dados de temperatura para cada estação na área Norte – período de abril de 2019

Estação	Nº observações	Valor Máximo (°C)	Valor médio (°C)	Valor mínimo (°C)	Desvio Padrão (°C)
P100N01	65	28,14	25,51	20,88	2,83
P100N02	68	28,13	24,50	20,18	3,04
P100N03	71	27,40	23,74	20,89	2,38
P100N04	87	25,26	19,99	17,34	1,95
P100N05	73	27,70	22,27	19,09	2,86
P100N06	72	27,33	22,99	19,16	2,96
T900N01	851	28,49	11,40	4,92	6,53
T900N02	833	28,67	11,70	4,70	6,54
T900N03	754	29,54	11,02	4,40	6,54
T900N04	778	28,43	11,05	4,92	6,32
T900N05	897	28,39	11,07	4,64	6,56
T900N06	807	26,86	10,85	4,60	6,10

Tabela IV.1.3.1-3 – Estatística básica dos dados de temperatura para cada estação na área Centro – período de abril de 2019

Estação	Nº observações	Valor Máximo (°C)	Valor médio (°C)	Valor mínimo (°C)	Desvio Padrão (°C)
P100C01	87	26,49	20,44	16,99	3,42
P100C02	85	26,19	20,45	17,00	3,50
P100C03	87	27,02	19,96	16,82	3,44
P100C04	87	26,89	20,04	16,74	3,30
P100C05	85	26,93	20,63	16,81	3,12
P100C06	99	26,20	20,43	16,69	3,18
T900C01	715	27,91	10,74	4,76	6,10
T900C02	735	28,19	10,79	4,41	6,18
T900C03	750	27,21	10,34	4,37	6,30
T900C04	679	28,41	11,12	4,81	6,12
T900C05	677	26,80	10,74	4,45	6,31
T900C06	807	26,86	10,85	4,60	6,10
T400C25	289	26,74	15,69	11,14	3,84
T400C17	297	27,75	15,32	10,35	4,30
T400C06	309	27,43	15,33	10,64	4,17
T700C25	595	27,39	12,60	6,47	5,20
T700C12	617	28,54	13,32	6,57	5,39

Tabela IV.1.3.1-4 – Estatística básica dos dados de temperatura para cada estação na área Sul – período de março de 2019

Estação	Nº observações	Valor Máximo (°C)	Valor médio (°C)	Valor mínimo (°C)	Desvio Padrão (°C)
T400S25	385	28,83	17,07	12,18	4,57
T400S17	325	27,53	17,53	12,65	4,22
T400S05	339	29,15	17,06	11,77	4,92
T700S01	628	29,63	14,03	6,20	6,66
T700S12	513	29,58	14,44	6,03	6,92
T700S23	528	29,69	14,96	5,51	6,93
C700S01	597	28,98	12,28	4,30	6,31
C700S09	502	27,51	12,60	4,76	5,52
C700S17	583	28,05	11,64	4,47	2,76
PC100S02-0	86	28,46	22,55	16,23	4,71

Estação	Nº observações	Valor Máximo (°C)	Valor médio (°C)	Valor mínimo (°C)	Desvio Padrão (°C)
P100S01	96	28,93	25,16	17,22	3,85
P100S02	105	29,02	24,15	16,14	4,48
P100S03	97	28,66	25,48	17,58	4,07
P100S04	91	28,81	26,03	18,38	3,08
P100S05	93	28,93	26,31	20,23	2,73
P100S06	92	28,67	26,09	20,94	2,42
T900S01	809	28,60	12,33	4,19	6,95
T900S02	833	28,60	12,43	4,16	6,94
T900S03	852	28,62	12,57	4,10	6,93
T900S04	821	28,45	12,14	4,00	6,96
T900S05	810	28,70	12,32	4,53	6,95
T900S06	753	28,73	12,35	4,18	7,12

IV.1.3.2- Salinidade

Os dados de salinidade estão apresentados em seções verticais para as áreas Norte – janeiro/fevereiro e abril de 2019 (Figura IV.1.3.2-1), Centro – abril de 2019 (Figura IV.1.3.2-2) e Sul – março de 2019 (Figura IV.1.3.2-3). A Tabela IV.1.3.2-1, a Tabela IV.1.3.2-2, a Tabela IV.1.3.2-3 e a Tabela IV.1.3.2-4 apresentam as medidas estatísticas básicas para o parâmetro salinidade observados em cada estação nessas áreas para cada período citado.

Na área Norte, para o período de janeiro a fevereiro de 2019, o valor máximo de salinidade, comparando as estações de coleta, foi de 37,48 PSU e o valor mínimo de 34,41 PSU. Já o valor máximo para o período de abril de 2019 foi de 39,61 PSU e o mínimo de 34,33 PSU. O primeiro período supracitado apresentou menor variação entre as médias, 35,20 PSU a 36,12 PSU, enquanto o segundo apresentou maior amplitude 35,0 PSU e 37,12 PSU.

A área Centro apresentou o valor máximo de 39,23 PSU, mínimo de 33,85psu e média variando de 35,00 PSU a 36,32 PSU.

Já a área Sul, com maior número de estações em um mesmo período, apresentou valor máximo de 38,21 PSU, mínimo de 34,19 PSU e médias entre 35,10 a 37,12 PSU.

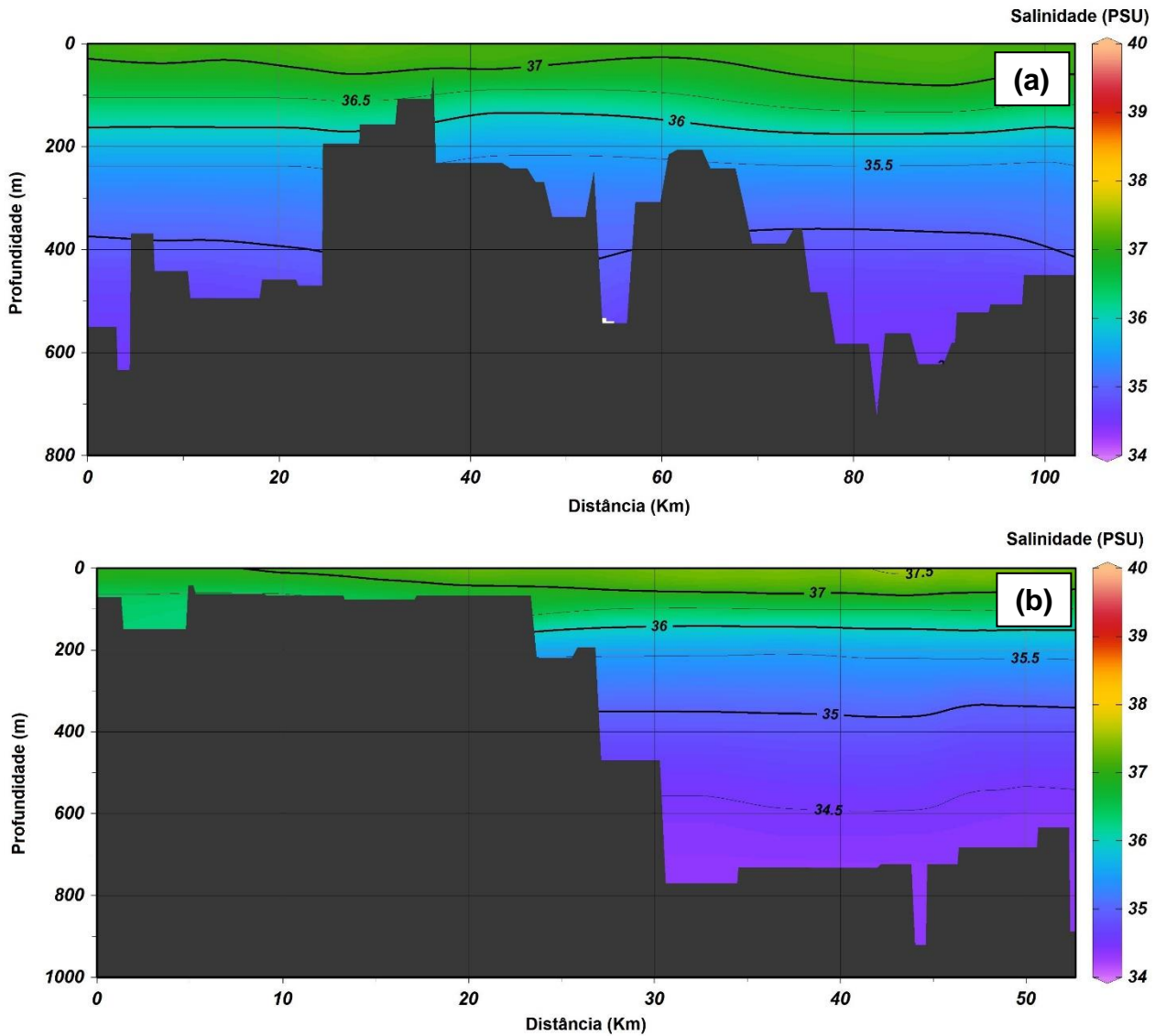


Figura IV.1.3.2-1 – Seção vertical de salinidade da área Norte: a) janeiro-fevereiro de 2019 e b) abril de 2019.

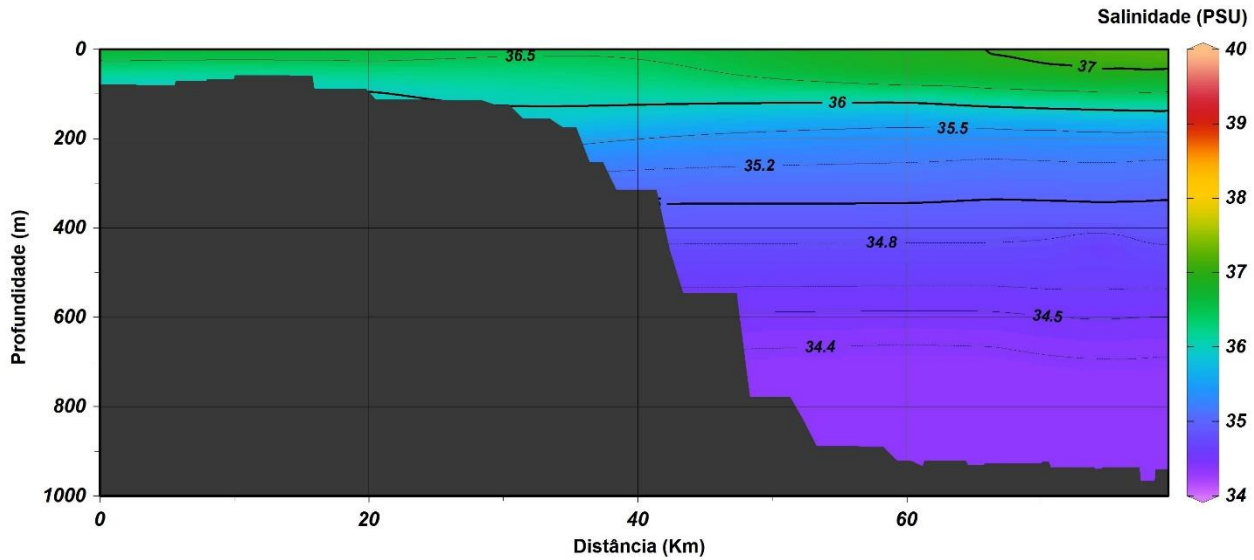


Figura IV.1.3.2-2 – Seção vertical de salinidade da área Centro no período de abril de 2019.

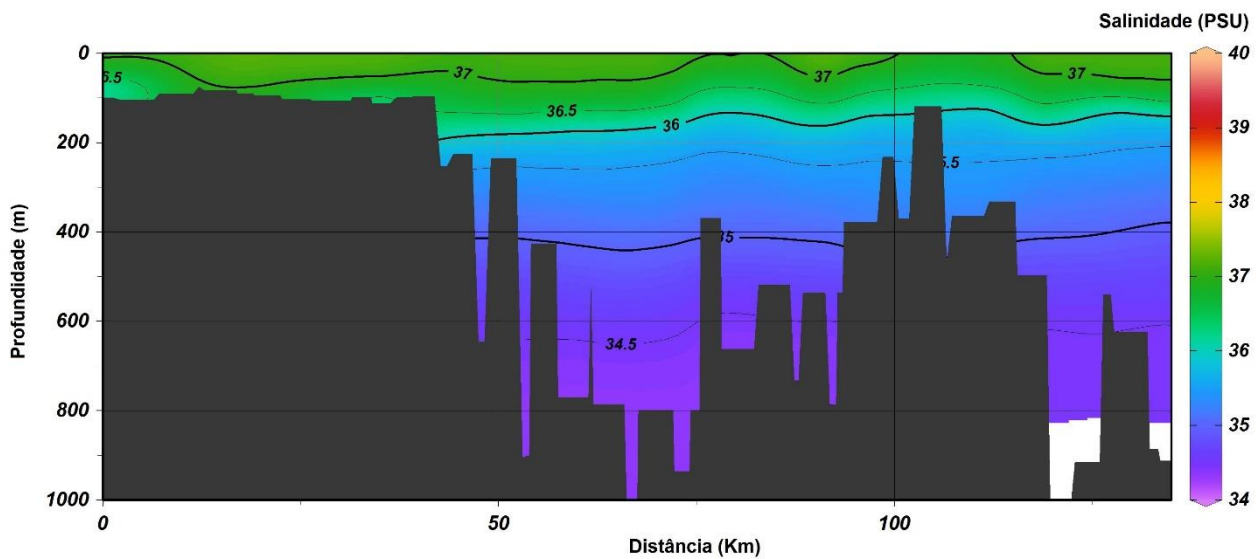


Figura IV.1.3.2-3 – Seção vertical de salinidade da área Sul no período de março de 2019.

Tabela IV.1.3.2-1 – Estatística básica de dados de salinidade para cada estação na área Norte – período de janeiro/fevereiro de 2019

Estação	N° observações	Valor Máximo (PSU)	Valor médio (PSU)	Valor mínimo (PSU)	Desvio Padrão (PSU)
C400N05	283	37,34	36,01	35,07	0,78
C400N12	326	37,19	36,08	35,04	0,74
C700N06	685	37,28	35,40	34,41	0,95
T400N01	369	37,33	35,81	34,97	0,75
T400N10	404	37,48	35,90	35,01	0,79
T400N12	366	37,37	36,12	35,11	0,74
T700N25	595	37,09	35,20	34,42	0,73
T700N17	556	37,40	35,37	34,48	0,84
T700N07	572	37,14	35,29	34,46	0,78

Tabela IV.1.3.2-2 – Estatística básica de dados de salinidade para cada estação na área Norte – período de abril de 2019

Estação	N° observações	Valor Máximo (PSU)	Valor médio (PSU)	Valor mínimo (PSU)	Desvio Padrão (PSU)
P100N01	65	39,61	37,12	36,53	0,45
P100N02	68	37,29	36,94	36,41	0,32
P100N03	71	37,06	36,83	36,52	0,20
P100N04	87	36,99	36,34	35,87	0,30
P100N05	73	37,09	36,63	36,20	0,31
P100N06	72	37,04	36,69	36,21	0,28
T900N01	851	37,44	35,10	34,35	0,89
T900N02	833	37,44	35,13	34,35	0,89
T900N03	754	38,58	35,06	34,34	0,90
T900N04	778	37,47	35,05	34,35	0,87
T900N05	897	37,45	35,06	34,35	0,88
T900N06	807	37,38	35,00	34,33	0,77

Tabela IV.1.3.2-3 – Estatística básica de dados de salinidade para cada estação na área Centro – período de abril de 2019

Estação	Nº observações	Valor Máximo (PSU)	Valor médio (PSU)	Valor mínimo (PSU)	Desvio Padrão (PSU)
P100C01	87	37,15	36,32	35,78	0,49
P100C02	85	37,10	36,32	35,79	0,51
P100C03	87	37,18	36,24	35,76	0,48
P100C04	87	37,20	36,24	35,75	0,45
P100C05	85	37,13	36,32	35,71	0,47
P100C06	99	36,96	36,31	35,73	0,44
T900C01	715	38,54	35,01	34,32	0,84
T900C02	735	38,65	35,03	34,31	0,84
T900C03	750	38,78	35,02	33,85	1,03
T900C04	679	39,23	35,06	34,32	0,85
T900C05	677	38,93	35,01	34,20	0,82
T900C06	807	37,38	35,00	34,33	0,77
T400C25	289	37,01	35,62	34,96	0,58
T400C17	297	37,12	35,56	34,87	0,62
T400C06	309	37,05	35,56	34,90	0,61
T700C25	595	37,09	35,21	34,44	0,73
T700C12	617	36,98	35,31	34,45	0,73

Tabela IV.1.3.2-4 – Estatística básica de dados de salinidade para cada estação na área Sul – período de março de 2019

Estação	Nº Observações	Valor Máximo (PSU)	Valor médio (PSU)	Valor mínimo (PSU)	Desvio Padrão (PSU)
T400S25	385	37,22	35,82	35,15	0,10
T400S17	325	37,12	35,85	35,17	0,55
T400S05	339	37,30	35,83	35,05	0,73
T700S01	628	37,29	35,40	34,41	0,91
T700S12	513	37,35	35,46	34,40	0,95
T700S23	528	37,43	35,56	34,37	0,98
C700S01	597	37,31	35,21	34,19	0,84
C700S09	502	37,09	35,22	34,34	0,73
C700S17	583	37,06	35,10	34,33	0,23

Estação	N° Observações	Valor Máximo (PSU)	Valor médio (PSU)	Valor mínimo (PSU)	Desvio Padrão (PSU)
PC100S02-0	86	37,22	36,52	35,53	0,60
P100S01	96	37,45	36,92	35,84	0,43
P100S02	105	37,53	36,82	35,67	0,58
P100S03	97	37,30	36,91	35,80	0,51
P100S04	91	37,30	37,04	36,03	0,34
P100S05	93	37,33	37,12	36,34	0,26
P100S06	92	37,32	36,75	36,55	0,21
T900S01	809	37,87	35,21	34,31	0,91
T900S02	833	37,88	35,22	34,56	0,93
T900S03	852	37,26	35,25	34,29	0,91
T900S04	821	38,21	35,20	34,28	0,91
T900S05	810	37,83	35,21	34,32	0,92
T900S06	753	37,24	35,21	34,31	0,93

IV.1.3.3 – Oxigênio Dissolvido (OD)

Os dados de oxigênio dissolvido estão apresentados em seções verticais para as áreas Norte – janeiro/fevereiro e abril de 2019 (Figura IV.1.3.3-1), Centro – abril de 2019 (Figura IV.1.3.3-2) e Sul – março de 2019 (Figura IV.1.3.3-3). A Tabela IV.1.3.3-1, a Tabela IV.1.3.3-2, a Tabela IV.1.3.3-3 e a Tabela IV.1.3.3-4 apresentam os valores máximos, mínimos, médios e o desvio padrão de OD, respectivamente, observados em cada estação nessas áreas para cada estação de coleta e período citado.

Na área Norte para o período de janeiro a fevereiro de 2019, o valor máximo de OD, comparando as estações de coleta, foi de 6,89 mg/L e o mínimo de 6,08 mg/L e o valor máximo para o período de abril de 2019 foi de 6,87 mg/L e o mínimo de 6,06 mg/L. O primeiro período supracitado apresentou menor variação entre as médias, 6,28 a 6,48 mg/L, enquanto o segundo apresentou maior amplitude 6,26 a 6,55 mg/L.

A área Centro apresentou o valor máximo de 6,96 mg/L, mínimo de 6,13 mg/L e média variando de 6,24 a 6,60 mg/L.

Já a áreas Sul, com maior número de estações em um mesmo período, apresentou valor máximo de 6,88 e mínimo de 6,11 mg/L e médias entre 6,15 e 6,57 mg/L.

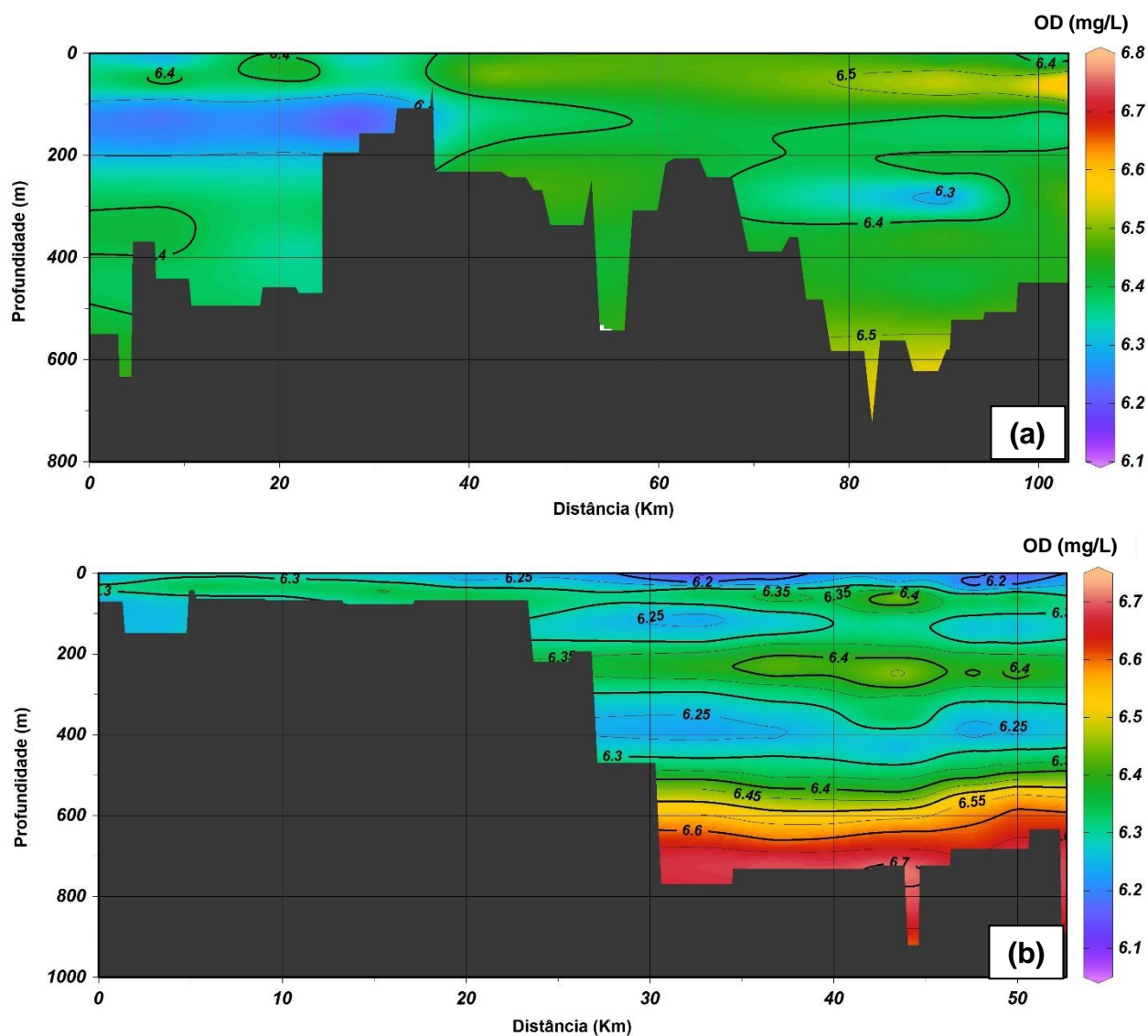


Figura IV.1.3.3-1 – Seção vertical de oxigênio dissolvido da área Norte: a) janeiro-fevereiro de 2019 e b) abril de 2019.

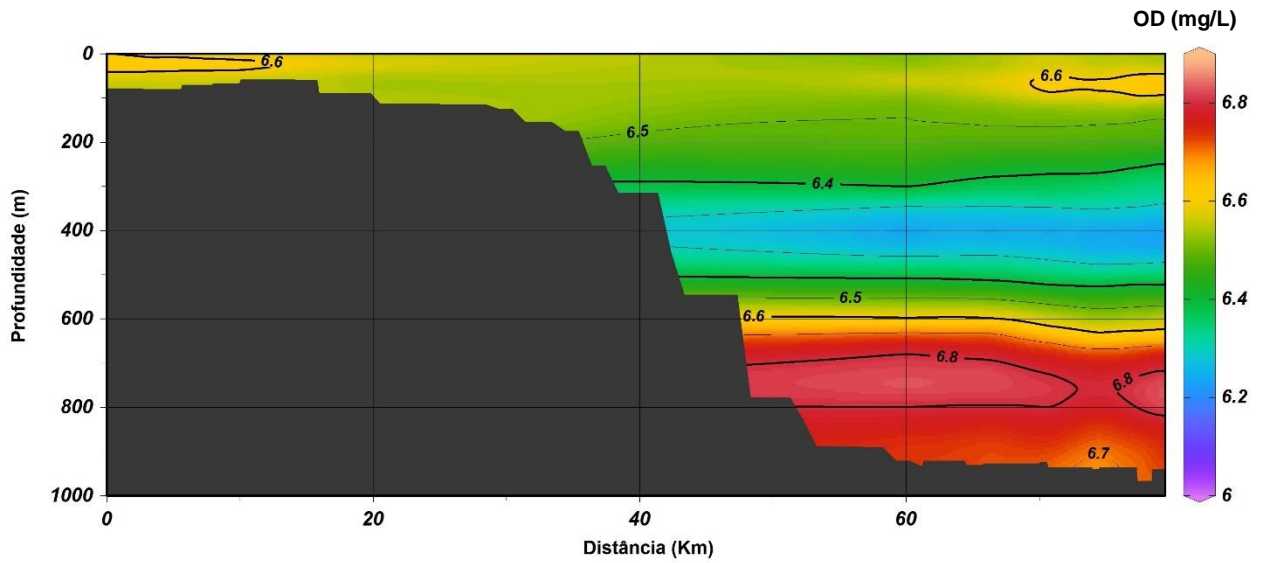


Figura IV.1.3.3-2 – Seção vertical de oxigênio dissolvido da área Centro no período de abril de 2019.

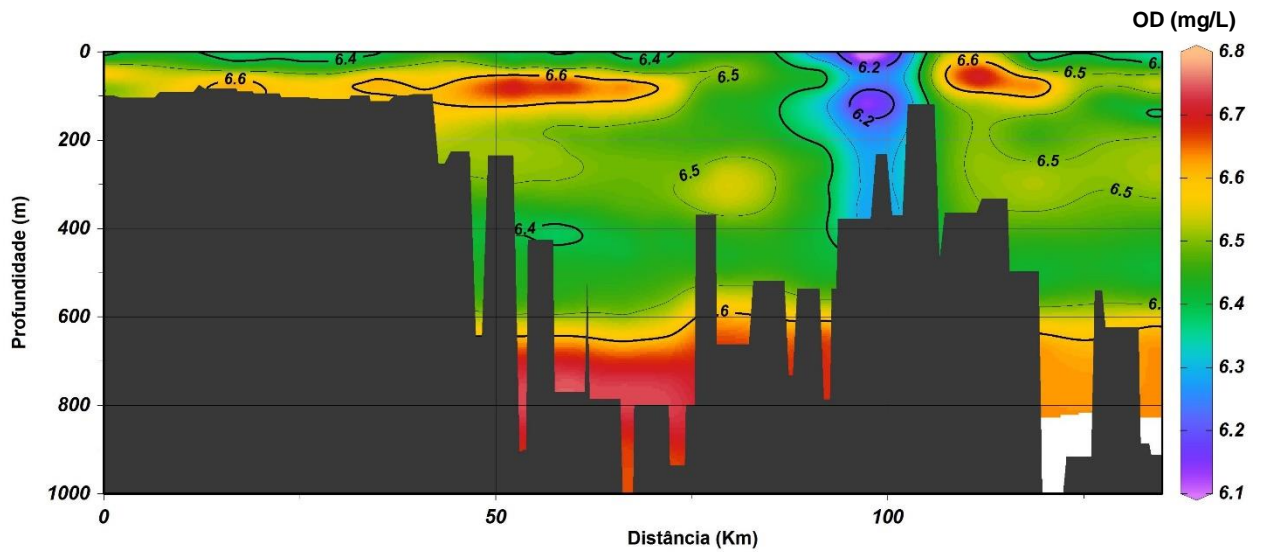


Figura IV.1.3.3-3 – Seção vertical de oxigênio dissolvido da área Sul no período de março de 2019.

Tabela IV.1.3.3-1 – Estatística básica de dados de OD para cada estação na área Norte – período de janeiro/fevereiro de 2019

Estação	N° observações	Valor Máximo (mg/L)	Valor médio (mg/L)	Valor mínimo (mg/L)	Desvio Padrão (mg/L)
C400N05	283	6,89	6,40	6,21	0,14
C400N12	326	6,57	6,48	6,12	0,15
C700N06	685	6,75	6,44	6,08	0,13
T400N01	369	6,66	6,46	6,32	0,07
T400N10	404	6,65	6,33	6,20	0,14
T400N12	366	6,66	6,28	6,10	0,11
T700N25	595	6,76	6,42	6,96	0,10
T700N17	556	6,74	6,38	6,25	0,13
T700N07	572	6,50	6,39	6,15	0,12

Tabela IV.1.3.3-2 – Estatística básica de dados de OD para cada estação na área Norte – período de abril de 2019

Estação	N° observações	Valor Máximo (mg/L)	Valor médio (mg/L)	Valor mínimo (mg/L)	Desvio Padrão (mg/L)
P100N01	65	6,52	6,28	6,14	0,12
P100N02	68	6,52	6,33	6,20	0,10
P100N03	71	6,45	6,32	6,21	0,07
P100N04	87	6,51	6,28	6,20	0,08
P100N05	73	6,52	6,34	6,21	0,11
P100N06	72	6,50	6,26	6,18	0,08
T900N01	851	6,71	6,42	6,06	0,18
T900N02	833	6,73	6,43	6,12	0,16
T900N03	754	6,74	6,47	6,15	0,17
T900N04	778	6,72	6,44	6,08	0,88
T900N05	897	6,73	6,46	6,12	0,18
T900N06	807	6,87	6,55	6,17	0,20

Tabela IV.1.3.3-3 – Estatística básica de dados de OD para cada estação na área Centro – período de abril de 2019

Estação	Nº observações	Valor Máximo (mg/L)	Valor médio (mg/L)	Valor mínimo (mg/L)	Desvio Padrão (mg/L)
P100C01	87	6,80	6,57	6,46	0,11
P100C02	85	6,80	6,60	6,46	0,10
P100C03	87	6,85	6,58	6,45	0,10
P100C04	87	6,89	6,59	6,40	0,13
P100C05	85	6,75	6,60	6,31	0,12
P100C06	99	6,76	6,51	6,30	0,11
T900C01	715	6,96	6,54	6,14	0,23
T900C02	735	6,84	6,54	6,17	0,20
T900C03	750	6,87	6,52	6,16	0,20
T900C04	679	6,93	6,54	6,17	0,21
T900C05	677	6,85	6,55	6,13	0,21
T900C06	807	6,89	6,55	6,17	0,20
T400C25	289	6,70	6,40	6,23	0,10
T400C17	297	6,72	6,40	6,23	0,10
T400C06	309	6,70	6,42	6,27	0,09
T700C25	595	6,76	6,42	6,21	0,10
T700C12	617	6,47	6,24	6,31	0,10

Tabela IV.1.3.3-4 – Valores estatísticos de dados de OD para cada estação na área Sul – período de março de 2019

Estação	Nº observações	Valor Máximo (mg/L)	Valor médio (mg/L)	Valor mínimo (mg/L)	Desvio Padrão (mg/L)
T400S25	385	6,72	6,15	6,26	0,14
T400S17	325	6,75	6,57	6,30	0,14
T400S05	339	6,67	6,48	6,22	0,09
T700S01	628	6,78	6,49	6,12	0,14
T700S12	513	6,80	6,50	6,20	0,14
T700S23	528	6,79	6,48	6,19	0,12
C700S01	597	6,72	6,54	6,24	0,12
C700S09	502	6,71	6,52	6,33	0,11
C700S17	583	6,77	6,53	6,26	0,12
PC100S02-0	86	6,82	6,49	6,22	0,20

Estação	Nº observações	Valor Máximo (mg/L)	Valor médio (mg/L)	Valor mínimo (mg/L)	Desvio Padrão (mg/L)
P100S01	96	6,83	6,52	6,27	0,20
P100S02	105	6,80	6,56	6,31	0,19
P100S03	97	6,77	6,43	6,27	0,17
P100S04	91	6,75	6,48	6,27	0,18
P100S05	93	6,88	6,52	6,28	0,21
P100S06	92	6,84	6,46	6,25	0,25
T900S01	809	6,80	6,55	6,26	0,14
T900S02	833	6,76	6,55	6,11	0,16
T900S03	852	6,74	6,54	6,27	0,15
T900S04	821	6,80	6,55	6,29	0,15
T900S05	810	6,78	6,56	6,24	0,17
T900S06	753	6,80	6,56	6,26	0,16

IV.1.3.4 – Caracterização Termohalina

Com o intuito de determinar as características termohalinas a partir dos dados coletados na campanha, diagramas T-S são apresentados para a área Norte (Figura IV.1.3.4-1 e Figura IV.1.3.4-2), Centro (Figura IV.1.3.4-3) e Sul (Figura IV.1.3.4-4), com a identificação das massas d'água correspondentes a cada faixa.

Na área Norte, a ACAS apresentou em menor profundidade no período de abril de 2019, em torno de 200 m, enquanto no período de janeiro/fevereiro de 2019 em torno de 300 m. A AT apresentou a mesma profundidade em ambos os períodos 110 m e, devido às maiores profundidades de coleta, a AIA só foi identificada no período de abril de 2019, acima de 830 m.

Na área Centro, a ACAS foi identificada em menor profundidade em comparação a área Norte, cerca de 150 m, a AT em cerca de 100 m e a AIA em profundidade superior 840 m.

Já na área Sul, a ACAS e a AT foram identificadas em profundidades maiores, 300 e 160 m, respectivamente, e a AIA em cerca de 800 m de profundidade.

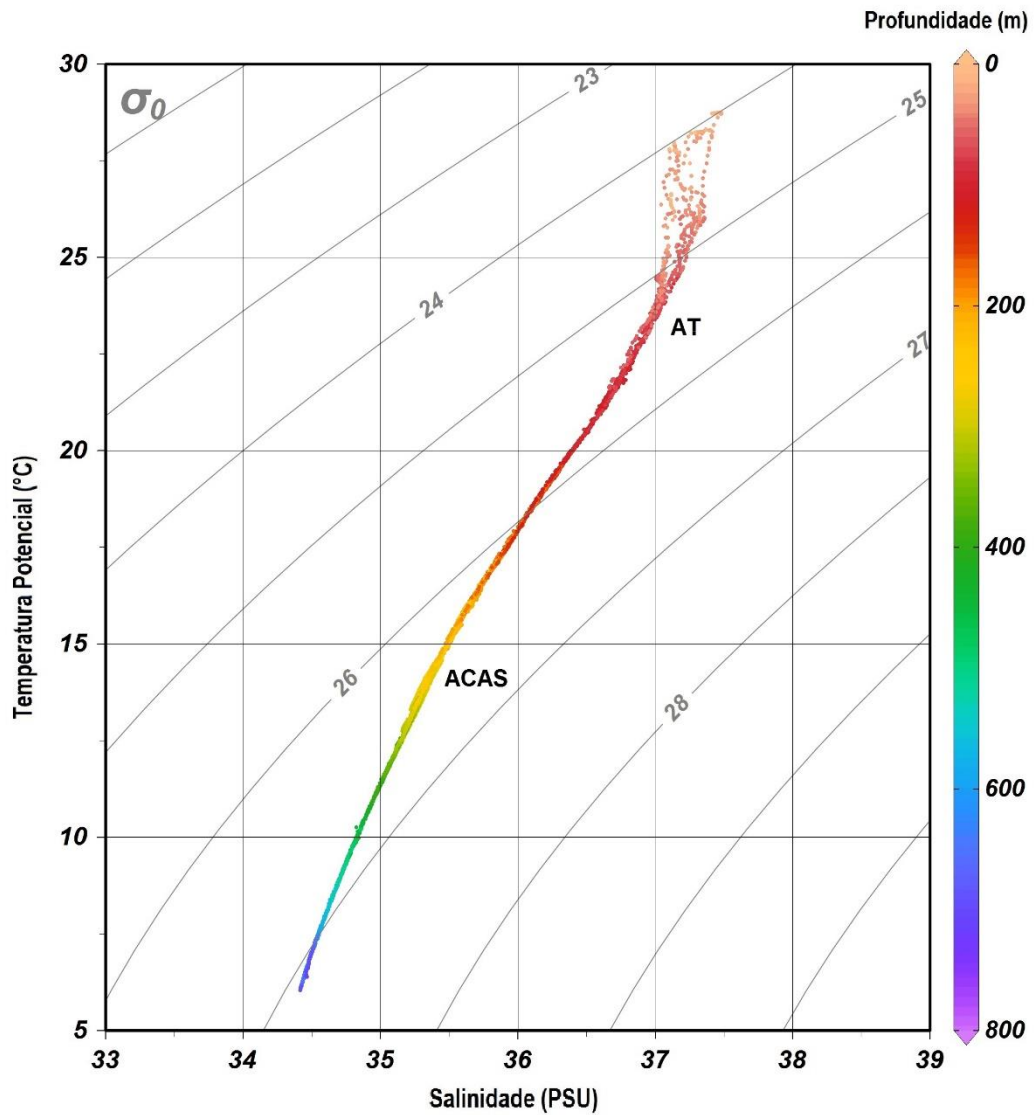
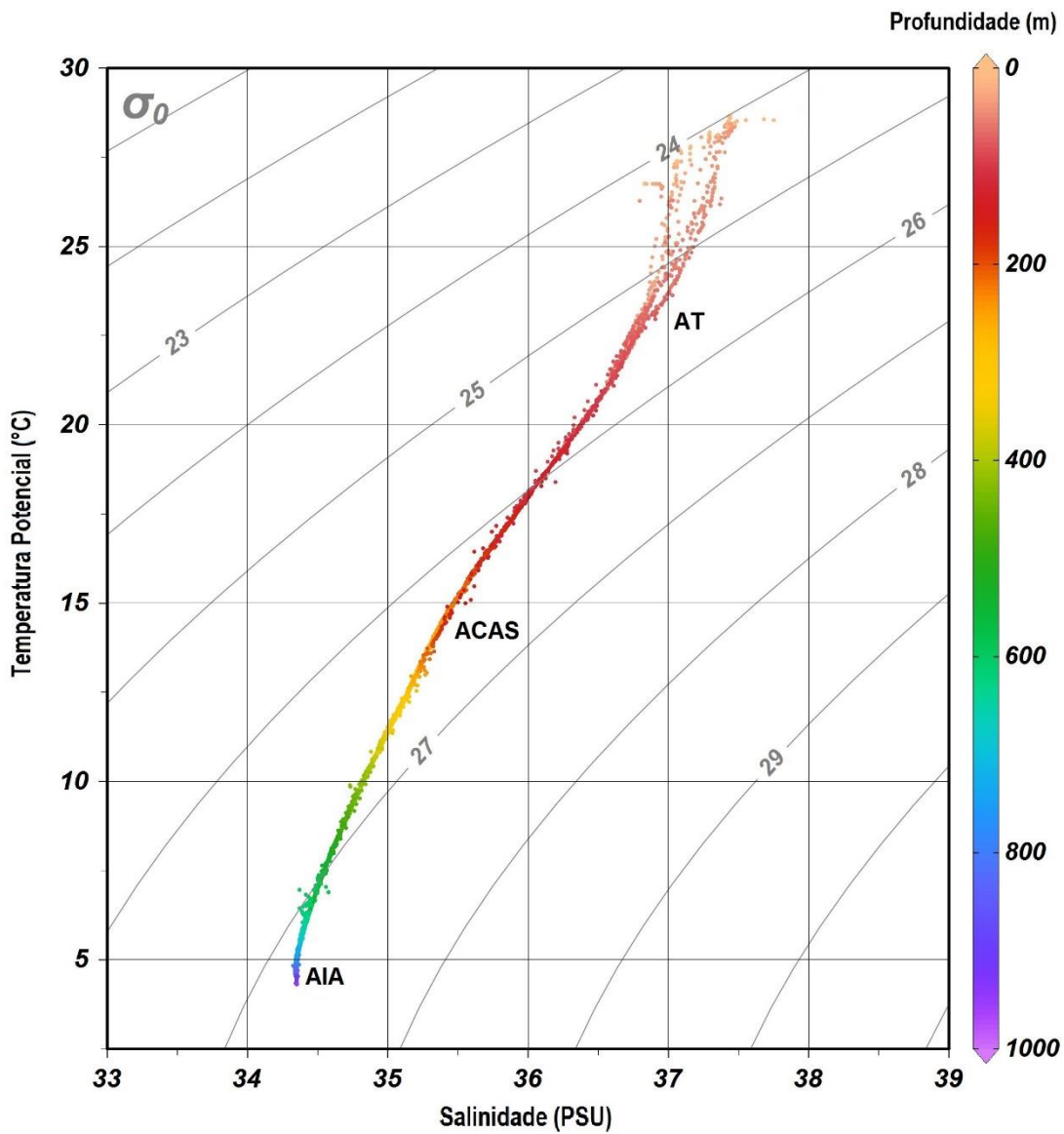


Figura IV.1.3.4-1 – Diagrama T-S para a área Norte no período de janeiro/fevereiro de 2019.



b)

Figura IV.1.3.4-2 – Diagrama T-S para a área Norte no período de abril de 2019.

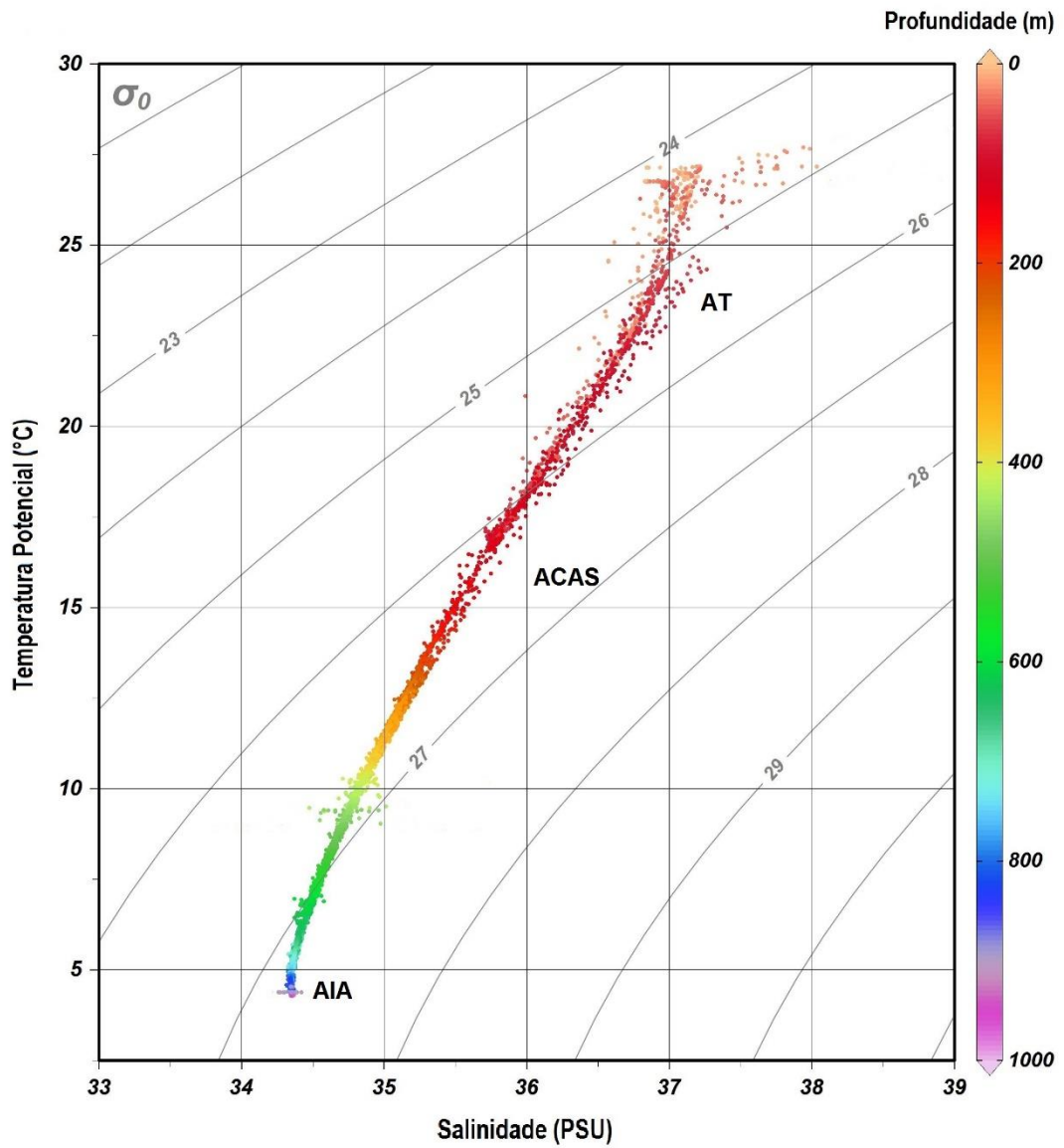


Figura IV.1.3.4-3 – Diagrama T-S para a área Centro no período de abril de 2019.

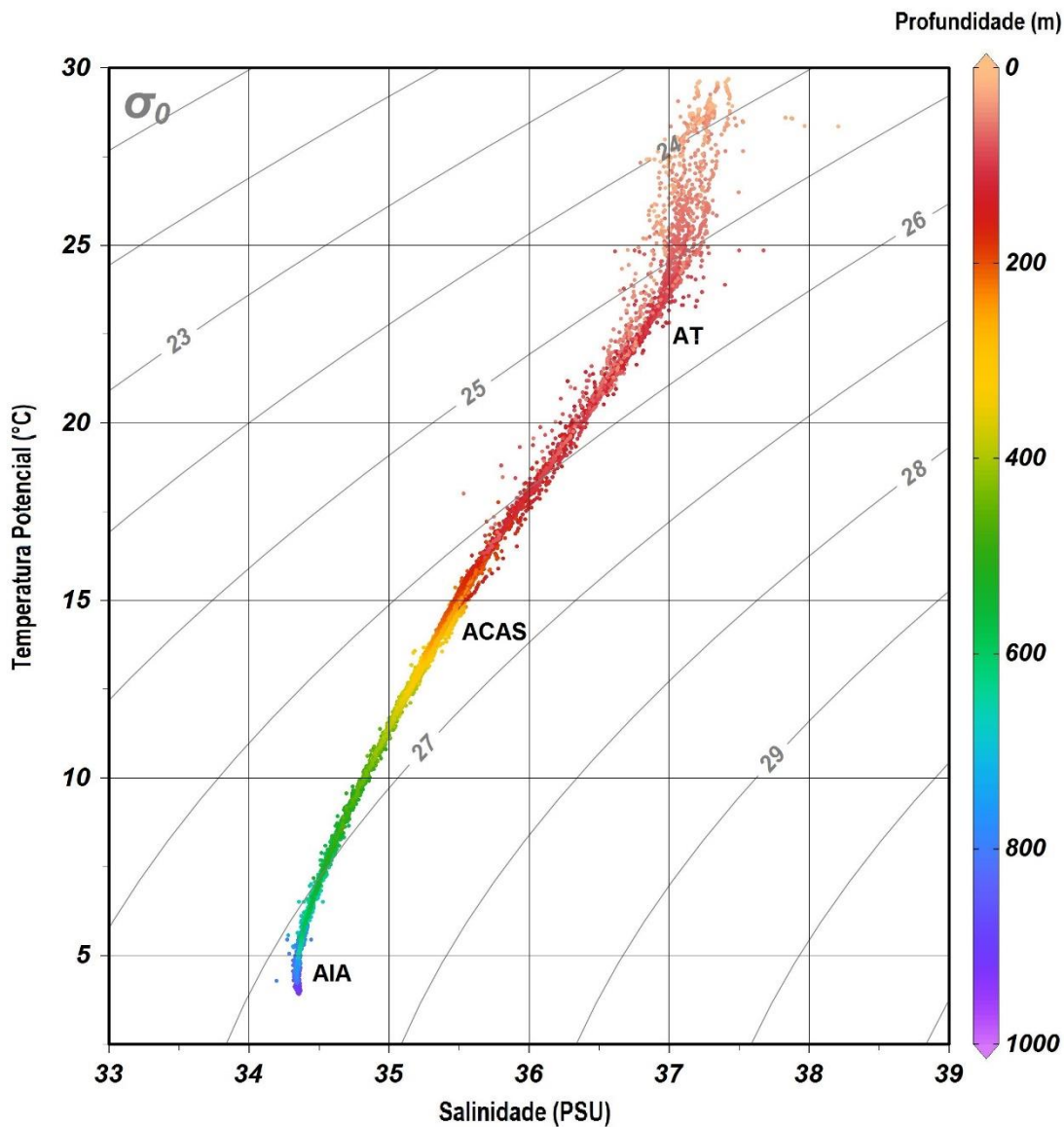


Figura IV.1.3.4-4 – Diagrama T-S para a área Sul no período de março de 2019.

IV.1.4 – DISCUSSÃO

Em todas as áreas, Norte, Centro e Sul, foram identificadas três massas d'água em suas profundidades características: a Água Tropical (AT), Água Central do Atlântico Sul (ACAS) e Água Intermediária Antártica (AIA).

A AT é caracterizada por temperatura maior que 20°C e salinidade superior a 36,0 PSU (EMILSON, 1961), é encontrada na bacia oceânica, sem influência da área costeira e normalmente se estende até 200 m de profundidade. A ACAS é caracterizada por temperatura entre 6 e 20°C e salinidade entre 34,6 e 36 PSU (MIRANDA, 1985), situa-se entre 100 e 800 m de profundidade e é originada na convergência subtropical do Atlântico Sul. A AIA é caracterizada por temperatura de 3 a 6°C e salinidade de 34,2 a 34,6 PSU, situa-se entre 500 e 1500 m de profundidade (SILVEIRA, et al., 2000) e se apresenta com a menor salinidade no diagrama TS.

Observando a distribuição de oxigênio dissolvido, são verificados pequenos centros de maior disponibilidade isolados em subsuperfície na área Sul, provavelmente associado a dinâmica local (alta produtividade primária na zona fótica) e valores elevados em maior profundidade condizentes com a característica da massa d'água presente (AIA), que possui um valor máximo de oxigênio dissolvido associado (SILVEIRA *et al.*, 2016).

IV.1.5 – CONCLUSÕES

Atentando para as características termohalinas da água do mar, é possível concluir que a distribuição vertical é condizente com a caracterização do fluxo de corrente, que as transporta, verificado para a região da Bacia de Campos. Tal caracterização destaca a ocorrência de águas quentes e salinas oriundas da região tropical, na superfície; águas com forte gradiente de temperatura que flui na região da pycnoclina, visto sua formação por afundamento na zona de convergência subtropical; e, por fim, águas frias e com menores valores de salinidade em maiores profundidades, em função de sua formação na convergência subantártica. Em relação ao padrão de oxigênio dissolvido apresentado, conclui-se que segue as características esperadas nas profundidades amostradas.

IV.1.6 – REFERÊNCIAS

Böebel, O., Davis, R.E., Ollitaut, M., Peterson, R.G., Richardson, P.L., Schmid, C., Zenk, W. 1999. The intermediate depth circulation of the Western South Atlantic. *Geophysical Research Letters*. 26(21): 3329-3332.

Castro Filho, B.M., Pereira, A.F, Calori, A., Neto, H.F., Paschoal, G. C. A., Silveira, I. C.A., Amor, C.C. Correntes e Massas de água na plataforma continental. In: Martins, R. P., Grossmann-Matheson, G. S. *Caracterização Ambiental Regional da Bacia de Campos, Atlântico Sudoeste*. Elsevier, 2016. p.191-254.

Emilson, I. 1961. The shelf and coastal waters off Southern Brazil. *Bolm. Inst. Oceanogr.*, S.Paulo, 17(2):1010-112.

GEBCO – *Global Bathymetric Charts of the Ocean*, <https://www.gebco.net/>.

Miranda, L. B. de 1985. Forma de correlação T-S de massa de água das regiões costeira e oceânica entre o Cabo de São Tomé (RJ) e a Ilha de São Sebastião (SP), Brasil. *Bolm Inst. oceanogr.*, S. Paulo, 33(2):105-119.

Reid, J.L. 1989. On the total geostrophic flow of the South Atlantic Ocean: flow patterns, tracers, and transports. *Progress in Oceanography*. 23(3): 149-244.

Silveira, I. C. A. da; Schimidt, A. C. K.; Campos, E. J. D.; Godoi, S. S. de & Ikeda, Y., 2000. A Corrente do Brasil ao largo da Costa Leste Brasileira. *Rev. Bras. Oceanogr.*. 48(2):171-183.

Silveira, I.C.A. da, Neto, H.F., Costa, T. P., Schimidt, A. C. K., Pereira, A.F, Castro, B.M, Soutelino, R. G., Grossmann-Matheson. *Caracterização da oceanografia física do talude continental e região oceânica da Bacia de Campos*. In: MARTINS, R. P., Grossmann-Matheson, G. S. *Caracterização Ambiental Regional da Bacia de Campos, Atlântico Sudoeste*. Elsevier, 2016. p.135-189.

Viana, A.R., Faugères, J.C., Kowsmann, R.O., Lima, J.A.M., Caddah, L.F.G., Rizzo, J.G. 1998. Hydrology, morphology and sedimentology of the Campos continental margin, offshore Brazil. *Sedimentary Geology*. 115(1/4): 133-157.

IV.2 – SENSORIAMENTO REMOTO

Coordenador

Fernando Mattos Santana Batista

Oceanógrafo

PETROBRAS/SUB/SSUB/GDSO/STGO

Gerência de Suporte Técnico de Geodesia e Oceanografia

E-mail: fernandomsb@petrobras.com.br

Equipe

Patrícia Baldasso

Oceanógrafa – AMBILEV

SUB/SSUB/GDSO/STGO

Gerência de Suporte Técnico de Geodesia e Oceanografia

E-mail: patricia.baldasso.AMBILEV@petrobras.com.br

RESUMO

As condições de temperatura da superfície do mar (TSM), precipitação acumulada (PPT) e concentração de clorofila-a na superfície do mar (CSM) foram analisadas através de produtos de sensoriamento remoto com o objetivo de investigar possíveis fenômenos oceanográficos de meso-escala atuantes na Bacia de Campos no período em que ocorreram coletas de água nas pernasas 6 e 7 do Programa de Monitoramento Ambiental Regional da Bacia de Campos – PMAR-BC. O comportamento regional da bacia foi analisado através dos campos médios quinzenais ou, no caso da precipitação, acumulados quinzenais, elaborados a partir dos dados diários correspondentes ao período de duração de cada perna. As regiões dos polígonos, onde ocorreram as coletas de água, foram avaliadas através dos campos médios e acumulados semanais, além de séries temporais baseadas na estação central de cada polígono. Para tal, foram utilizadas as imagens diárias de TSM e PPT e os mosaicos de sete dias para CSM. Apesar da perna 7 ter sido realizada na quinzena mais chuvosa, nenhum polígono foi afetado por volume significativo de precipitação, sendo 14,72 mm o maior volume acumulado observado no polígono T900S. As amostras coletadas em P100S e P100C ocorreram em dias secos. Os campos médios de TSM evidenciaram a presença da Corrente do Brasil (CB) com temperaturas variando entre 27 e 28°C em ambas as pernasas. Entretanto a frente térmica esteve mais marcada durante a perna 6, possibilitando observar o meandramento da corrente com projeção da frente termal em direção ao oceano aberto ao largo dos Cabos de São Tomé e Frio, resultando na menor temperatura registrada (26,71°C) no polígono da plataforma central (P100C). Durante a perna 7 observou-se a presença de águas mais frias nas costas dos estados do Espírito Santo e Rio de Janeiro. Em relação à clorofila-a, os campos médios mostraram a presença de águas mais enriquecidas na região costeira e águas mais homogêneas e oligotróficas na região profunda. Sendo que a isóbata de 100 m já faz parte da região com menor disponibilidade de nutrientes e, conseqüentemente, biologicamente menos produtiva. As médias da CSM nos pontos de referência dos polígonos variaram entre 0,093 e 0,135 mg/m³ e o maior valor observado foi de 0,144 mg/m³ no polígono T900S.

IV.2.1 – INTRODUÇÃO

A Bacia de Campos (BC) é uma bacia sedimentar localizada na costa brasileira que contempla uma área superior a 100 mil km² até a cota batimétrica de 3.500 m. Esta bacia está situada entre os paralelos de 20,5°S (alto de Vitória) e 24°S (alto de Cabo Frio) (Viana, et al., 1998). A determinação dos limites da BC corresponde à fisiografia da área: o limite norte é marcado pela presença da Cadeia Vitória-Trindade e o limite sul é caracterizado especificamente pela mudança de orientação da linha de costa e, conseqüentemente, das isóbatas próximo a Cabo Frio (Figura IV.2.1-1).

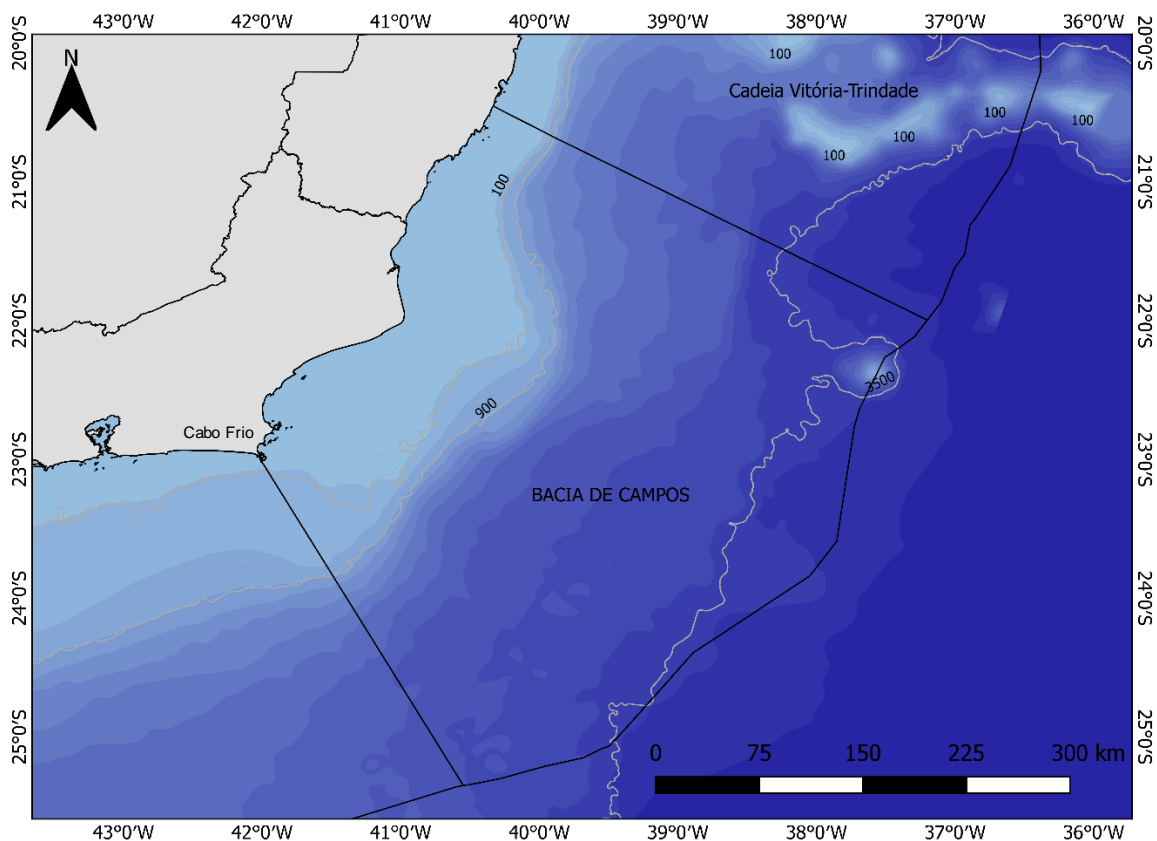


Figura IV.2.1-1 – Mapa da Bacia de Campos.

Os sistemas meteorológicos em escala sinótica que influenciam a região de estudo são principalmente a Alta Subtropical do Atlântico Sul (ASAS), sistemas frontais e altas pressões transientes.

A ASAS é um centro de alta pressão semipermanente sobre o oceano Atlântico Sul que se estende da superfície oceânica à tropopausa (mais de 10 km de extensão vertical), e consiste de extensa área (alguns milhares de quilômetros) de ar subsidente seco e quente, com circulação em níveis superficiais no sentido anti-horário. Sua formação deve-se à circulação do ar em escala planetária, ou seja, à circulação de Hadley (Moran e Morgan, 1994; Hastenrath, 1985). A variação sazonal na posição da ASAS é caracterizada por uma oscilação longitudinal, no sentido leste-oeste, situando-se mais a leste entre outubro e abril, e mais a oeste entre julho e setembro. O fortalecimento da ASAS está associado à sua migração para o sul, com sua pressão central variando entre 1021 hPa de dezembro a outubro e 1026 hPa em agosto (Mächel *et al.*, 1998).

A posição e o grau de intensidade da ASAS determina o padrão dos ventos ao longo do ano, que é caracterizado pela alternância entre ventos predominantes de nordeste, consequentes da atuação da ASAS, e ventos ocasionais, porém intensos, de sul-sudoeste, originados por giros ciclônicos de baixa pressão e conhecidos como Ciclones Extratropicais (CE). Os ciclones extratropicais são regiões de baixa pressão que se formam, intensificam e decaem dentro da zona de médias latitudes. A maioria dos ciclones extratropicais produz ventos fortes e chuvas de moderadas a torrenciais.

Uma região de alta pressão, chamada de anticiclone polar, alta migratória pós-frontal ou alta transiente, vem na retaguarda dos sistemas frontais, acompanhando o ciclone extratropical ou frente fria associada. Este sistema desloca-se e propaga-se para leste/nordeste, possui núcleo frio e, ocasionalmente, migra em direção às zonas intertropicais. A atuação destes sistemas na região, após a passagem de uma frente fria, pode ocasionar quedas de temperatura e aumentos de precipitação, gerando também ventos e mar de sudeste, causando situação de mau tempo (Gan e Rao, 1991).

Em relação às características oceanográficas, a Bacia de Campos está inserida na borda oeste do grande giro anticiclônico do Atlântico Sul, que é composto, segundo Stramma e England (1999), pela Corrente do Brasil (CB) na borda oeste,

pela Corrente do Atlântico Sul (CSE) em sua porção sul, à leste pela corrente de Benguela (CBe) e ao norte pela Corrente Sul Equatorial (CSE).

A CB é formada a partir da bifurcação do ramo sul da Corrente Sul Equatorial (BiCSE) (Stramma, 1991) que atinge a margem continental brasileira. Entretanto, segundo Stramma e England (1999), os diferentes níveis da CSE atingem a costa em latitudes distintas. Ainda segundo os mesmos autores, para entender melhor a estrutura da CB, é preciso saber que a margem continental brasileira pode ser dividida em três camadas principais: a faixa dos primeiros 150 m da coluna d'água é denominada camada superficial; o segundo nível, entre 150 e 500 m, é nomeado picnoclina; e entre 500 e 1000 m está a camada intermediária. Em cada um desses níveis encontram-se diferentes massas d'água: Água Tropical (AT); Água Central do Atlântico Sul (ACAS) e Água Intermediária Antártica (AIA), respectivamente.

Assim sendo, em 15°S, níveis superficiais do ramo sul da CSE atingem a costa brasileira e bifurcam-se, dando origem à CB fluindo para sul com espessura de aproximadamente 150 m. Na latitude de 20°S, a CB recebe mais aporte da BiCSE, porém em níveis picnoclínicos e, dessa maneira, tem seu volume aumentado e passa a ocupar 500 m da coluna d'água. Apenas ao sul de Cabo Frio, em aproximadamente 25°S, é que a CB recebe outro aporte de água da BiCSE, em níveis intermediários, e passa a fluir para o sul por toda a coluna d'água do oceano superior.

Além da complicada estratificação, a CB apresenta grande dinâmica de mesoescala, dominada por meandros e vórtices, observados na costa sudeste brasileira. Segundo Campos *et al.*, 1995, o meandramento da CB ao largo da Bacia de Campos é devido à mudança de orientação da costa e ao gradiente topográfico do fundo marinho. A CB, ao fluir junto à quebra de plataforma, desloca-se por inércia sobre áreas mais profundas na altura de Cabo Frio, devido à mudança de direção da linha de costa. Como consequência ao estiramento da coluna d'água, a CB adquire vorticidade ciclônica. Ao tentar voltar à profundidade de escoamento associada à sua profundidade, novamente, por inércia, a CB atinge valores topográficos que permitem o achatamento da coluna de água e, conseqüentemente, vorticidade anticiclônica.

Silveira *et al.* (2000) descreveram meandros frontais da CB, ciclônicos e anticiclônicos na Bacia de Campos, ao norte de Cabo Frio e ao largo do Cabo de São Tomé, detectados em imagens de satélites. A instabilidade baroclínica da CB leva à formação de meandros ciclônicos, que podem chegar a se desprender da quebra de plataforma (Silveira *et al.*, 2008).

Campos *et al.* (1995) propõem que os vórtices ciclônicos da CB induzem ressurgência de quebra de plataforma, bombeando ACAS para a plataforma continental na divisa entre as Bacias de Campos e Santos. Este mecanismo, assim como a ressurgência costeira associada aos ventos de nordeste e ao transporte de Ekman, provê nutrientes que criam possibilidade de uma maior produtividade primária, com consequente aumento de biomassa fitoplanctônica.

Segundo Castro *et al.* (2006), além da corrente de contorno oeste atuando próximo à quebra da plataforma, a dinâmica da plataforma continental também é influenciada pelo estresse do vento e pela maré. Durante a primavera, o vento predominante de nordeste favorece a ressurgência costeira especialmente na parte norte e central da plataforma. Entretanto, durante o outono, o vento de sudoeste ocorre em maior frequência e intensidade, mas sem ser predominante, e é responsável por inversões esporádicas na circulação. Como consequência, ocorrem eventos de subsidência, com enfraquecimento da termoclina e o recuo da ACAS em direção à quebra da plataforma (Castro e Miranda, 1998).

IV.2.1.1 – Objetivo Geral

O Programa de Monitoramento Ambiental Regional da Bacia de Campos – PMAR-BC tem como objetivo principal obter sistematicamente informações sobre a qualidade da água, do sedimento e sobre comunidades biológicas comparando as regiões de maior e menor concentração de atividade de exploração e produção na Bacia de Campos, de forma a monitorar estas áreas e, simultaneamente, avaliar as tendências ambientais regionais desta bacia.

IV.2.1.1.1 – Objetivos Específicos

A fim de auxiliar a comparação entre as condições físico-químicas e os produtores primários, o zooplâncton e o ictioplâncton do sistema pelágico, neste capítulo serão avaliadas as variáveis precipitação acumulada (PPT), temperatura da superfície do mar (TSM) e concentração de clorofila-a na superfície do mar (CSM), obtidas por meio de dados e imagens fornecidos por diversos sensores a bordo de satélites. As análises têm como objetivo identificar possíveis fenômenos meteo-oceanográficos atuantes na Bacia de Campos e, mais precisamente, nas regiões escolhidas para monitoramento da água.

IV.2.2 – METODOLOGIAS APLICADAS

Neste capítulo são apresentadas análises de produtos de sensoriamento remoto obtidos em plataformas *online* de distribuição gratuita, como imagens de temperatura da superfície do mar, clorofila-a e estimativa de precipitação. A seguir, serão descritas as fontes de dados utilizadas e as técnicas de análise e interpretação dos resultados.

IV.2.2.1 – Base de Dados

IV.2.2.1.1 – Precipitação (PPT)

Os dados de precipitação foram obtidos junto ao *Global Precipitation Measurement* (GPM), uma rede de satélites para monitoramento de chuva e neve (https://gpm1.gesdisc.eosdis.nasa.gov/opensap/GPM_L3/GPM_3IMERGHHE.06.html). Os satélites que compõem essa rede levam um sistema de radiômetros e radares avançados para medir precipitação do espaço. O sistema é composto de um radar de dupla frequência de bandas Ku/Ka para precipitação e um Imageador de Micro-ondas Multicanal. Além dos satélites, são utilizados dados de estações pluviométricas para calibrar os modelos para estimativa de precipitação.

Os dados compilados dos diversos sensores são ponderados pelo algoritmo *Integrated Multi-satellitE Retrievals for GPM* (IMERG) levando em conta sua resolução temporal e espacial. Como são utilizados tanto sistemas geoestacionários quanto de órbita polar, é possível combinar a ampla cobertura espacial dos satélites polares com a melhor cobertura temporal dos satélites geoestacionários. O produto gerado inicialmente (GPM_3IMERGDE) tem resolução espacial de $0,1^\circ \times 0,1^\circ$ (aproximadamente 10×10 km) e temporal de 30 minutos (Huffman, 2018). Esse produto inicial é utilizado para gerar os demais produtos, diários e mensais, disponibilizados pela Agência Espacial dos Estados Unidos (NASA).

Neste relatório são analisados os campos acumulados diários de precipitação do produto nível 3 *Final Run*, liberado 3,5 meses após o mês de observação, o qual utiliza o algoritmo de pós-processamento mais atual da NASA (v06B) e medições de pluviômetros para correções finais (Huffman, 2019). Os valores de precipitação

se referem ao acumulado entre às 0h e às 23h59 do dia 23 de março ao dia 20 de abril de 2019.

IV.2.2.1.2 – Temperatura da Superfície do Mar (TSM)

Os dados de TSM foram obtidos junto ao banco de dados do projeto *Multi-sensor Ultra-high Resolution Sea Surface Temperature* (MUR SST) (JPL, 2015) da NASA¹. O produto MUR combina três tipos de dados obtidos a partir de satélites: TSM obtida por infravermelho em alta resolução, de aproximadamente 1 km, pelo sensor MODIS; infravermelho com resolução entre 4 e 8,8 km (AVHRR); e sensores de micro-ondas cuja resolução é de 25 km (AMSR-E, Wind Sat e AMSR2).

O conjunto de dados de alta resolução é a principal fonte de informações para os fenômenos de pequena escala no campo final de TSM. Já os dados de resolução média são utilizados devido a sua relativa estabilidade espacial e resolução temporal diária. Por outro lado, os dados de micro-ondas são menos propensos à contaminação por nuvem e vapor de água e são utilizados para reduzir as partes sem dados nas recuperações por infravermelho. Além dos dados de temperatura da superfície do mar por sensoriamento remoto, o conjunto MUR utiliza medições *in situ* de TSM (iQuam) e valores de concentração de gelo (EUMESAT) para melhorar a parametrização da TSM em altas latitudes (Chin *et al.*, 2017).

Todos os dados citados anteriormente são compilados em um produto único diário com resolução nominal de 0,01° x 0,01°. Para a fusão dos dados é utilizada a metodologia *Multi-Resolution Variational Analysis* (MRVA) que possibilita a análise de conjuntos de dados com diferentes escalas espaciais e temporais, atribuindo mais peso aos sensores com melhor resolução. Segundo Chin *et al.* (2017), foram utilizados apenas os dados de TSM do período noturno para reduzir o erro ocasionado pela utilização de vários sensores diferentes.

¹ <https://podaac-pondap.jpl.nasa.gov/pondap/allData/ghrsst/data/GDS2/L4/GLOB/JPL/MUR/v4.1/>

IV.2.2.1.3 – Clorofila na Superfície do Mar (CSM)

Foram avaliados os dados de CSM dos sensores MODIS e VIIRS e, devido a melhor cobertura em relação a nuvens na área de interesse, optou-se por utilizar o segundo. Sendo assim, os dados de CSM utilizados neste relatório foram estimados pelo sensor *Visible and Infrared Imager/Radiometer Suite* (VIIRS), a bordo do satélite Suomi-NPP (<https://oceancolor.gsfc.nasa.gov/data/viirs-snpp/>), que mede a radiância ou reflectância do topo da atmosfera em 22 bandas espectrais, cobrindo do visível ao infravermelho próximo (Schueler *et al.*, 2002). Os dados brutos são calibrados radiometricamente para gerar valores de radiância normalizada referente à superfície marinha e cada imagem passa por algoritmos de correção atmosférica (Gordon e Wang, 1994).

A concentração de clorofila-a próxima à superfície do mar é calculada através de algoritmo que utiliza uma relação empírica derivada de medições *in situ* de clorofila-a e reflectâncias de sensoriamento remoto no espectro do visível na região do azul ao verde. A implementação atual do algoritmo de clorofila emprega o algoritmo padrão de razão de banda OC3V similar ao OC3/OC4 (OCx) utilizado nos dados do sensor MODIS (O'Reilly *et al.*, 1998; O'Reilly *et al.*, 2000), porém com os coeficientes ajustados para as bandas espectrais VIIRS (Wang *et al.*, 2013).

A fim de evitar as lacunas de dados devido a presença de nuvens e poder capturar a dinâmica da cor do oceano que pode ter ocorrido nesses períodos, além dos produtos diários, foram utilizados também os mosaicos elaborados através da média móvel de sete dias. Embora isso aumente a cobertura de dados, também pode suavizar eventos significativos localmente. Ambos os produtos apresentam uma resolução espacial de aproximadamente 750 m.

IV.2.2.2 – Delimitação dos pontos de referência

Conforme descritivo do Capítulo III (item III.3.1 – MÉTODOS DE AMOSTRAGEM), deste relatório, as amostragens do sistema pelágico foram realizadas ao longo de três áreas – Sul, Centro e Norte – na Bacia de Campos. Em cada área foram estabelecidos dois polígonos de 100 km² (20 km x 5 km), sendo um na isóbata de 100 m, localizado na plataforma continental e outro na isóbata de 900 m, localizado no talude (Figura IV.2.2.2-1). Os pontos de referência utilizados

nas análises de séries temporais dos parâmetros de sensoriamento remoto se referem à posição da estação de coleta central realizada dentro de cada área estabelecida.

As coletas *in situ* ocorreram nas pernas 6 e 7, realizadas nos períodos de 23/03 a 06/04/2019 e de 06/04 a 20/04/2019, respectivamente. A Tabela IV.2.2.2-1 indica em qual perna cada polígono foi amostrado, além das datas de início e fim das coletas.

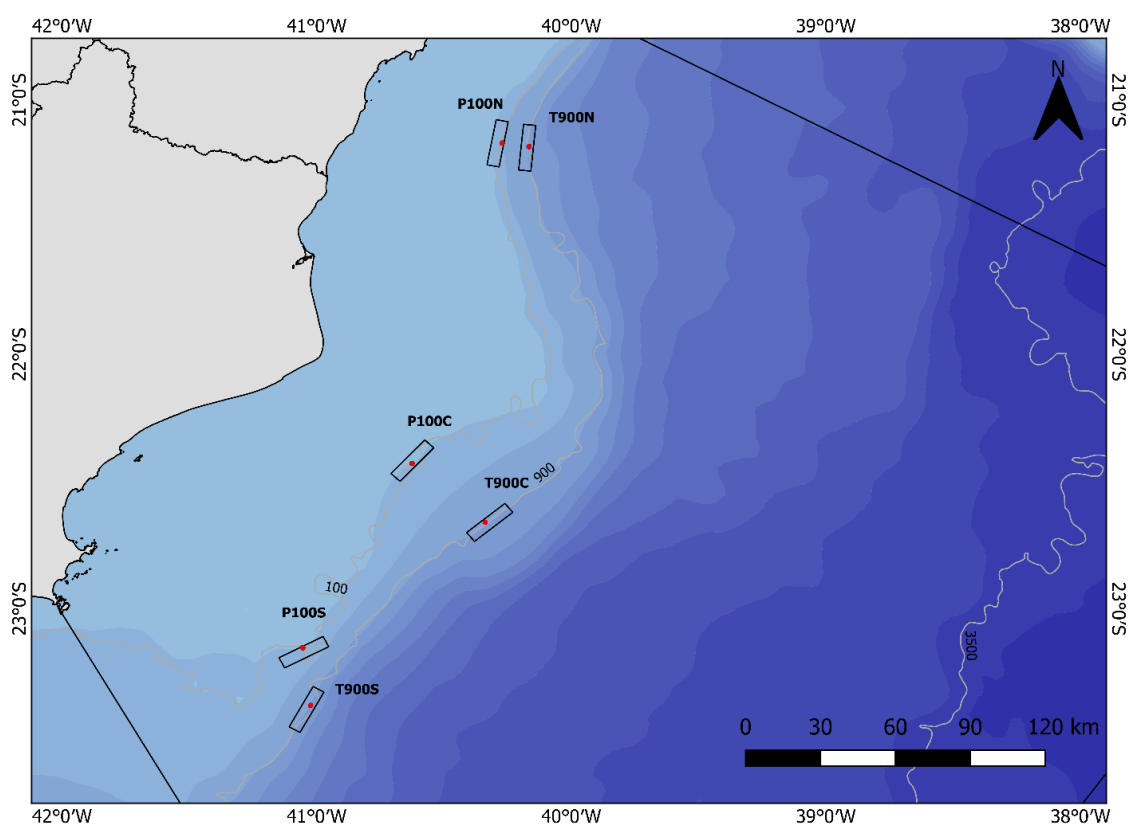


Figura IV.2.2.2-1 – Localização dos polígonos P100S, T900S, P100C, T900C, P100N E T900N nas áreas sul, centro e norte, e nas isóbatas de 100 e 900 m da Bacia de Campos. Os pontos vermelhos indicam a posição das estações de coleta utilizadas como referência para as séries temporais.

Tabela IV.2.2.2-1 – Polígono, pernada, data inicial e final da coleta de dados in situ

Polígono	Compartimento Geomorfológico	Área	Pernada	Data inicial	Data Final
P100S	Plataforma	Sul	6	25/3/19	27/3/2019
T900S	Talude	Sul	6	27/3/19	29/3/2019
P100C	Plataforma	Centro	6	02/4/19	04/4/2019
T900C	Talude	Centro	7	09/4/19	11/4/2019
P100N	Plataforma	Norte	7	16/4/19	18/4/2019
T900N	Talude	Norte	7	14/4/19	15/4/2019

IV.2.2.3 – Análises

A fim de investigar possíveis fenômenos oceanográficos de meso-escala atuantes na Bacia de Campos no período das coletas *in situ*, foram calculados os campos médios quinzenais ou, no caso da precipitação, acumulados quinzenais, correspondentes ao período de duração de cada pernada. Para gerar estes campos médios ou acumulados, foram utilizados os dados diários de precipitação, TSM e CSM. Estas médias e acumulados quinzenais, representando o comportamento regional, são mostrados na seção IV.2.3, junto com os respectivos desvios padrão.

De forma mais detalhada, as regiões de execução dos polígonos foram analisadas através de médias e acumulados semanais. Os campos semanais de precipitação e TSM foram calculados a partir de dados diários, enquanto os de CSM foram calculados a partir dos mosaicos de sete dias.

Além disso, para cada parâmetro, foram geradas séries temporais com duração de uma semana baseadas na estação central de cada polígono. Para tanto, foram utilizados os dados do pixel mais próximo ao ponto em questão. Para as séries temporais de precipitação e temperatura da superfície do mar foram utilizados os dados diários e, para a concentração de clorofila-a, o mosaico de sete dias. Esses valores são apresentados em tabelas no Anexo IV.2.6-1.

IV.2.3 – RESULTADOS E DISCUSSÃO

IV.2.3.1 – Análise regional da Bacia de Campos

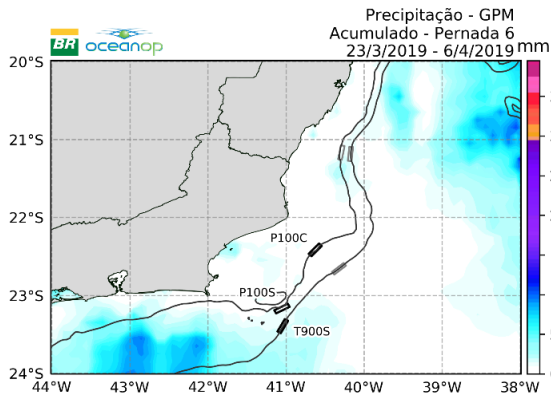
Foram analisados, em escala regional da Bacia de Campos (BC), os campos médios das variáveis ambientais: precipitação, temperatura da superfície do mar e clorofila-a na superfície do mar.

A Figura IV.2.3.1-1 apresenta a precipitação acumulada quinzenal (gráficos superiores) e seu respectivo desvio padrão (gráficos inferiores) na Bacia de Campos, durante os períodos de 23 de março a 06 de abril de 2019 e 06 de abril a 20 de abril de 2019, referentes às pernasas 6 e 7 do PMAR-BC. Durante o primeiro período, o acumulado variou entre 0 e 100 mm, com os maiores valores observados na região *offshore* ao norte de 21°S e sobre a plataforma continental e no talude ao sul de 23°S. No decurso da pernaada 7, a precipitação acumulada na Bacia de Campos variou entre 50 e 400 mm, e as regiões mais afetadas foram próximas ao continente e à região profunda, onde valores acima de 300 mm foram observados.

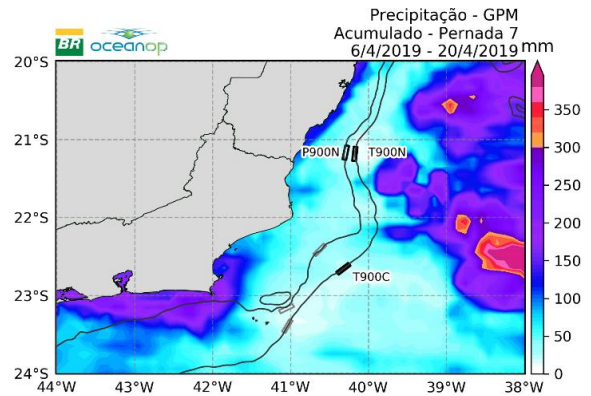
O desvio padrão representa a distribuição espacial da variabilidade de chuva ao longo do período de análise. Maiores valores de desvio padrão foram registrados nas mesmas regiões onde ocorreram os maiores valores de precipitação. Durante a pernaada 6, o desvio padrão não ultrapassou 30 mm, enquanto na segunda pernaada o extremo leste da bacia registrou desvio padrão de 75 mm (Figura IV.2.3.1-1, inferior). Em ambos os períodos, a região do talude entre 20,5°S e 23,4°S foi minimamente influenciada pela precipitação.

Acumulado Quinzenal

Pernada 6

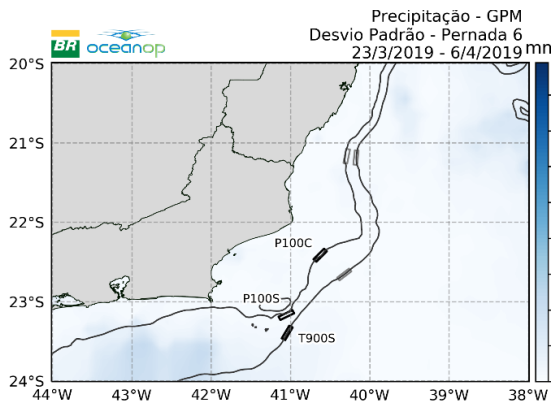


Pernada 7



Desvio Padrão

Pernada 6



Pernada 7

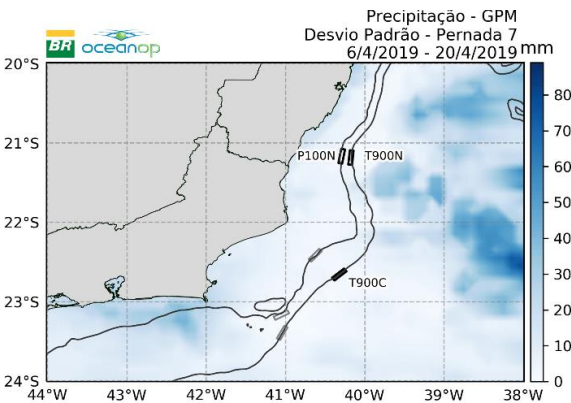


Figura IV.2.3.1-1 – Acumulado quinzenal (painéis superiores) e desvio-padrão (painéis inferiores) da precipitação na Bacia de Campos nos períodos de realização das pernadas 6 e 7 da 1ª campanha do PMAR-BC. Os polígonos em negrito indicam aqueles que tiveram amostras de água coletadas no mesmo período da aquisição das imagens.

A Figura IV.2.1.1-2 – apresenta os campos médios e desvios padrão da TSM durante as pernadas 6 e 7 na Bacia de Campos. Durante as coletas de dados nas regiões sul e plataforma central (Figura IV.2.1.1-2 –, painel superior esquerdo), o campo médio de temperatura da superfície do mar evidenciou a frente térmica da CB, que demarca a borda continental desta. É possível observar o padrão de meandramento da CB com a projeção da frente termal em direção ao oceano aberto ao largo dos Cabos de São Tomé e Frio. A média da TSM na Bacia de Campos do

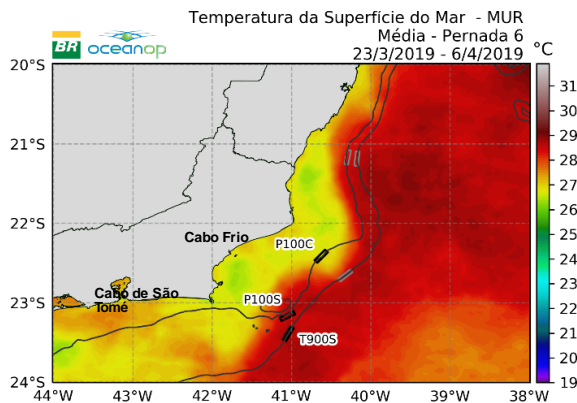
dia 23 de março ao dia 06 de abril (pernada 6) variou entre 26°C em algumas regiões sobre a plataforma continental e 29°C na região *offshore*.

No período que contempla a pernada 7, o campo médio de TSM na Bacia de Campos (Figura IV.2.1.1-2 –, painel superior direito) apresenta a frente termal da CB menos marcada e um menor meandramento da corrente. Entretanto, é possível observar a assinatura do Vórtice de Cabo Frio na porção costeira sul da imagem. Além disso, nota-se dois núcleos de água mais fria, em torno de 26°C, concentrados nas costas dos estados do Espírito Santo e do Rio de Janeiro, mais especificamente entre os cabos de São Tomé e Cabo Frio. A maior temperatura observada foi de 29°C ao norte de 21,5°S ao largo do talude.

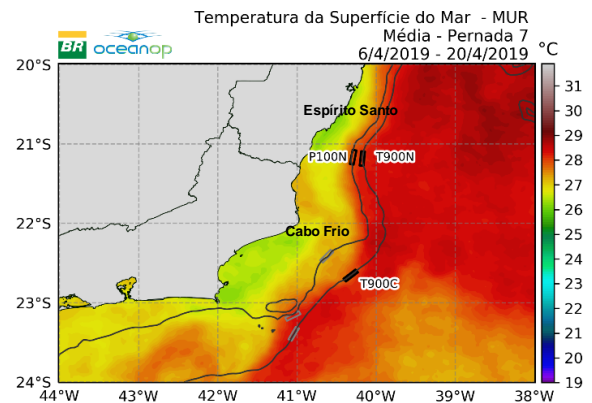
O desvio padrão da TSM (Figura IV.2.1.1-2 –, painéis inferiores) indica que a maior variabilidade da temperatura superficial na Bacia de Campos ocorreu entre os dias 06 e 20 de abril de 2020 sobre a plataforma continental, principalmente na costa do Espírito Santo e ao sul de Cabo Frio. Nestas regiões, as variações da TSM ultrapassaram 1,1°C, atingindo o máximo de 1,3°C, e estão provavelmente relacionadas à intrusão de água mais fria na plataforma. Na região profunda, a variabilidade da TSM se mostrou similar, entre 0,1 e 0,5°C em ambos os períodos.

Média Quinzenal

Pernada 6

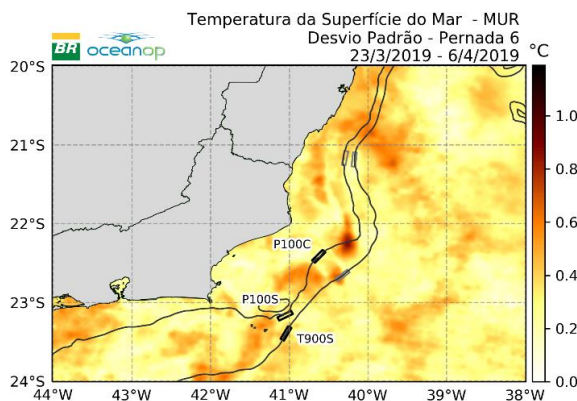


Pernada 7



Desvio Padrão

Pernada 6



Pernada 7

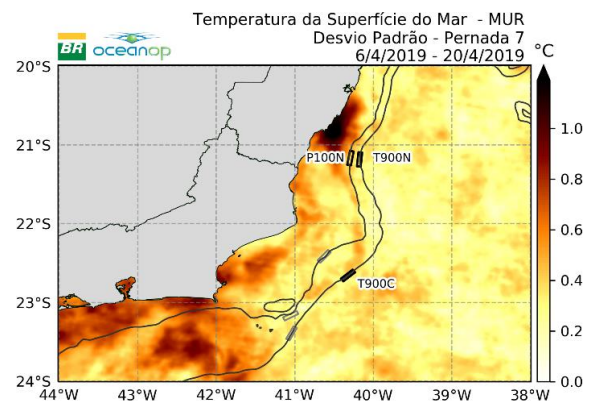


Figura IV.2.1.1-2 – Campos médios (painéis superiores) e de desvios padrão (painéis inferiores) da temperatura na superfície do mar na Bacia de Campos nos períodos de realização das pernadas 6 e 7 da 1ª campanha do PMAR-BC. Os polígonos em preto em negrito indicam aqueles que tiveram amostras de água coletadas no mesmo período da aquisição das imagens.

Os campos médios de concentração de clorofila-a nos períodos de coleta de dados, e respectivos desvios padrão são apresentados na Figura IV.2.2.1-3 –. Os campos médios de ambas as pernadas evidenciaram a presença de águas mais enriquecidas na região costeira e águas mais oligotróficas na região profunda (Figura IV.2.2.1-3 –, painéis superiores). Este é o padrão esperado, uma vez que a drenagem continental carrega nutrientes para a zona costeira por meio do desague

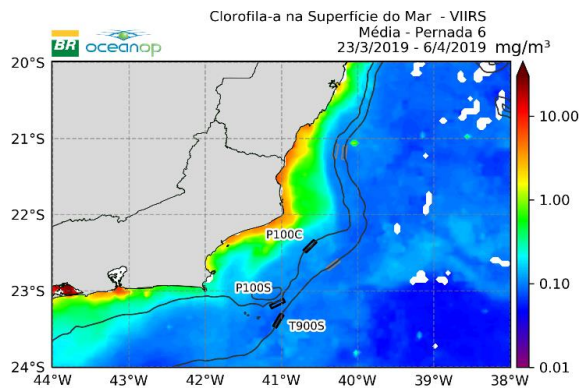
dos rios. Porém, no período de 06 a 20 de abril (pernada 7), águas com maior produtividade biológica se aproximaram mais do talude, principalmente ao norte de 22,5°S, acompanhando o limite da frente termal, indicando a relação entre produtividade primária e a presença de águas mais frias e ricas em nutrientes.

Valores de clorofila abaixo de 0,10 mg/m³ predominaram na região profunda da BC em ambos os períodos. Ao longo da costa, as águas apresentaram concentrações de clorofila entre 1 e 10 mg/m³. Não foi possível observar a influência direta da presença de águas mais frias junto à costa do Espírito Santo e ao norte de Cabo Frio na produtividade primária dessas regiões no período em que a pernada 7 foi realizada.

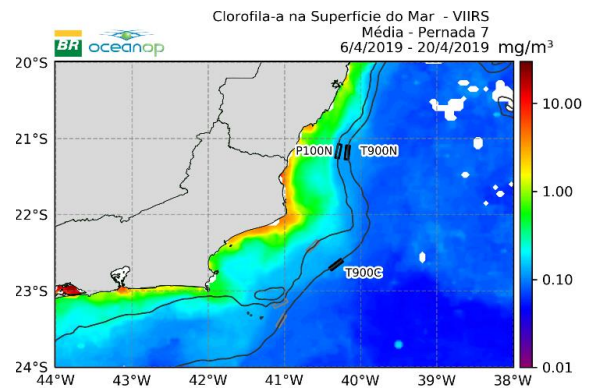
Observou-se que a região costeira apresenta uma maior variabilidade na concentração de clorofila-a em relação à região *offshore* (Figura IV.2.2.1-3 –, inferior). Da mesma forma que águas mais produtivas se espalharam por uma maior área da plataforma continental no período de 06 a 20 de abril, os maiores valores de desvio padrão da CSM também se estenderam até próximo do talude.

Média Quinzenal

Pernada 6

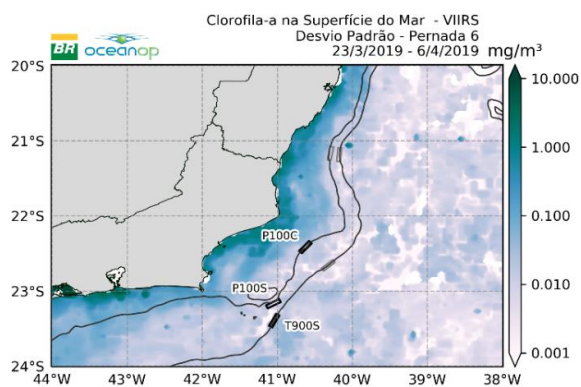


Pernada 7



Desvio Padrão

Pernada 6



Pernada 7

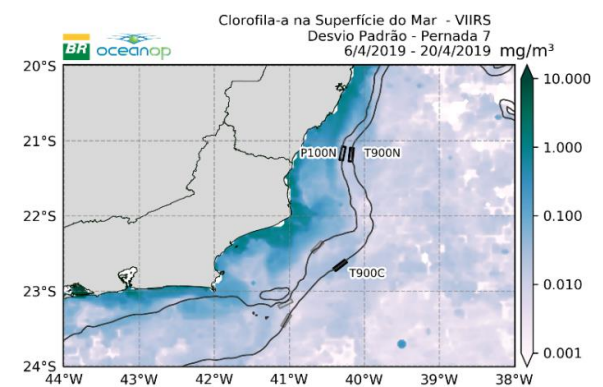


Figura IV.2.2.1-3 – Campos médios (painéis superiores) e de desvios padrão (painéis inferiores) da concentração de clorofila-a na superfície do mar durante os períodos de realização das pernadas 6 e 7 da 1ª campanha do PMAR-BC. Os polígonos em negrito indicam aqueles que tiveram amostras de água coletadas no mesmo período da aquisição das imagens.

IV.2.3.2 – Análise das características meteo-oceanográficas locais

A seguir são apresentadas e discutidas as características ambientais regionais observadas através de sensoriamento remoto ao longo da semana de realização de amostragem em cada polígono. As coletas em P100S e T900S foram realizadas entre os dias 25 e 29 de março (semana 1), no polígono P100C entre os dias 02/04 e 04/04 (semana 2), na semana 3 (de 07 a 13/04) foi amostrado o T900C e, na quarta semana (14 a 20/04) foram realizadas as coletas nos polígonos T900N e P100N.

IV.2.3.2.1 – Precipitação (PPT)

Os campos semanais de precipitação acumulada apresentados na Figura IV.2.3.2.1-1 mostram os volumes de chuva acumulada durante a semana de realização das coletas *in situ* para cada área de interesse. Apesar de nenhuma região ter sido afetada por volume significativo de chuva nos períodos analisados, apenas a segunda semana apresentou nenhuma precipitação. Nos outros períodos houve chuva fraca, com volumes acumulados inferiores a 20 mm.

Mais especificamente, as séries temporais de precipitação nas estações centrais dos polígonos ao longo das semanas (Figura IV.2.3.2.1-1 **Erro! Fonte de referência não encontrada.**) indicam que as regiões do talude sul e central apresentaram volumes entre 10 e 13 mm nos dias específicos da coleta de dados (valores em preto no gráfico). Já durante as amostragens nas regiões da plataforma continental sul e centro, a precipitação foi nula. Ambos os pontos de referência na região norte (Figura IV.2.3.2.1-2, painéis inferiores) registraram volume inferior a 4 mm.

A Tabela IV.2.3.2.1-1 apresenta os valores de acumulado da semana, de máximo e de média diários para cada polígono. O maior volume de precipitação acumulada ocorreu em T900S (14,72 mm), entretanto, o máximo diário registrado foi em T900C (12,45 mm). Em ambas as regiões, a média ficou acima de 2 mm/dia.

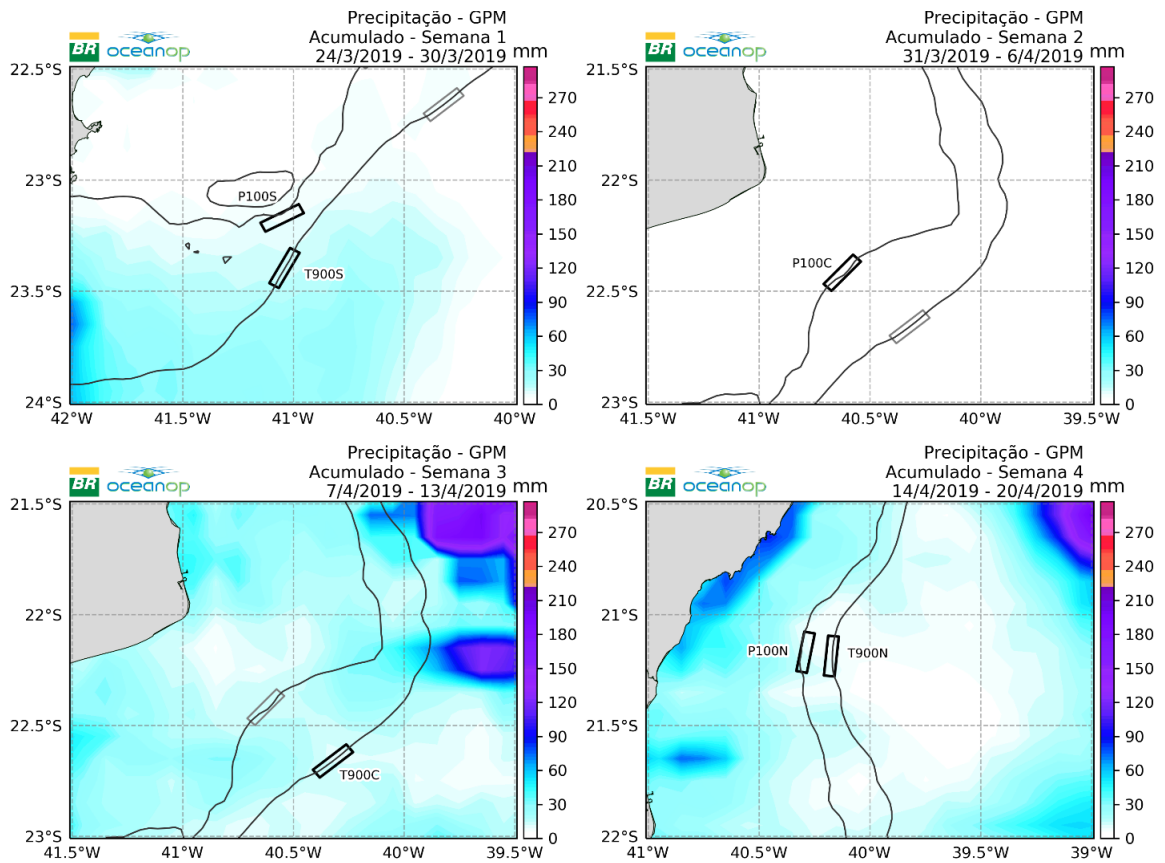


Figura IV.2.3.2.1-1 – Campos de precipitação acumulada semanal para cada região de coleta de dados *in situ*. Os polígonos em negrito indicam aqueles que tiveram amostras de água coletadas no mesmo período da aquisição das imagens.

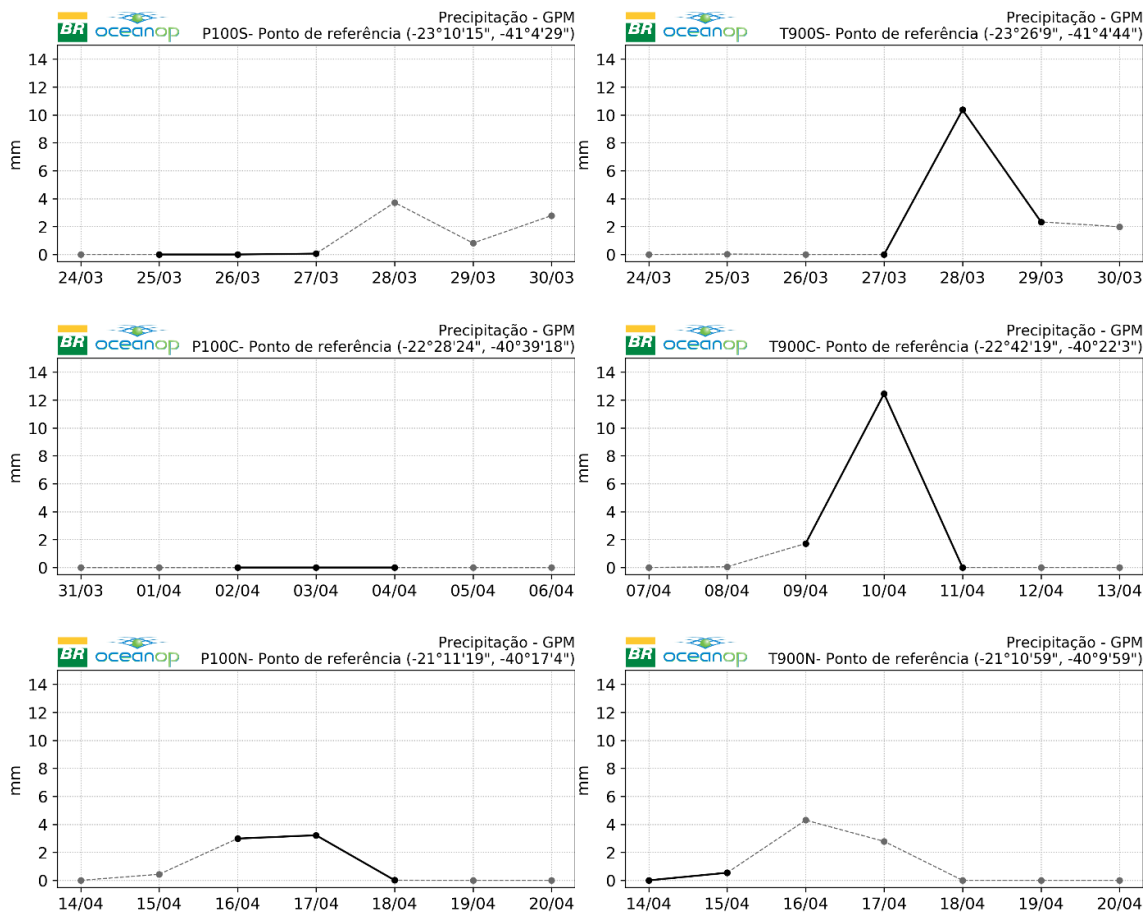


Figura IV.2.3.2.1-2 – Séries temporais do acumulado diário de precipitação ao longo da semana, nos pontos centrais dos polígonos P100S, T900S, P100C, T900C, P100N e T900N. As linhas cheias indicam o período de coleta de dados in situ.

Tabela IV.2.3.2.1-1 – Estatística descritiva da precipitação nos pontos de referência dos polígonos P100S, T900S, P100C, T900C, P100N e T900N ao longo das respectivas semanas de coleta amostral

	P100S	T900S	P100C	T900C	P100N	T900N
ACUMULADO (mm)	7,39	14,72	0,00	14,22	6,65	7,63
MÁXIMO (mm/dia)	3,73	10,37	0,00	12,45	3,22	4,3
MÉDIA (mm/dia)	1,06	2,10	0,00	2,03	0,95	1,09

IV.2.3.2.2 – Temperatura da Superfície do Mar (TSM)

Os campos médios semanais de TSM (Figura IV.2.3.2.2-1) mostram a presença da CB em todas as áreas analisadas. Entretanto, os polígonos que sofreram maior influência da corrente foram P100S e T900S, pois a frente termal esteve localizada na parte mais interna da plataforma continental na região sul. Durante a execução das coletas na região do P100C (Figura IV.2.3.2.2-1, painel superior direito) ocorreu um meandramento da corrente e a região foi a única que esteve localizada na borda leste da frente termal, marcada por temperaturas mais frias, com maior influência de águas da plataforma. Durante as amostragens realizadas entre os dias 07 e 20 de abril (Figura IV.2.3.2.2-1, painéis inferiores) a corrente esteve junto ao talude continental.

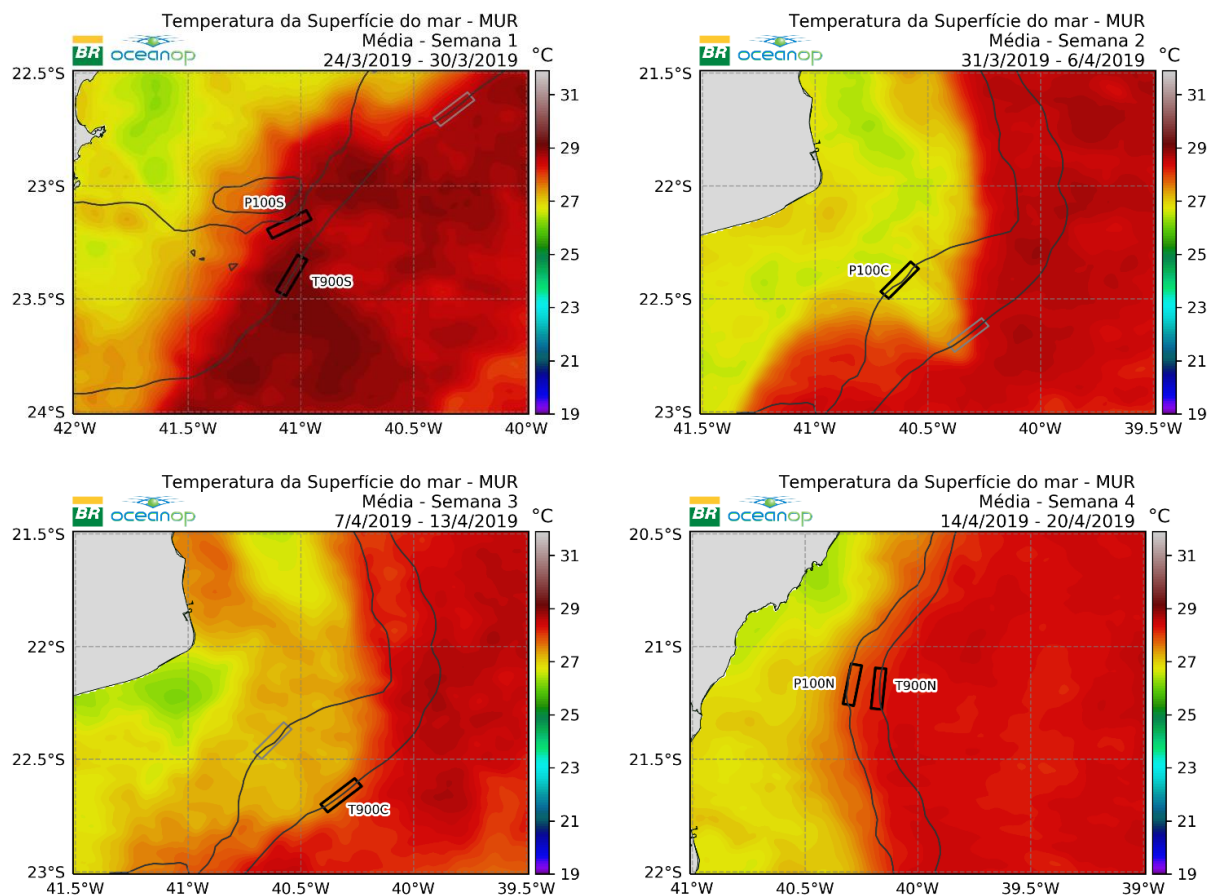


Figura IV.2.3.2.2-1 – Campos médios semanais da temperatura da superfície do mar diária para cada região de coleta de dados *in situ*. Os polígonos em negrito indicam aqueles que tiveram amostras de água coletadas no mesmo período da aquisição das imagens.

As séries temporais da TSM diária registradas nos pontos de referência dos polígonos ao longo das semanas (Figura IV.2.3.2.2-2) evidenciam maiores temperaturas observadas nas regiões de P100S e T900S (Figura IV.2.3.2.2-2, painéis superiores), com valores acima de 28°C ao longo de toda a semana e, permanecendo acima de 28,5°C durante os períodos de amostragens *in situ*.

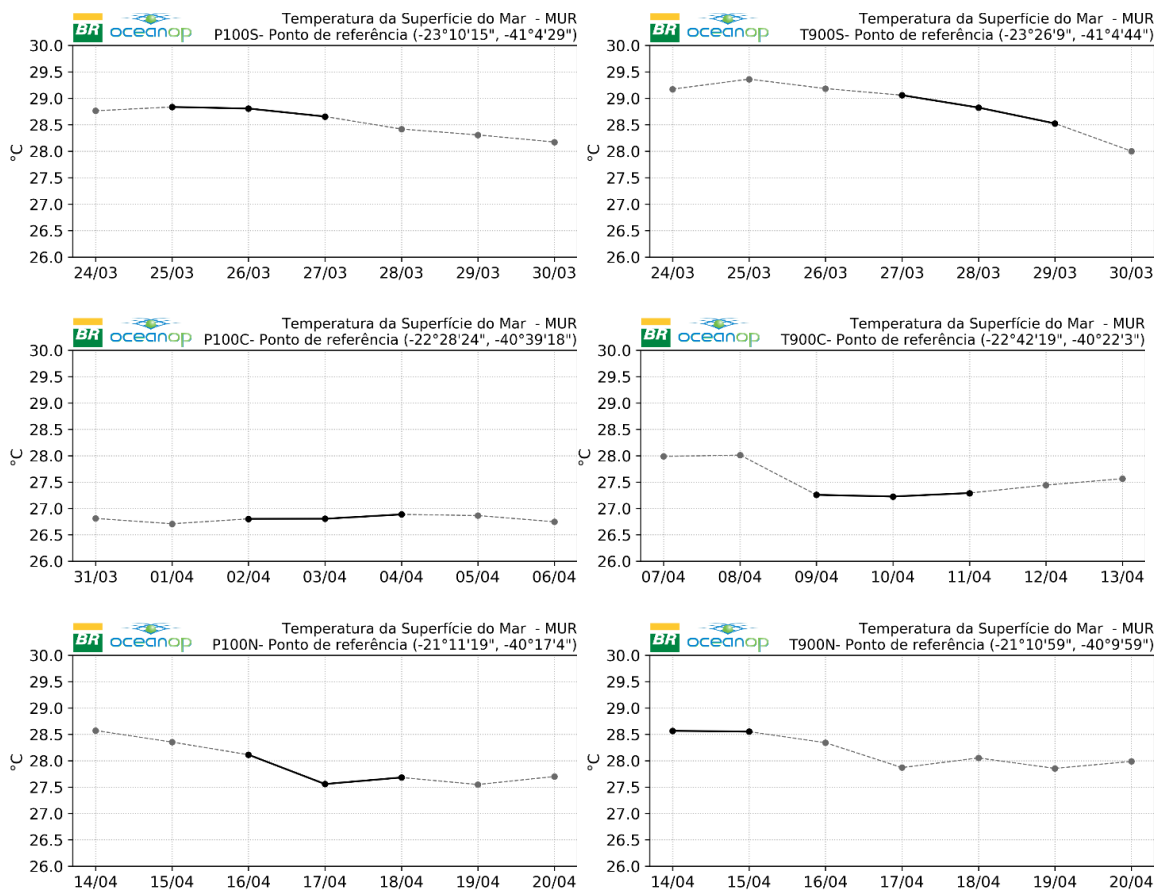


Figura IV.2.3.2.2-2 – Séries temporais da temperatura da superfície do mar diária nos pontos de referência dos polígonos P100S, T900S, P100C, T900C, P100N e T900N. As linhas cheias indicam o período de coleta de dados *in situ*.

Como citado anteriormente, o ponto P100C (Figura IV.2.3.2.2-2, painel intermediário esquerdo) apresentou a menor temperatura dentre todas as regiões, não ultrapassando 27°C entre os dias 31/03 e 06/04. Já no ponto do talude central e nos pontos da região norte, foram observadas temperaturas da superfície do mar na faixa entre 27 e 28,5°C.

Os valores estatísticos da TSM nos pontos de referência dos polígonos mostram a variabilidade ao longo das semanas analisadas. A menor temperatura registrada foi de 26,71°C no ponto de P100C, enquanto que a maior temperatura (29,36°C) foi observada em T900S. A região que apresentou menor variabilidade da TSM durante os dias analisados foi a plataforma central, com 0,06°C de desvio padrão (Tabela IV.2.3.2.2-1).

Tabela IV.2.3.2.2-1 – Análise estatística semanal da Temperatura da Superfície do Mar diária nos pontos de referência dos polígonos P100S, T900S, P100C, T900C, P100N e T900N ao longo das respectivas semanas de coleta amostral.

	P100S	T900S	P100C	T900C	P100N	T900N
MÁXIMO (°C)	28,84	29,36	26,88	28,01	28,57	28,57
MÍNIMO (°C)	28,17	28,00	26,71	27,22	27,55	27,85
MÉDIA (°C)	28,57	28,88	26,80	27,54	27,93	28,17
DESVIO PADRÃO (°C)	0,26	0,47	0,06	0,34	0,41	0,31

IV.2.3.2.3 – Clorofila-a na Superfície do Mar (CSM)

As distribuições da concentração média semanal de clorofila superficial nas áreas de interesse (Figura IV.2.3.2.3-1) mostram que a isóbata de 100 m já faz parte da região com menor disponibilidade de nutrientes e, conseqüentemente, biologicamente menos produtiva. As áreas ao largo da isóbata de 100 m apresentaram valores próximos de 0,1 mg/m³. Apesar da Figura IV.2.3.2.2-1 mostrar a presença de água mais fria na área do polígono P100C, não foi possível identificar uma atividade fotossintética maior que as demais áreas.

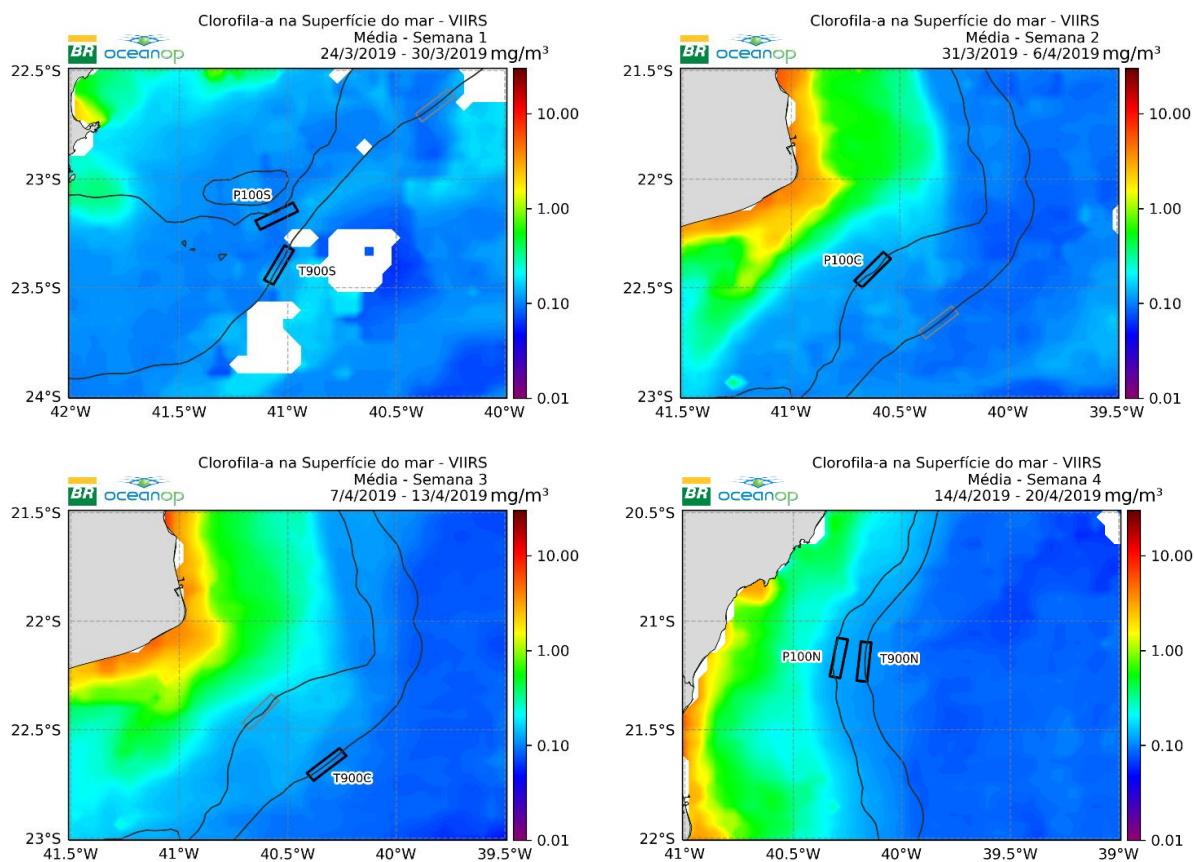


Figura IV.2.3.2.3-1– Campos médios semanais da concentração de clorofila-a para cada região de coleta de dados *in situ*. Os polígonos em negrito indicam aqueles que tiveram amostras de água coletadas no mesmo período da aquisição das imagens.

Observa-se a ausência de dados em alguns pontos devido a limitação do sensor satelital quando há cobertura de nuvens.

As séries temporais da concentração de clorofila superficial (Figura IV.2.3.2.3-2) e os valores máximos, mínimos, médios e desvios padrão (Tabela IV.2.3.2.3-1) registrados nos pontos de referência dos polígonos ao longo das semanas evidenciam a oligotrofia e homogeneidade das regiões analisadas. As médias da CSM variaram entre 0,093 e 0,135 mg/m³ e o maior valor observado foi de 0,144 mg/m³.

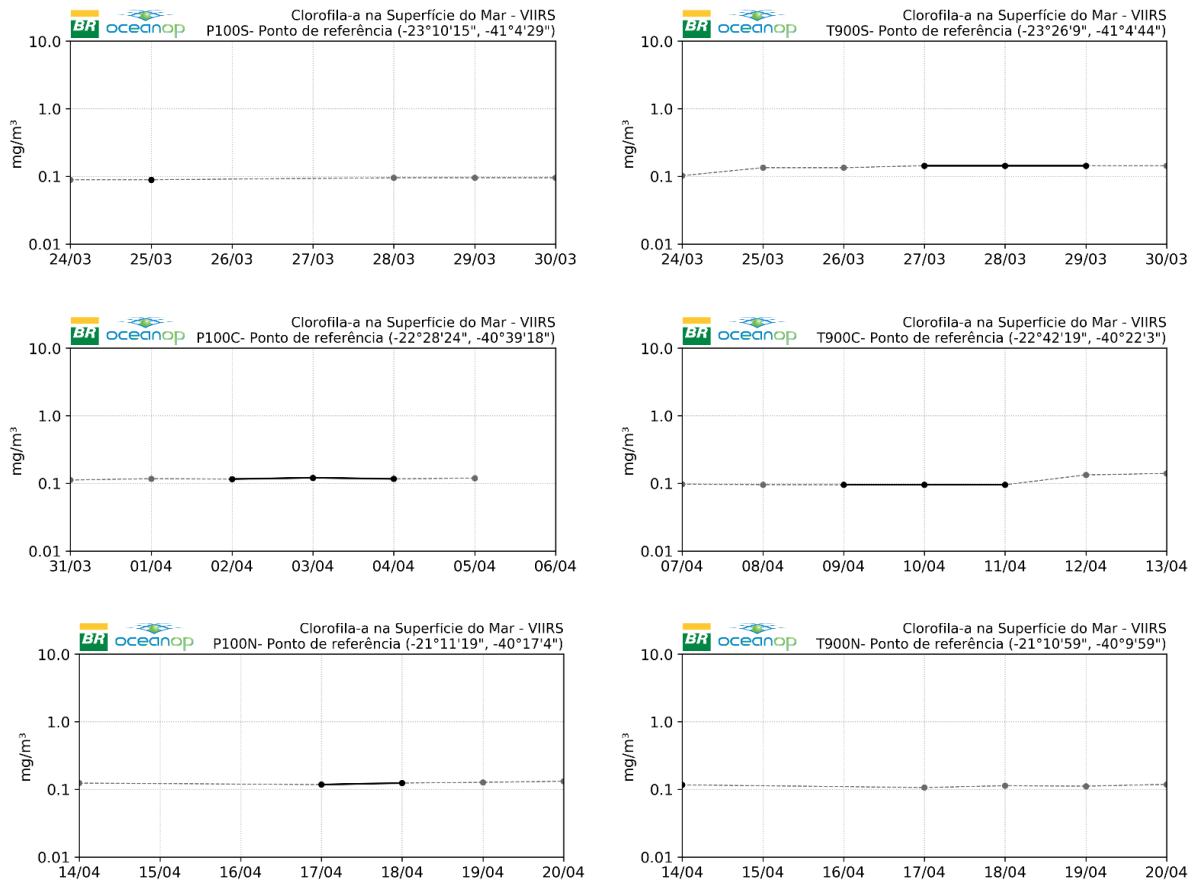


Figura IV.2.3.2.3-2– Séries temporais da concentração da clorofila-a superficial nos pontos de referência dos polígonos: P100S, T900S, P100C, T900C, P100N e T900N. As linhas cheias indicam o período de coleta de dados in situ.

Tabela IV.2.3.2.3-1 – Estatística semanal da concentração de clorofila-a na superfície do mar diária nos pontos de referência dos polígonos P100S, T900S, P100C, T900C, P100N e T900N ao longo das respectivas semanas de coleta amostral.

	P100S	T900S	P100C	T900C	P100N	T900N
MÁXIMO (mg/m ³)	0,095	0,144	0,121	0,140	0,132	0,118
MÍNIMO (mg/m ³)	0,089	0,102	0,112	0,095	0,118	0,106
MÉDIA (mg/m ³)	0,093	0,135	0,117	0,107	0,125	0,113
DESVIO PADRÃO (mg/m ³)	0,004	0,015	0,003	0,020	0,005	0,005

IV.2.4 – CONSIDERAÇÕES FINAIS

A análise dos parâmetros de precipitação acumulada, temperatura da superfície do mar e clorofila-a na superfície do mar através de dados de sensoriamento remoto evidenciaram os padrões meteo-oceanográficos atuantes na Bacia de Campos e, mais precisamente, nas regiões e períodos de coleta de dados *in situ* do sistema pelágico durante a 1ª campanha do Programa de Monitoramento Ambiental e Regional da Bacia de Campos – PMAR-BC.

As imagens de precipitação acumulada mostraram que o volume de chuva na Bacia de Campos foi maior durante a pernada 7, porém a região do talude continental, em ambas as pernadas (6 e 7), não sofreu a influência de valores significativos de precipitação. O maior valor diário registrado foi de 12,45 mm na estação central do polígono T900C.

A complexidade desta região pôde ser evidenciada na dinâmica das frentes termais oceânicas. Entre os dias 23/03 e 06/04 a Corrente do Brasil apresentou um meandramento mais intenso resultando no afastamento da frente termal ao sul de 22°S. Devido a este fenômeno, a água mais fria presente na plataforma continental se espalhou para além da isóbata de 100 m e o ponto de referência do polígono P100C registrou as menores temperaturas, entre 26,5 e 27°C.

Os campos médios de clorofila-a evidenciaram que a região do talude é homogênea e apresenta pequena produtividade biológica. Não houve grande variabilidade na concentração de clorofila-a entre as regiões com 100 m de coluna d'água e as regiões de 900 m. A diferença máxima entre as médias de clorofila-a dos pontos de referência dos polígonos foi de 0,038 mg/m³.

IV.2.5 - REFERÊNCIAS

- CAMPOS, E. J. D.; GONÇALVES, J. E. E IKEDA, Y., 1995. Water mass structure and geostrophic circulation in the South Brazil Bight – Summer of 1991. *J. Geophys. Res.*, 100(C9): 18537-18550.
- CASTRO, BELMIRO & BRANDINI, FREDERICO & PIRES-VANIN, ANA & MIRANDA, LUIZ, 2006. Multidisciplinary Oceanographic Processes On the Western Atlantic Continental Shelf Between 4N and 34S. *The Sea*. 14. 259-293.
- CASTRO, B. M. E MIRANDA, L. B., 1998. Physical Oceanography of the western Atlantic Continental Shelf located between 4°N and 34°S. *The Sea*, v. 11, 209-251.
- CHIN, TOSHIO MICHAEL, JORGE VAZQUEZ-CUERVO, AND EDWARD M. ARMSTRONG., 2017 A multi-scale high-resolution analysis of global sea surface temperature. *Remote sensing of environment* 200 154-169.
- GAN, M. A. E RAO, V. B., 1991. Surface Cyclogenesis over South America. *Monthly Weather Review*, v.119, n. 5, p. 1293–1302.
- HASTENRATH, STEFAN, 1985. *Climate and Circulation of the Tropics*. Vol. 8. Springer Science & Business Media.
- HUFFMAN, G, BOLVIN, D., BRAITHWAITE, D., HSU, K., JOYCE, R., KIDD, C. NELKIN, E., TAN, J E XIE, P., 2018. NASA Global Precipitation Measurement (GPM) Integrated Multi satellite Retrievals for GPM (IMERG). Algorithm Theoretical Basis Document v. 5.2. National Aeronautics and Space Administration. 31 pp.
- HUFFMAN, G.J., E.F. STOCKER, D.T. BOLVIN, E.J. NELKIN, JACKSON TAN, 2019. GPM IMERG Early Precipitation L3 1 day 0.1 degree x 0.1 degree V06, Edited by Andrey Savtchenko, Greenbelt, MD, Goddard Earth Sciences Data and Information Services Center (GES DISC).
- JPL MUR MEASURES Project. 2015. GHRSSST Level 4 MUR Global Foundation Sea Surface Temperature Analysis (v4.1). Ver. 4.1. PO.DAAC, CA, USA. Dataset accessed [2020-06-19] at <https://doi.org/10.5067/GHGMR-4FJ04>.

- MÄCHEL, H., A. KAPALA E H. FLOHN, 1998. Behaviour of the Centres of Action Above the Atlantic since 1881. Part I: Characteristics of Seasonal and Interannual Variability. *Int. J. of Climatology*, 18, p. 1-22.
- MORAN, J. M. E M. D. MORGAN, 1994. *Meteorology - The Atmosphere and the Science of Weather*. Macmillan Publish. Co., 4^a. ed., 520 pp.
- O'REILLY, J. E., S. MARITORENA, B. G. MITCHELL, D. A. SIEGEL, K. L. CARDER, S. A. GARVER, M. KAHRU, AND C. R. MCCLAIN, 1998. Ocean color chlorophyll algorithms for SeaWiFS, *J. Geophys. Res.*, 103, 24,937–24,953.
- O'REILLY, J. E., ET AL, 2000. In *Ocean Color Chlorophyll a Algorithms for SeaWiFS, OC2 and OC4: Version 4*, SeaWiFS Postlaunch Technical Report Series, edited by S. B. Hooker and E. R. Firestone, pp. 8–22, NASA Goddard Space Flight Center, Greenbelt, Maryland
- SCHUELER, C. F., J. E. CLEMENT, P. E. ARDANUY, C. WELSCH, F. DELUCCIA, AND H. SWENSON, 2002. NPOESS VIIRS sensor design overview, *Proc. SPIE*, 4483, Earth Observing Systems VI, doi:10.1117/12.453451
- SILVEIRA, I. C. A.; LIMA, J. A. M.; SCHMIDT, A. C. K.; CECCOPIERI, W.; SARTORI, A.; FRANSCISCO, C. P. F. E FONTES, R. F. C., 2008. Is the meander growth in the Brazil Current system off Southeast Brazil due to baroclinic instability?, *Dynamics of Atmospheres and Oceans*, 45, P. 187–207.
- SILVEIRA, I. C. A.; SCHMIDT, A. C. K.; CAMPOS, E. J. D.; GODOI, S. S. E IKEDA, Y., 2000. A Corrente do Brasil ao Largo da Costa Brasileira. *Revista Brasileira de Oceanografia*, 48 (2), p. 171-183.
- STRAMMA, L., 1991: Geostrophic Transport of the South Equatorial Current in the Atlantic. *J. Mar. Res.*, 49(2), 281-294.
- STRAMMA, L.; ENGLAND, M., 1999. On the water masses and mean circulation of the South Atlantic Ocean. *J. Geophys. Res.*, 104(C9), p. 2156-2202.
- VIANA, A. R., J. C. FAUG`ERES, R. O. KOWSMANN, J. A. M. LIMA, L. F. G. CADDAH, & J. G. RIZZO, 1998. Hydrology, morphology and sedimentology of the Campos continental margin, offshore Brazil. *Sedimentary Geology*. 1998, Vol. 115, pp. 133-157.

WANG, M.; LIU, X.; TAN, L.; JIANG, L.; SHI, W.; RAUSCH, K.; VOSS, K. 2013. Impact of VIIRS SDR performance on ocean color products Journal of Geophysical Research-Atmospheres, 118, pp. 10347-10360, 10.1002/jgrd.50793.

IV.2.6 – ANEXOS

IV.2.6-1. Valores de precipitação, temperatura da superfície do mar e concentração de clorofila-a obtidos para o pixel mais próximo do ponto de referência dos polígonos da 1ª campanha do PMAR-BC.

IV.3 – HIDROQUÍMICA

Coordenadores

Vinicius Peruzzi de Oliveira

Biólogo, Doutor em Ecologia, Nº CTF 5188715, Professor do Instituto de Biologia, Departamento de Biologia Marinha da Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ. viniciusperuzzi@gmail.com; vinicius@biologia.ufrj.br

Ricardo Cesar Gonçalves Pollery

Biólogo, Doutor em Geoquímica, Nº CTF 183916, Tecnólogo em Biologia da Decania do Centro de Ciências da Saúde da Universidade Federal do Rio de Janeiro. pollery@hotmail.com; ricardo.pollery@ccsdecania.ufrj.br

Equipe UFRJ

Eliane Cristina da Silva

Bióloga, Mestre em Ecologia e Recursos Naturais, Nº CTF 3288566, Celetista pela Fundação Coordenação de Projetos, Pesquisas e Estudos Tecnológicos – COPPETEC. elianecristinas@yahoo.com.br

Rosana Maria Juazeiro Caetano

Técnica em Química, Bióloga e Mestre em Engenharia Ambiental, CRQ 03418845, Técnica de Laboratório do Instituto de Biologia, Departamento de Biologia Marinha da Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ. rosanacaetano.rc@gmail.com

Gizyelle Costa Miguel

Graduanda em Licenciatura em Ciências Biológicas, Bióloga, Estagiária pela Fundação Coordenação de Projetos, Pesquisas e Estudos Tecnológicos – COPPETEC. gizymiguel@hotmail.com

Jéssica Oliveira Lyrio

Graduanda em Processos Químicos, Estagiária pela Fundação Coordenação de Projetos, Pesquisas e Estudos Tecnológicos – COPPETEC. jessica-lyrio@hotmail.com

Guilherme Vieira Vaz

Graduando em Química, Bolsista pela Fundação Coordenação de Projetos, Pesquisas e Estudos Tecnológicos – COPPETEC. guivieira994@gmail.com

Matheus Rangel dos Santos

Graduando em Química, Bolsista pela Fundação Coordenação de Projetos, Pesquisas e Estudos Tecnológicos – COPPETEC. ranggeel@gmail.com

Verônica Freire Silva

Tecnóloga em Processos Químicos, contratada pela Fundação Coordenação de Projetos, Pesquisas e Estudos Tecnológicos – COPPETEC. veronicafayer@gmail.com

RESUMO

Este relatório apresenta a avaliação das amostras de água obtidas em 36 estações de amostragens entre as províncias da plataforma continental e talude, nas isóbatas de 100 m e 900 m nas regiões norte, centro e sul da Bacia de Campos, como parte dos resultados da primeira campanha do Programa de Monitoramento Ambiental Regional da Bacia de Campos (PMAR-BC). As amostras de água foram obtidas utilizando-se rossete durante a coleta, com verificação dos parâmetros básicos *in situ* (temperatura, salinidade, oxigênio dissolvido e pH). Os parâmetros: amônio (fluorescência), nitrito, nitrato, fosfato e fósforo total (colorimetria), carbono orgânico dissolvido (oxidação catalítica), carbono orgânico particulado (combustão catalítica), carbono orgânico total (pela soma dos carbonos analisados e também por oxidação catalítica), material particulado em suspensão (gravimetria) e os fitopigmentos clorofila-a e feofitina-a (espectrofluorescência) foram analisados na Unidade Multiusuário de Análises Ambientais (UMAA/UFRJ). A análise dos dados ocorreu através de estatísticas descritivas, análises de ordenação (NMDS e PCA) e comparações multivariadas por PERMANOVA. Comparações entre o presente projeto e o Projeto de Caracterização Regional da Bacia de Campos (PCR-BC) também foram realizadas. Os resultados indicaram que as características físico-químicas da água, na plataforma e no talude se inseriram nos padrões observados para regiões oceânicas tropicais. Análises inferenciais com o conjunto de dados dos parâmetros físico-químicos, compostos com carbono, nutrientes e fitopigmentos evidenciaram estatisticamente a heterogeneidade ambiental entre as áreas amostradas, considerando as comparações sobre a mesma província. A área central mostrou diferenças hidroquímicas significativas entre as províncias de talude e plataforma nos parâmetros salinidade, pH, fósforo total e clorofila-a. Comparações entre os parâmetros hidroquímicos dos projetos PMAR-BC e PCR-BC, sobre as mesmas províncias e profundidades de coleta, mostraram haver diferenças entre projetos. Contudo, ressalta-se a dissemelhança entre os desenhos amostrais dos dois projetos.

IV.3.1 – INTRODUÇÃO

Localizada em uma região marinha adjacente ao continente, a Bacia de Campos pode ser segmentada nas seções de plataforma continental, talude e planície abissal (Falcão *et al.*, 2017). A bacia é influenciada pela Corrente do Brasil (CB) e pela Corrente de Contorno Intermediária (CCI) e, em suas características hidrológicas, tem-se na plataforma interna o predomínio de águas costeiras quentes e de termoclinas permanentes. Registros frequentes de intrusões e ressurgências da Água Central do Atlântico Sul (ACAS), que introduzem águas frias e ricas em nutrientes, modificam temporariamente os padrões oceanográficos predominantes (Mahiques *et al.*, 2005; Bentz *et al.*, 2005).

A estrutura vertical de massas d'água do talude é marcada pela sobreposição da Água Tropical (AT), Água Central do Atlântico Sul (ACAS), Água Intermediária Antártica (AIA), Água Circumpolar Superior (ACS), Água Profunda do Atlântico Norte (APAN) e a Água Circumpolar Inferior (ACI), essa última alcançando 3.500 metros de profundidade (Yamashita, 2011; Silveira *et al.*, 2015).

A região também é marcada pela presença de feições oceanográficas vorticiais e meandramentos, ciclônicos e anticiclônicos, associados à orientação da costa e topografia de fundo (Silveira *et al.*, 2000). As ocorrências dessas estruturas na região favorecem à mistura entre as massas de água e o enriquecimento de nutrientes em diversos estratos batimétricos (Stech *et al.*, 1996; Silveira *et al.*, 2000). Mesmo com esses eventos de aporte de nutrientes, a Bacia de Campos é caracterizada como uma bacia tropical oligotrófica, com águas quentes e salinas e com estratificação térmica condicionante (Pedrosa *et al.* 2006; Falcão *et al.*, 2017).

Nessas condições oligotróficas, a disponibilidade de compostos nitrogenados e fosfatados torna-se altamente relevante para os processos de produção biológica autóctone (Rezende *et al.*, 2007). Adicionalmente, aportes alóctones (entrada fluvial/advecções) também participam dos processos produtivos, mineralização e diversos aspectos dos ciclos biogeoquímicos

existentes em sistemas oceânicos (Suzuki *et al.*, 2017). Nesse sentido, estimativas baseadas nas concentrações de fitopigmentos, como clorofila-a, mostram-se como importantes parâmetros na avaliação da produção primária e biomassa fitoplanctônica na coluna d'água (Gonzales-Rodríguez *et al.*, 2017). Essa produção biológica, além de proporcionar mudanças locais em alguns parâmetros físico-químicos da água, refletem em alterações nas concentrações de compostos orgânicos de carbono, fitopigmentos e seus subderivados (Pedrosa *et al.*, 2006).

Em relação aos compostos orgânicos de carbono presentes em águas oceânicas, sabe-se que a maior parte é originada da produção primária fitoplanctônica (Kirchman *et al.*, 1993). Este material fitogênico pode ser subsequentemente mineralizado *in situ*, transferido através da cadeia alimentar, transportado por circulação horizontal ou carregado para águas profundas por partículas que afundam rapidamente, migração vertical de zooplâncton e mistura descendente de compostos orgânicos dissolvidos (COD) e particulados (COP) (Copin-Montégut & Avril 1993, Carlson *et al.*, 1994). Baseado em um estado estacionário de equilíbrio entre o fluxo descendente de matéria orgânica e o fluxo ascendente de nutrientes, estimativas de produção oceânicas, ciclagem e exportação de matéria podem ser obtidas por esses compostos (Eppley & Peterson 1979; Bronk *et al.*, 1994; Hung *et al.*, 2000).

A caracterização hidroquímica da Bacia de Campos, além de atualizar o conhecimento regional sobre a heterogeneidade ambiental, possibilita o entendimento da dinâmica biogeoquímica deste sistema (Ribeiro-Ferreira *et al.*, 2017). Dessa forma, a verificação da existência de padrões na complexa variação longitudinal, latitudinal e batimétrica se torna necessária na interpretação desse mosaico ambiental (Suzuki *et al.*, 2017).

Assim, o presente estudo traz uma macroavaliação das características físico-químicas e químicas da água nas regiões norte, centro e sul da Bacia de Campos, considerando as províncias de plataforma continental (100 m) e talude (900 m), compreendendo 36 estações que foram analisadas quanto aos parâmetros: temperatura (T), salinidade (S), oxigênio dissolvido (OD), pH, os nutrientes amônio, nitrito, nitrato, fosfato e fósforo total (PTotal), os compostos

orgânicos de carbono orgânico total (COT), carbono orgânico dissolvido (COD), carbono orgânico particulado (COP), material particulado em suspensão (MPS), e os fitopigmentos clorofila-a e feofitina-a no âmbito do Programa de Monitoramento Ambiental Regional da Bacia de Campos (PMAR-BC).

IV.3.1.1 – Objetivo Principal

Obter sistematicamente informações sobre a qualidade da água comparando as áreas de maior (central) e menor (sul e norte) concentração de atividades de E&P na Bacia de Campos, de forma a monitorar estas áreas e simultaneamente avaliar as tendências ambientais regionais desta bacia.

IV.3.1.1.1 – Objetivos Específicos

O objetivo deste capítulo IV.3 é apresentar os dados das análises hidroquímicas adquiridos durante a primeira campanha de coleta de dados ambientais (água) que compõem o Programa de Monitoramento Ambiental Regional da Bacia de Campos (PMAR-BC), com os seguintes objetivos específicos:

- Avaliar a ocorrência de diferenças nos parâmetros físico-químicos em águas superficiais do talude e plataforma continental entre as três áreas amostrais;
- Identificar variações dos parâmetros físico-químicos entre as províncias plataforma continental e talude; e
- Identificar os padrões e parâmetros abióticos preponderantes na variação dos resultados obtidos.

Hipóteses nulas:

- Não há diferença estatística entre temperatura, salinidade, OD e pH, COD, COP, COT e MPS, nutrientes e fitopigmentos da água nas três

- áreas da Bacia de Campos, considerando a comparação dos polígonos amostrais posicionados sobre a mesma província (plataforma ou talude);
- Não há diferença estatística entre temperatura, salinidade, OD e pH, COD, COP, COT e MPS, nutrientes e fitopigmentos da água da Bacia de Campos, considerando a comparação dos dois polígonos posicionados sobre as províncias de plataforma (100 m) e talude (900 m) na área central da Bacia de Campos; e
 - Não há diferença estatística entre temperatura, salinidade, OD e pH, COD, COP, COT e MPS, nutrientes e fitopigmentos, quando comparados os resultados do PMAR-BC com os do Projeto de Caracterização Regional da Bacia de Campos (PCR-BC), sobre as mesmas províncias (plataforma – 100 m e talude – 900 m) e profundidades de coleta.

IV.3.2 – METODOLOGIAS APLICADAS

IV.3.2.1 – Metodologia de Campo

Os seis polígonos de amostragem do compartimento pelágico (20 km x 5 km) foram distribuídos nas áreas norte, centro e sul da Bacia de Campos, nas isóbatas de 100 m e 900 metros. Em cada polígono foram definidas seis estações de coleta, sendo as amostras de água obtidas em três profundidades da coluna d'água (superfície, meio e fundo) nas estações da plataforma (100 m) e em uma única profundidade (superfície) nas do talude (900 m). As informações sobre os métodos aplicados durante a coleta podem ser encontrados no Capítulo III, item III.3.1.2 – Compartimento Água, em que estão inclusos os procedimentos referentes à metodologia de amostragem de água.

No item III.3.1.2.2 – Metodologia de Coleta, estão apresentados os procedimentos de coleta de amostras de água para análises físico-químicas e químicas (analisados na Unidade Multiusuário de Análises Ambientais – UMAA/UFRJ) e as medições *in situ* da coluna d'água, que incluem os parâmetros temperatura, salinidade, OD e pH como seguem:

IV.3.2.1.1 – Medição de temperatura, salinidade, OD e pH

A Tabela IV.3.2.1.1-1 apresenta os métodos utilizados na obtenção dos dados *in situ* de temperatura, salinidade, OD e pH. No presente estudo, este grupo de parâmetros foram denominados de “variáveis físico-químicas”. Destaca-se que os dados de pH obtidos com CTD não puderam ser utilizados nesse estudo devido a problemas de calibração do sensor durante a amostragem.

No PMAR-BC as medidas de oxigênio dissolvido foram realizadas eletroquimicamente pelo CTD e quimicamente pelo método de Winkler (análise realizada a bordo). Comparações entre os dados das duas metodologias mostraram que as concentrações obtidas pelo método de Winkler foram, em média, $5,0 \pm 2,1\%$ maiores que as concentrações obtidas pelo método eletroquímico. Considerando a variação metodológica inferior à 10%, teve-se a aceitação do método eletroquímico em detrimento ao método químico.

Tabela IV.3.2.1.1-1 – Métodos dos parâmetros temperatura (T), salinidade (S), oxigênio dissolvido (OD) e pH adotados para as medições.

Parâmetro	Método Aplicado
T, S, e OD	Perfilagem de CTD com sensores acoplados
pH	Medidor de pH de bancada

IV.3.2.2 – Metodologia Analítica

IV.3.2.2.1 – Material particulado em suspensão (MPS), carbono orgânico particulado (COP), carbono orgânico dissolvido (COD) e carbono orgânico total (COT)

O material particulado em suspensão (MPS) foi determinado gravimetricamente (Grasshoff *et al.*, 1999; Eaton *et al.*, 2005) com a utilização de filtro de fibra de vidro (modelo GF/F de 0,7 μm , previamente calcinado em mufla à 550 °C por duas horas), para retenção do material em suspensão após a filtração da água (procedimento realizado em campo). No laboratório, os filtros foram submetidos a temperatura de 60 °C (estufa NI 1516i, Nova Instruments) para obtenção de peso constante e pesados novamente na mesma balança analítica (CDA225D, Sartorius, $\pm 0,00001$ g), onde foram verificados os pesos iniciais dos filtros quando preparados para a atividade de coleta. Os resultados foram expressos em mg/L de amostra filtrada.

Para obtenção das concentrações de carbono orgânico particulado (COP), fragmentos de 0,95 mm de diâmetro foram retirados dos filtros utilizados para o MPS com auxílio de furador metálico e submetidos ao processo de combustão catalítica (Wendlandt, 1986) em Analisador Elementar de Carbono, Hidrogênio e Nitrogênio (CHN) Flash 2000, Thermo Scientific. Nessa análise, os fragmentos foram calcinados a 1020 °C com O₂ ultrapuro. Os produtos da combustão, uma mistura de CO₂, NO₂ e H₂O, foram carreados por um gás inerte

(hélio ultrapuro) para uma coluna de redução mantida a mesma temperatura da calcinação. Os constituintes da mistura de gases foram separados através de uma coluna cromatográfica e detectados em função das suas termocondutividades.

O equipamento foi calibrado utilizando-se padrão de Acetanilida (OAS B2000 com 71,1 % de carbono), obtendo-se percentual de recuperação de 98 a 102 % (CV = 2 %). Também foram realizadas leituras de cápsulas de estanho vazias (branco de cápsula) e leituras sem inserção de qualquer material na coluna (branco do equipamento) para verificação de resultados abaixo do limite de detecção (< LD). Foram realizadas análises em duplicata em 10% das amostras destinadas ao COP, mantendo-se o coeficiente de variação menor que 10%.

A determinação do carbono orgânico dissolvido (COD) foi conduzida em um analisador elementar de carbono (TOC-L, Shimadzu Corporation, 2017) por oxidação catalítica à 680 °C, com detecção por infravermelho não-dispersivo (NDIR), após acidificação da amostra (pH < 2, ácido fosfórico ultrapuro) e purga para eliminação do carbono inorgânico. Para análise de COD, também foram preparadas curvas de calibração utilizando-se biftalato de potássio de 1000 ppm com r^2 maior que 0,9995. Os resultados foram obtidos após a realização de leituras em triplicata por amostra até que o coeficiente de variação das áreas fosse menor que 10%. Para o cálculo da concentração foram consideradas as áreas médias resultantes destas leituras.

O carbono orgânico total (COT) foi analisado por duas metodologias: 1) soma do COD e COP, e 2) analisador elementar de carbono (TOC-L, Shimadzu Corporation, 2017) em amostra de água não filtrada. Comparando-se as duas metodologias, obteve-se uma diferença média de $7,9 \pm 9,3\%$. Foram utilizados os resultados do somatório entre COD e COP devido a maior precisão dos resultados obtidos nas análises de COP realizadas pelo CHN.

Os limites de detecção e quantificação foram apresentados na Tabela IV.3.2.2.1-1. Os resultados foram expressos em μM e mg/L .

Tabela IV.3.2.2.1-1 – Valores dos limites de detecção e quantificação para as determinações de Carbono Orgânico Particulado (COP), Carbono Orgânico Dissolvido (COD) e Carbono Orgânico Total (COT) em amostras de água do mar.

	Limites de Detecção		Limites de Quantificação	
	μM	mg/L	μM	mg/L
COP	8,33	0,01	24,99	0,03
COD	0,33	0,004	0,99	0,012
COT*	0,33	0,004	0,99	0,012

* A obtenção do COT foi pelo somatório de COP + COD.

IV.3.2.2.2 – Nutrientes (Amônio, nitrito, nitrato, fosfato e fósforo total)

Imediatamente após o descongelamento das amostras, alíquotas em triplicata foram retiradas para as análises de nutrientes. O nitrogênio amoniacal, que corresponde a soma dos teores de nitrogênio amoniacal na forma ionizada de amônia (N-NH_3) e na forma não ionizada de amônio (N-NH_4), a partir de agora será denominado simplesmente de amônio. Nitrato (NO_3^-), nitrito (NO_2^-), fosfato (na forma de ortofosfato) e fósforo total também foram analisados. As concentrações desses nutrientes foram determinadas na fração total, sem filtração prévia.

As concentrações de amônio foram obtidas pelo método de fluorescência (Holmes *et al.*, 1999). As concentrações de nitrito, nitrato e fosfato foram analisadas pelo método de colorimetria (Aminot & Chaussepied, 1983), e as de fósforo total por oxidação com persulfato seguido de colorimetria (Grasshoff *et al.*, 1999).

A análise da concentração de amônio foi realizada através da adição de sulfito de sódio, tetraborato de sódio e ortoftaldeído às amostras para formação de um derivado fluorescente passível de leitura em um espectrofluorímetro. Após o período de reação (mínimo de 12 horas e máximo de 24 horas) as amostras foram lidas em espectrofluorímetro (Cary Eclipse, Varian, com filtro de excitação

$\lambda = 310-390$ nm e filtro de emissão $\lambda = 410 - 600$ nm) utilizando-se uma cubeta de 10 mm.

Para a análise das concentrações de nitrito, foi adicionado às amostras sulfanilamida, ácido clorídrico e N-(1-Naphthyl). Após o tempo de reação, as amostras foram levadas ao espectrofotômetro (Hach Lange DR5000) para a obtenção das absorvâncias com leituras a 543 nm utilizando-se cubeta de 50 mm.

Para a obtenção da concentração de nitrato foi realizado procedimento para redução quantitativa dos íons de nitrato a nitrito (> 95%), via coluna de redução de cádmio e, posteriormente, seguiu-se os mesmos procedimentos empregados para a determinação de nitrito.

As concentrações de fosfato foram obtidas com a utilização dos reagentes molibdato de amônio e ácido ascórbico e, assim como nas análises de nitrito e nitrato, foram obtidas as absorvâncias utilizando-se o mesmo equipamento e tamanho de cubeta, porém a leitura foi realizada à 885 nm.

Para a análise do fósforo total as amostras foram digeridas com persulfato de potássio durante duas horas a 120°C em bloco biodigestor, sendo todo o fósforo oxidado a fosfato, que foi analisado seguindo os procedimentos para este nutriente.

Todos os padrões foram lidos três vezes e as médias das absorvâncias foram utilizadas para a obtenção da curva padrão e equação da reta ($r^2 > 0,9995$), ambos empregados nos cálculos de concentração de cada analito na amostra. Foi estabelecido como limite analítico o desvio padrão e o erro percentual em 10%.

Os limites de detecção e quantificação estão apresentados na Tabela IV.3.2.2.2-1. Os resultados estão expressos em μM e mg/L em base elementar (conforme apresentado na resolução do CONAMA 357/2005).

Tabela IV.3.2.2.2-2 – Valores dos limites de detecção e quantificação para as determinações de amônio, nitrito, nitrato, fosfato e fósforo total, obtidos em amostras de água do mar.

	Limites de Detecção			Limites de Quantificação		
	µM	mg/L	Elementar (mg/L)	µM	mg/L	Elementar (mg/L)
Amônio	0,05	0,00090	0,00070	0,15	0,00270	0,00210
Nitrito	0,02	0,00092	0,00028	0,06	0,00276	0,00084
Nitrato	0,07	0,00434	0,00098	0,21	0,01302	0,00294
Fosfato	0,01	0,00095	0,00031	0,03	0,00285	0,00093
Fósforo Total	0,01	0,00031	0,00031	0,03	0,00093	0,00093

IV.3.2.2.3 – Fitopigmentos (clorofila a e feofitina-a)

Para a análise dos fitopigmentos (clorofila-a e feofitina-a) foram filtrados em campo dois litros de amostra e analisados por duas metodologias: 1) filtração com elemento filtrante de fibra de vidro (poros de 0,7 µm – GF/F Millipore®) e 2) filtração com membranas de celulose (poros de 0,45 µm – Acetato de Celulose Millipore®), ambos analisados, em laboratório, por espectrofluorescência. Comparando-se as duas metodologias de filtração, obteve-se concentrações médias $45,0 \pm 19,5\%$ (N = 78) maiores quando utilizados os filtros de fibra de vidro GF/F. Portanto, para este relatório foram utilizados os resultados obtidos a partir da extração dos pigmentos das células retidas nos filtros de fibra de vidro – GF/F, devido a sua menor porosidade, por permitir total maceração do filtro e por manter mais translúcido o solvente de extração (acetona 90%) que o filtro de acetato de celulose. Atualmente, essa metodologia vem sendo mais utilizada em estudos oceanográficos (Neveux & Lantoiné, 1993; Vanzan *et al.*, 2015).

Na análise de fitopigmentos, os filtros foram submetidos à extração (ao abrigo da luz) com acetona 90% durante um período de 18 horas sob refrigeração e, posteriormente, centrifugados (centrífuga Quimis, Q222TM2) a 3000 rpm por 5 minutos. Uma etapa adicional de acidificação do extrato, após a leitura da clorofila, foi necessária para a leitura da feofitina-a. A quantificação do

extrato foi realizada em espectrofluorímetro (Cary Eclipse, Varian) por varredura de excitação e absorção dos pigmentos.

O espectrofluorímetro foi calibrado a partir de uma solução padrão certificada de clorofila a (Cla-a) pura (DHI; Batch no. Chla-127, C=1,534 g/L). Para isso, a partir da solução padrão, foi preparada uma solução diluída em acetona 90% cuja densidade ótica (D.O), medida no nível máximo de absorção da clorofila no vermelho (664 nm), foi de 0,017 (193,91 µg/L de Cla-a pura). A partir desta solução, foram realizadas 6 diluições de concentrações conhecidas (taxas de diluição de 1,5x, 2x, 3x, 3,5x e 6x) e suas intensidades fluorescências relativas obtidas por registro do espectro de emissão de fluorescência. Cada espectro é composto por 31 comprimentos de onda de excitação de 390 a 480 nm, com intervalo de 3 nm. Para cada comprimento de onda de excitação, foi adquirido um espectro de emissão entre 615 e 715 nm com intervalos de 2 nm resultando em 51 dados de fluorescência. Desta forma, em cada uma das diluições em série, foram obtidos 1581 dados de fluorescência.

Os limites de detecção e quantificação estão apresentados na Tabela IV.3.2.2.3-1. Os resultados foram expressos em µg/L.

Tabela IV.3.2.2.3-1 – Valores dos limites de detecção e quantificação para as determinações de Clorofila a e Feofitina-a em amostras de água do mar.

	Limites de Detecção	Limites de Quantificação
	µg/L	µg/L
Clorofila-a e Feofitina-a	0,02	0,06

Controles Analíticos

Conforme descrito em cada grupo de parâmetros, para cada batelada de análise de amostras, foram realizados controles analíticos de processo a fim de assegurar a qualidade dos resultados obtidos. Desta forma, paralelamente às análises, foram analisados os seguintes controles de qualidade: brancos de frascaria (BrF), brancos de campo (BrC), com intuito de verificar possível interferência das condições de amostragem; brancos de método (BrM); controle de

curva de calibração, para verificar e validar a curva (Tabela IV.3.2.2-1). Os resultados obtidos nos controles analíticos, aplicados em todas as análises, apresentaram coeficiente de variação de até 10%.

Tabela IV.3.2.2-1 – Controles de qualidade analítica adotados no presente estudo e respectiva descrição/frequência.

Controle	Parâmetros	Descrição / periodicidade
Controle da Curva de Calibração (QC)	Nutrientes, COD, COP	Análise de padrões de nutrientes amônio, nitrito, nitrato, fosfato (Sigma Aldrich), padrão acetanilida ¹ (COP), e biftalato de potássio de 1000 ppm (COD) para elaboração de curva de calibração do equipamento, antes da realização da análise de um lote de amostras.
	Clorofila-a e Feofitina-a	Devido à alta degradabilidade da clorofila-a não há uma referência para controle da calibração diário. A estabilidade do equipamento permite que seja feita apenas a calibração anual das constantes de cálculo, com utilização do padrão certificado.
Branco do Método (BrM)	COD	Água ultra pura (Milli-Q®) aplicada no método limpeza do equipamento.
	COP	Um filtro branco (sem qualquer amostra) foi analisado do mesmo modo de leitura aplicado para as demais amostras, antes do início da batelada de análises.
	Clorofila-a e Feofitina-a	A cada 10 amostras analisadas, um filtro branco (sem qualquer amostra) foi submetido a extração (acetona 90%) e realizado a leitura como para as demais amostras.
Branco do Equipamento (BrE)	Nutrientes	O equipamento executa o “auto-zero” eletronicamente, antes de iniciar uma batelada de análises
	COD	Água ultra pura (Milli-Q®) aplicada no método limpeza do equipamento.
	COP	Acionamento do equipamento para leitura de amostra, idêntico ao adotado para todas as amostras, contudo, sem inserção de qualquer material no amostrador do aparelho.
	Clorofila-a e Feofitina-a	Equipamento foi acionado para leitura sem inserção da cubeta.

Controle	Parâmetros	Descrição / periodicidade
Branco do Reagente (BrR)	Nutrientes	Análise de água ultrapura com os mesmos reagentes utilizados para as amostras.
	COP	Análise de cápsula de estanho vazia, seguindo o procedimento de acionamento do equipamento para leitura de amostra.
	Clorofila-a e Feofitina-a	Equipamento acionado para leitura com a cubeta contendo somente o reagente utilizado para extração dos fitopigmentos (acetona pura 90%)
Amostra Controle do Laboratório (ACL)	COP	Análise de material de referência certificado (High OAS B2151 ² e Nist SRM 1941 ³) por lote de amostras analisado, seguindo o procedimento de pesagem e inserção no equipamento idêntico ao adotado para as amostras.
Branco de Campo (BrC)	COD, COT e nutrientes	Branco de campo utilizado por lote de amostras entregues para cada matriz. Frasco permaneceu aberto durante a amostragem ⁴ .
Branco de Frascaria (BrF)	COD, COT e nutrientes	Branco de frasco de coleta utilizado por lote de amostras entregues para cada matriz. O branco de frascaria seguiu o procedimento do BrC ⁴

Notas:

1 - Acetanilida: Carbono 71,10%

2 – Referência HIGH OAS B2151: Carbono 7,45%

3 – Referência NIST SRM 1941: Carbono 3,3%

4 - Os frascos de branco de campo e branco de frascaria foram preenchidos com água ultra pura (Milli-Q®) para serem analisados, seguindo o mesmo procedimento de análise das demais amostras.

IV.3.2.3 – Metodologia de Tratamento de Dados

As informações sobre os métodos aplicados para o tratamento de dados (estatística descritiva, correlações, NMDS, análises fatoriais não-paramétricas, entre outras) e os procedimentos nos quais foram realizados os agrupamentos dos dados do compartimento Água podem ser encontrados no Capítulo III, item III.3.2 – MÉTODOS DE TRATAMENTO DE DADOS.

De maneira a otimizar a apresentação de resultados e permitir uma melhor exploração dos dados, as variáveis analisadas foram agrupadas conforme Tabela IV.3.2.3-1.

Tabela IV.3.2.3-1 – Apresentação das variáveis de hidroquímica usadas nas análises univariadas e bi ou multivariadas.

Grupos de variáveis	Variáveis e unidades	Rótulo
Variáveis físico-químicas	Temperatura (°C)	TEMP
	Salinidade (PSU)	SALIN
	Oxigênio Dissolvido (mg/L)	OD
	pH	pH
Carbono/MPS	COD (mg/L)	COD
	COP (mg/L)	COP
	COT (mg/L)	COT
	MPS (mg/L)	MPS
Nutrientes	Nitrato ($\mu\text{mol/L}$)	NITRATO
	Nitrito ($\mu\text{mol/L}$)	NITRITO
	Nitrogênio Amoniacal ($\mu\text{mol/L}$)	NAMON
	Fosfato ($\mu\text{mol/L}$)	FOSFATO
Pigmentos	Fósforo total ($\mu\text{mol/L}$)	PTOT
	Clorofila a ($\mu\text{g/L}$)	CLOROF
	Feofitina-a a ($\mu\text{g/L}$)	FEOFIT

Além das análises descritas acima, a exploração dos dados univariados contemplou, para todas as variáveis, a elaboração de gráficos em barra e box-plot (mediana e quartis) com fins descritivos do panorama geral dos resultados. Análises inferências PERMANOVA foram aplicadas para comparações dos parâmetros analisados em função da província, área e profundidade amostradas, sob o nível de significância de 5%. Em função da existência de unidades métricas distintas, para todas as análises multivariadas do grupo “variáveis físico-químicas” foram realizadas transformações Z (standardização) dos dados. (Tabela IV.3.2.3-1).

Nas análises inferenciais utilizadas para comparar dados dos projetos PMAR-BC e PCR-BC, foram seguidos os procedimentos descritos no Capítulo III, item III.3.2.

IV.3.3 – RESULTADOS

IV.3.3.1 – Variáveis físico-químicas nas três áreas da Bacia de Campos

A Tabela IV.3.3.1-1 apresenta uma síntese das estatísticas descritivas das variáveis físico-químicas nas amostras de água do mar obtidas na primeira campanha do PMAR-BC, considerando-se as diferentes províncias (plataforma e talude), áreas (norte, centro e sul) e estratos coletados (superfície, meio e próximo ao fundo).

Temperatura

A temperatura da água variou entre 16,15 e 28,97 °C considerando o conjunto de amostras do PMAR-BC (Tabela IV.3.3.1-1; Figura IV.3.3.1-1). Em geral, as águas superficiais do talude se encontraram mais aquecidas do que na plataforma continental, apresentando variações entre as províncias, exceto na área norte (Figura IV.3.3.1-1; ANEXO [IV.3.7-1] Tabela 1). Na plataforma continental, as águas superficiais apresentaram valores mais elevados em relação aos demais estratos e diminuição significativa da temperatura com o aumento da profundidade (Figuras IV.3.3.1-1 e IV.3.3.1-2; ANEXO [IV.3.7-1] Tabela 2). Ainda nessa província, quando foram comparadas as áreas observou-se que a temperatura média na área central foi mais baixa em todas as profundidades de coleta (Figura IV.3.3.1-2), apresentando diferenças significativas, exceto no estrato mais profundo, em relação à área sul.

Salinidade

A salinidade variou entre 35,68 e 39,23 PSU durante as amostragens do PMAR-BC (Tabela IV.3.3.1-1; Figura IV.3.3.1-3). Amostras no talude não diferiram das obtidas na plataforma continental, contudo, as menores e maiores salinidades registradas nesta província ocorreram na área centro (Figura IV.3.3.1-3 e IV.3.3.1-4; ANEXO [IV.3.7-1] Tabela 3). Na plataforma continental, foi observado o padrão de redução da salinidade em função do aumento da profundidade (Figura IV.3.3.1-

3; ANEXO [IV.3.7-1] Tabela 4). Nessa província, menores salinidades na área central também foram registradas nos estratos de meio e fundo (Figura IV.3.3.1-4; ANEXO [IV.3.7-1] Tabela 4).

Oxigênio Dissolvido (OD)

As concentrações de oxigênio dissolvido variaram entre 6,09 e 6,87 mg/L (Tabela IV.3.3.1-1, figura IV.3.3.1-5). Não houve diferenças nas tendências das concentrações de OD nas águas superficiais entre a Plataforma ($6,31 \pm 0,12$ mg/L) e o Talude ($6,32 \pm 0,16$ mg/L) durante a campanha PMAR-BC (Figura IV.3.3.1-6; ANEXO [IV.3.7-1] Tabela 5). A província da plataforma continental apresentou as maiores concentrações de oxigênio dissolvido em águas mais profundas (Figura IV.3.3.1-6; ANEXO [IV.3.7-1] Tabela 6). Nesta província, variações também ocorreram em relação à área amostral, com o maior valor médio reportado no estrato médio da área sul (Figura IV.3.3.1-6; ANEXO [IV.3.7-1] Tabela 6).

pH

O pH na água variou entre o valor mínimo 7,95 e o máximo 8,26, não havendo diferença entre províncias (Tabela IV.3.3.1-1; Figura IV.3.3.1-7; ANEXO [IV.3.7-1] Tabela 7). Variações no pH estiveram atreladas à área amostral. Especificamente no talude, registrou-se um pH discretamente menor na área centro (8,07), ressaltando variações entre todas as áreas amostrais (Figura IV.3.3.1-8; ANEXO [IV.3.7-1] Tabela 7). Na plataforma continental, a profundidade não influenciou na variação do pH. Contudo, os dados obtidos na plataforma continental também denotaram a influência das áreas amostrais na variação do pH nos diferentes estratos batimétricos (ANEXO [IV.3.7-1] Tabela 8). Nessa província, pH médio acima de 8,2 foram registrados na área centro.

Tabela IV.3.3.1-1 – Resultados das variáveis físico-químicas nas amostras da 1ª Campanha do PMAR-BC: valores médios, desvio padrão (DP), medianos, mínimos (Mín.) e máximos (Máx).

Parâmetro		PLATAFORMA										TALUDE			
		GERAL	ÁREAS									GERAL	ÁREAS		
			NORTE			CENTRO			SUL				NORTE	CENTRO	SUL
			S	M	F	S	M	F	S	M	F		S	S	S
Temperatura (°C)	Média	22,92	27,77	22,78	19,59	26,59	18,67	17,20	28,83	26,28	18,54	28,11	28,47	27,27	28,59
	DP	4,44	0,36	2,04	1,36	0,39	0,47	0,62	0,14	1,07	1,99	0,71	0,13	0,62	0,13
	Mediana	22,44	27,77	22,44	19,67	26,61	18,71	17,00	28,87	26,18	17,99	28,42	28,44	27,10	28,60
	Mín.	16,16	27,33	20,36	17,34	26,19	18,09	16,76	28,65	25,12	16,16	26,74	28,29	26,74	28,35
	Máx.	28,97	28,20	26,30	20,89	27,02	19,16	18,45	28,97	28,15	21,05	28,71	28,67	28,41	28,71
Salinidade (PSU)	Média	36,64	37,16	36,76	36,29	37,06	36,08	35,82	37,29	37,15	36,12	37,37	37,50	37,41	37,19
	DP	0,56	0,13	0,25	0,25	0,10	0,09	0,11	0,02	0,08	0,34	0,54	0,18	0,95	0,03
	Mediana	36,71	37,12	36,71	36,31	37,09	36,07	35,79	37,29	37,15	36,04	37,22	37,44	36,94	37,18
	Mín.	35,68	37,04	36,44	35,87	36,90	35,97	35,73	37,27	37,06	35,68	36,83	37,37	36,83	37,16
	Máx.	37,35	37,35	37,18	36,53	37,20	36,20	36,03	37,33	37,30	36,55	39,23	37,85	39,23	37,24
Oxigênio Dissolvido (mg/L)	Média	6,42	6,23	6,37	6,24	6,45	6,47	6,56	6,29	6,71	6,47	5,97	6,21	6,55	6,29
	DP	0,17	0,05	0,09	0,04	0,08	0,07	0,07	0,02	0,17	0,07	1,50	0,18	0,17	0,01
	Mediana	6,41	6,24	6,37	6,24	6,48	6,48	6,55	6,29	6,76	6,45	6,29	6,16	6,50	6,29
	Mín.	6,14	6,14	6,27	6,19	6,32	6,34	6,51	6,27	6,43	6,38	6,09	6,09	6,40	6,27
	Máx.	6,87	6,28	6,52	6,28	6,56	6,54	6,68	6,31	6,87	6,57	6,59	6,57	6,87	6,30
pH	Média	8,16	8,10	8,11	8,11	8,21	8,20	8,19	8,19	8,19	8,15	8,15	8,16	8,07	8,22
	DP	0,06	0,04	0,02	0,03	0,02	0,04	0,03	0,09	0,07	0,04	0,08	0,03	0,07	0,01
	Mediana	8,17	8,10	8,11	8,11	8,22	8,20	8,20	8,23	8,22	8,16	8,17	8,17	8,10	8,22
	Mín.	8,02	8,06	8,08	8,07	8,17	8,13	8,12	8,02	8,06	8,08	7,95	8,12	7,95	8,21
	Máx.	8,26	8,17	8,13	8,15	8,24	8,25	8,22	8,26	8,24	8,18	8,23	8,19	8,13	8,23

Legenda: S: superfície; M: meio; F: fundo. GERAL: todas as amostras do grupo.

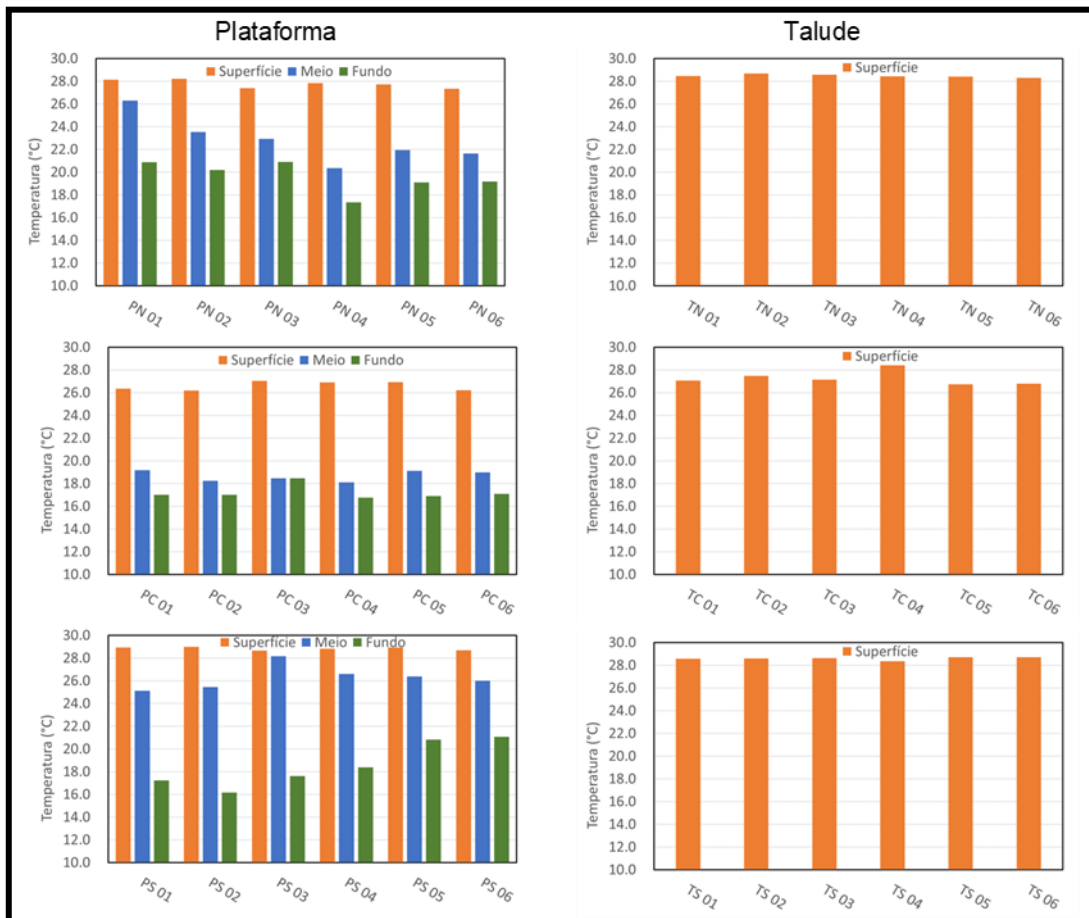


Figura IV.3.3.1-1 – Distribuição da **temperatura** (média, em °C) nos estratos de profundidade (superfície, meio e fundo) amostrados nas províncias (plataforma e talude), nas diferentes áreas (norte - N, centro - C e sul - S) durante a 1ª Campanha do PMAR-BC. P= estações de plataforma e T= estações de talude.

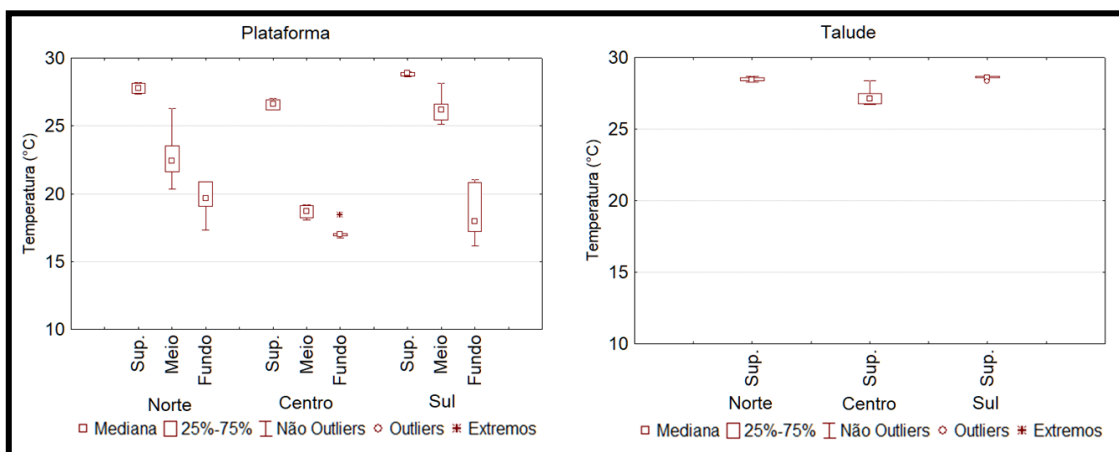


Figura IV.3.3.1-2 – Variação de **temperatura** (°C) nos estratos de profundidade (Sup. = superfície, meio e fundo) amostrados nas províncias (plataforma e talude), nas diferentes áreas (norte, centro e sul) durante a 1ª Campanha do PMAR-BC.

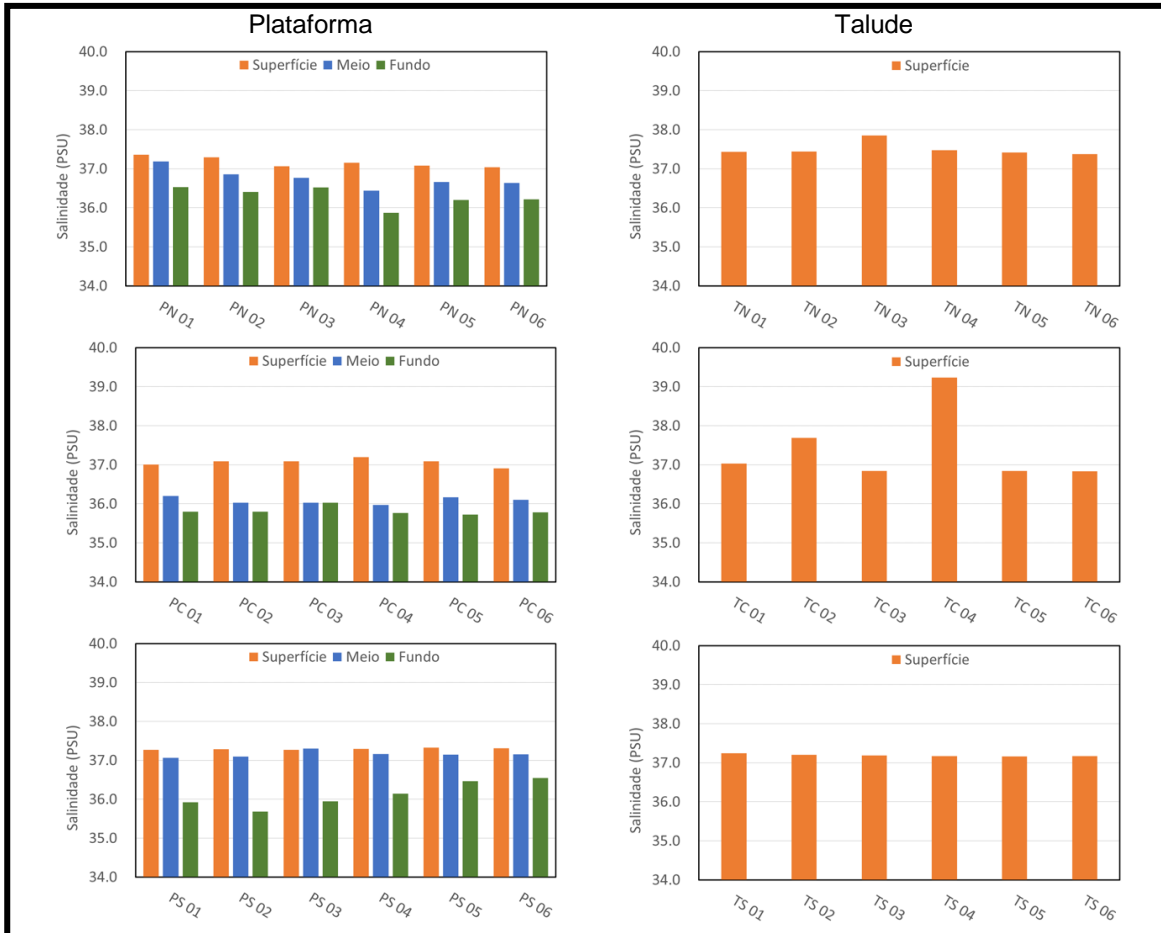


Figura IV.3.3.1-3 – Distribuição de **salinidade** (média, em PSU) nos estratos de profundidade (superfície, meio e fundo) amostrados nas províncias (plataforma e talude), nas diferentes áreas (norte - N, centro - C e sul - S) durante a 1ª Campanha do PMAR-BC. P= estações de plataforma e T= estações de talude.

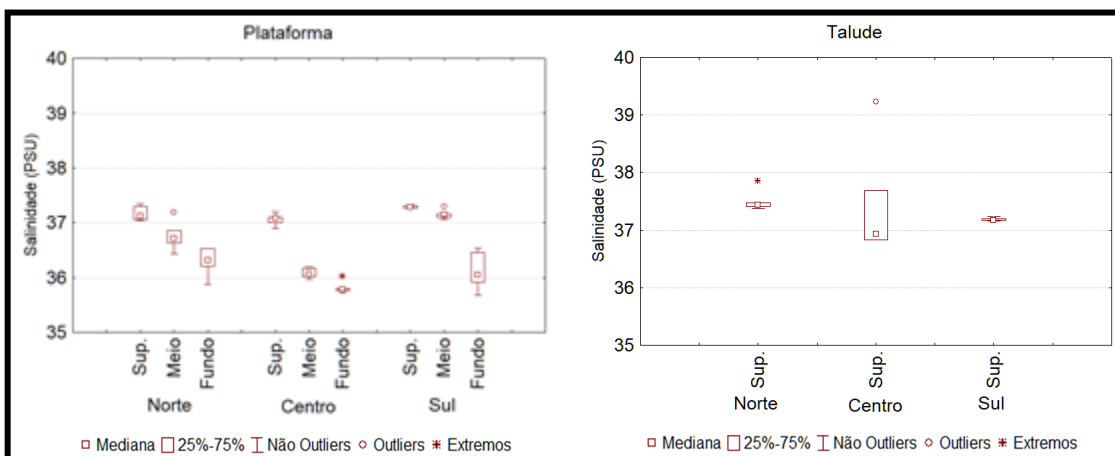


Figura IV.3.3.1-4 – Variação de **salinidade** (PSU) nos estratos de profundidade (Sup. = superfície, meio e fundo) amostrados nas províncias (plataforma e talude), nas diferentes áreas (norte, centro e sul) durante a 1ª Campanha do PMAR- BC.

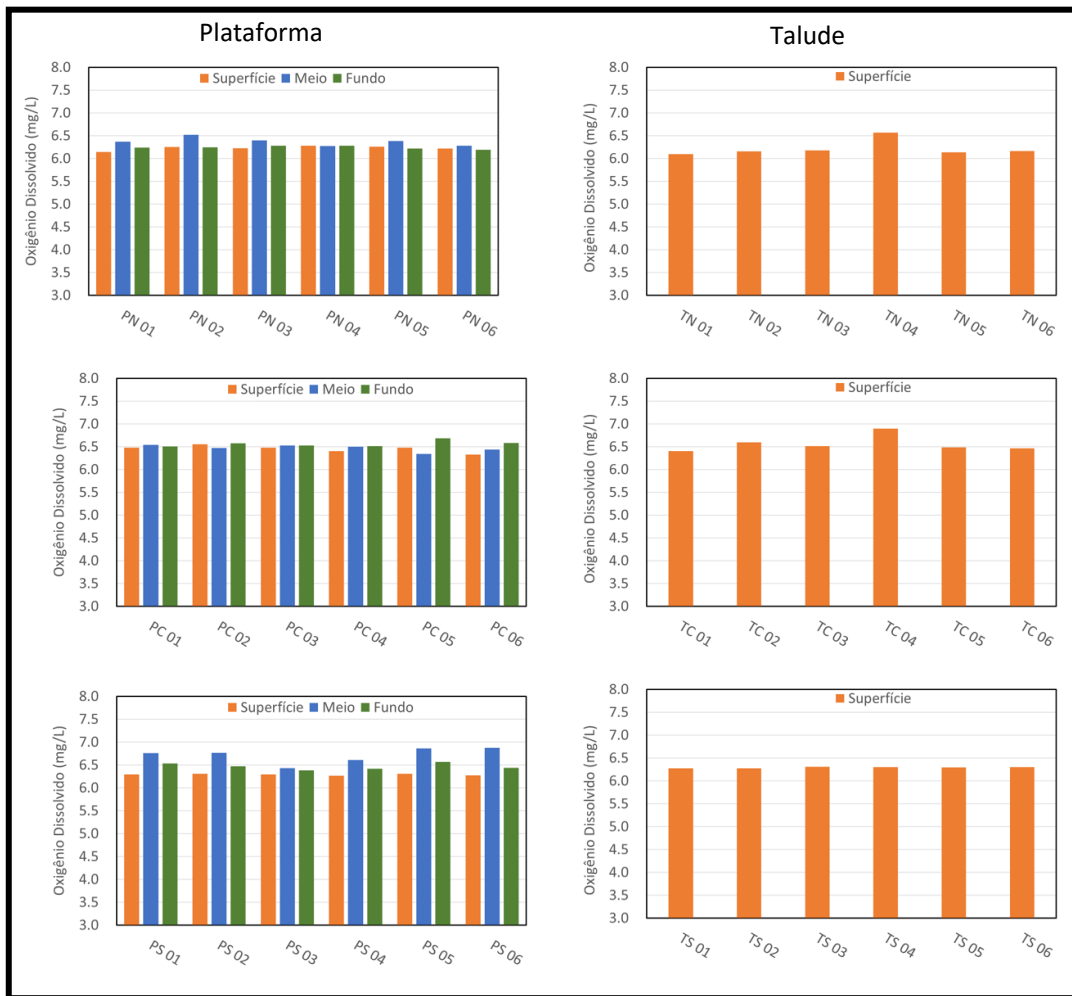


Figura IV.3.3.1-5 – Distribuição de Oxigênio Dissolvido (média, em mg/L) nos estratos de profundidade (superfície, meio e fundo) amostrados nas províncias (plataforma e talude), nas diferentes áreas (norte - N, centro - C e sul - S) durante a 1ª Campanha do PMAR-BC. P= estações de plataforma e T= estações de talude.

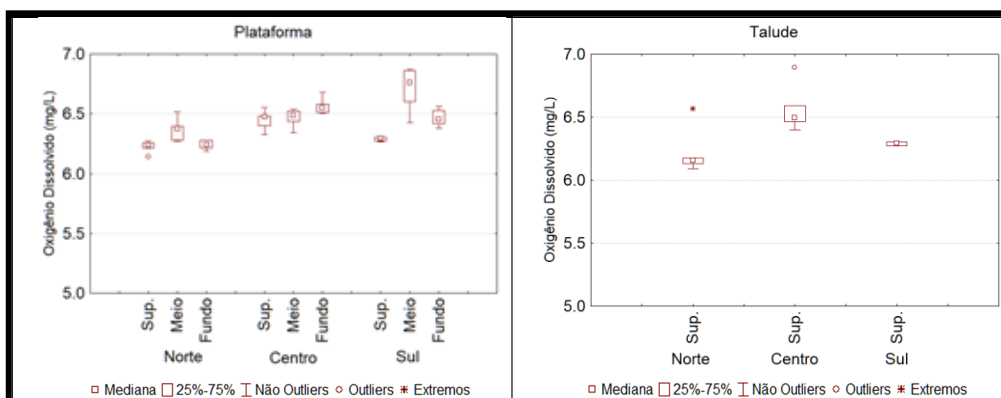


Figura IV.3.3.1-6 – Variação de Oxigênio Dissolvido (mg/L) nos estratos de profundidade (Sup. = superfície, meio e fundo) amostrados nas províncias (plataforma e talude), nas diferentes áreas (norte, centro e sul) durante a 1ª Campanha do PMAR-BC.

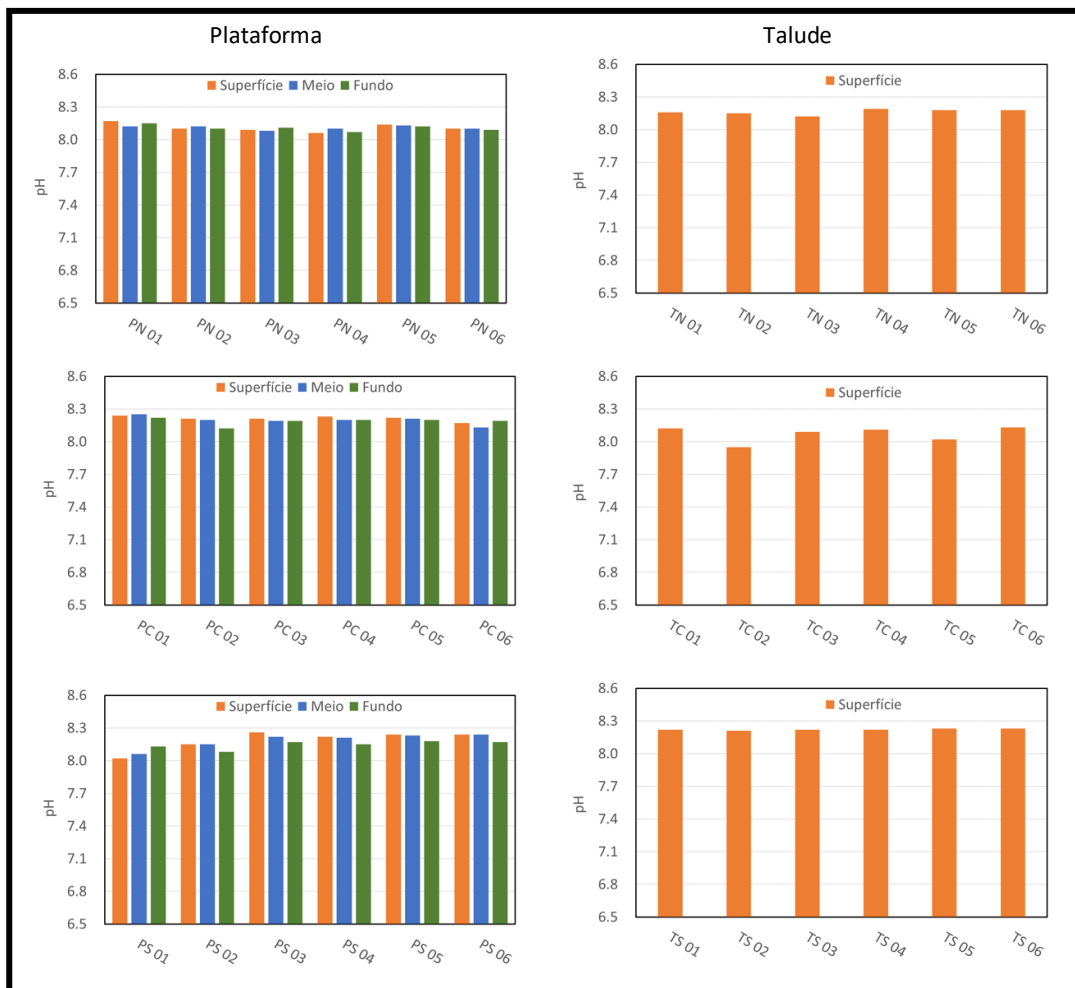


Figura IV.3.3.1-7 – Distribuição de **pH** (média) nos estratos de profundidade (superfície, meio e fundo) amostrados nas províncias (plataforma e talude), nas diferentes áreas (norte - N, centro - C e sul - S) durante a 1ª Campanha do PMAR-BC. P= estações de plataforma e T= estações de talude.

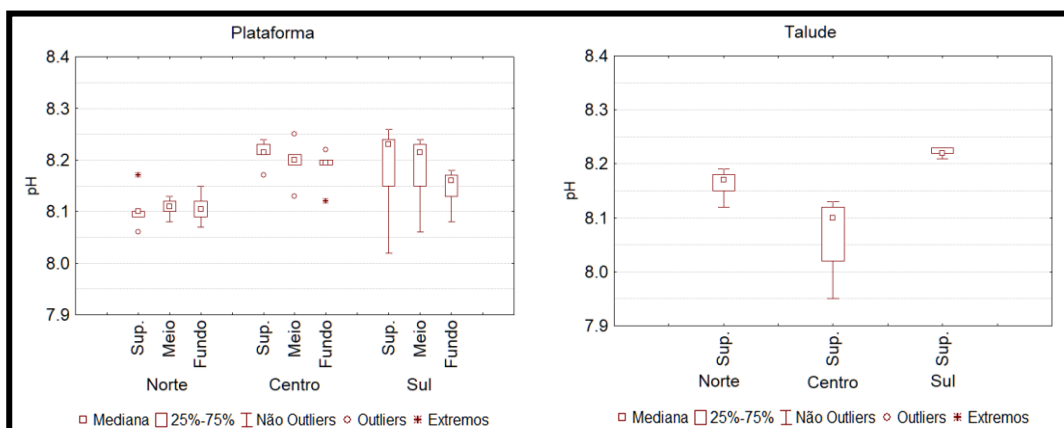


Figura IV.3.3.1-8 – Variação de **pH** nos estratos de profundidade (Sup. = superfície, meio e fundo) amostrados nas províncias (plataforma e talude), nas diferentes áreas (norte, centro e sul) durante a 1ª Campanha do PMAR-BC.

IV.3.3.1.1 – Análises estatísticas multivariadas com base nas variáveis físico-químicas nas três áreas da Bacia de Campos

A. Análises exploratórias multivariadas: Comparações entre províncias (águas superficiais) e entre as profundidades de coleta da plataforma

A ampla variação dos parâmetros físico-químicos (OD, pH, temperatura e salinidade) entre as províncias, profundidades e áreas amostrais do PMAR-BC pode ser evidenciada através das ordenações dos dados pelas análises NMDS (Figura IV.3.3.1.1-1). Com exceção da estação PSS1, a área sul foi caracterizada pela ocorrência das águas mais alcalinas do PMAR-BC. Maiores dissimilaridades nos pontos amostrais foram observadas na área central e norte. Na maior parte dos dados, amostras da área centro mostraram valores de pH e oxigênio dissolvido elevados, enquanto as estações da área norte foram caracterizadas por águas mais salinas e quentes (Figura IV.3.3.1.1-1a).

Padrões reportados anteriormente em relação à batimetria foram também corroborados pela análise de NMDS, evidenciando a ocorrência de águas superficiais quentes, com pH discretamente mais baixos e com menores concentrações de oxigênio em comparação aos demais estratos (Figura IV.3.3.1.1-1b).

Análise em componentes principais (PCA) explicou 96,7% da variabilidade dos resultados (ANEXO [IV.3.7-2] Figura 1). Através do eixo I (autovalor 66,49), ficou evidente que o pH da água foi o parâmetro que melhor justificou a variabilidade dos dados amostrados (autovetor 0,99). Esse parâmetro não se correlacionou com os demais parâmetros abióticos analisados (temperatura, salinidade e OD). A temperatura da água se correlacionou positivamente com a salinidade, e estes dois fatores se correlacionaram negativamente com o oxigênio dissolvido.

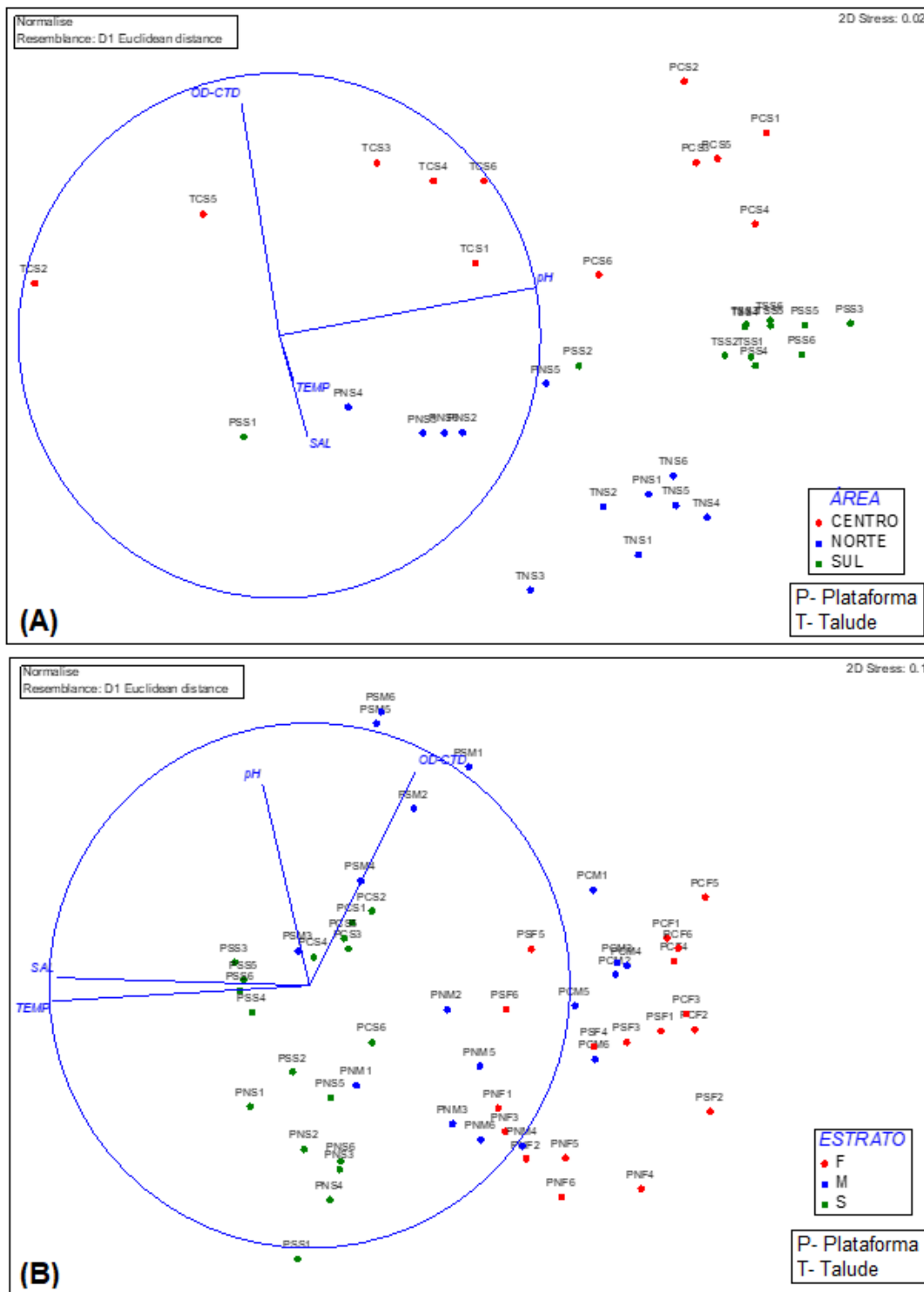


Figura IV.3.3.1.1-1 – NMDS em que os eixos representam as correlações de Spearman do grupo de **variáveis físico-químicas**: pH, oxigênio dissolvido - OD, salinidade – Sal, temperatura – Temp) nas áreas Norte, Centro e Sul das águas superficiais do talude e plataforma (A) e nos estratos superfície – S, meio – M e fundo – F das águas da plataforma (B).

B. Análises inferenciais multivariadas: Comparações entre as águas superficiais da plataforma e do talude

Os resultados dos testes de inferência PERMANOVA (testes *main effects* e pareados) são apresentados na Tabela IV.3.3.1.1-1, com base nas variáveis físico-químicas das amostras de superfície. Esses resultados são sintetizados em:

- 1- As comparações baseadas nas variáveis físico-químicas da água denotaram diferenças entre as áreas amostradas ($p=0,0001$, PERMANOVA). Na plataforma a distinção ocorreu entre as áreas centro e norte ($p=0,0001$; *pair-wise tests*): neste grupo de variáveis, esta diferença foi prioritariamente ocasionada pelas maiores concentrações de pH nas amostras de superfície da área centro quando comparadas com as da área norte (Figura IV.3.3.1.1-1a). No talude, as variáveis físico-químicas da água marcaram a distinção entre todas as áreas amostradas ($p\leq 0,0002$; *pair-wise tests*): Essa diferença foi observada em todos os parâmetros físico-químicos analisados. De forma mais evidente, observou-se as maiores temperaturas e salinidades em águas da área norte e as maiores concentrações de oxigênio dissolvido na área centro e aos maiores pH na área sul (Figura IV.3.3.1.1-1a).
- 2- A comparação mostrou não haver diferença entre a plataforma e talude ($p=0,250$; PERMANOVA). Contudo, diferenças são observadas baseadas na interação entre os fatores província e área ($p=0,0002$, PERMANOVA). Especificamente, as características físico-químicas da água distinguiram a plataforma do talude nas áreas norte ($p=0,0027$; *pair-wise tests*) e centro ($p=0,0006$; *pair-wise tests*): diferenças entre províncias na área norte foram atribuídas aos valores elevados de temperatura e salinidade nas águas do talude, enquanto na área centro a diferença entre províncias esteve relacionada aos maiores valores de pH na plataforma (Figura IV.3.3.1.1-1a).

Tabela IV.3.3.1.1-1 – Resultados dos testes de inferência PERMANOVA (testes *main effects* e *pareados*) para as amostras de superfície considerando comparações entre área e província do PMAR-BC, em relação ao grupo de variáveis físico-químicas (T, S, OD e pH).

PERMANOVA table of results							
Source	df	SS	MS	Pseudo-F	P(perm)	Uniques	P(MC)
Província	1	1,0257	1,0257	1,3377	0,2533	9947	0,2501
Área	2	28,209	14,105	18,395	0,0001	9953	0,0001
Província x Área	2	19,36	9,6802	12,625	0,0001	9955	0,0002
Res	30	23,003	0,76678				
Total	35	71,599					
PAIR-WISE TESTS							
Term "Província x Área" for pairs of levels of factor "Província"							
Within level "Centro" of factor "Área"							
Groups	t	P(Perm)	Uniques	P(MC)			
PLATAFORMA, TALUDE	4,2404	0,0019	461	0,0006			
Within level "Norte" of factor "Área"							
Groups	t	P(Perm)	Uniques	P(MC)			
PLATAFORMA, TALUDE	3,1537	0,0058	462	0,0027			
Within level "Sul" of factor "Área"							
Groups	t	P(Perm)	Uniques	P(MC)			
PLATAFORMA, TALUDE	0,94692	0,4544	462	0,3718			
PAIR-WISE TESTS							
Term "Província x Área" for pairs of levels of factor "Área"							
Within level "Plataforma" of factor "Província"							
Groups	t	P(Perm)	Uniques	P(MC)			
CENTRO, NORTE	5,4181	0,0031	462	0,0001			
CENTRO, SUL	1,893	0,0082	462	0,0508			
NORTE, SUL	2,0276	0,0648	462	0,0546			
Within level "Talude" of factor "Província"							
Groups	t	P(Perm)	Uniques	P(MC)			
CENTRO, NORTE	5,1168	0,0019	462	0,0001			
CENTRO, SUL	5,6494	0,0019	462	0,0002			
NORTE, SUL	6,0081	0,0022	462	0,0002			

C. Análises inferenciais multivariadas: Comparações entre as profundidades de coleta da plataforma

Os resultados da PERMANOVA (testes *main effects* e *pareados*) com as amostras em perfil de profundidade e áreas na plataforma continental são apresentados na Tabela IV.3.3.1.1-2. Esses resultados são sintetizados em:

- 1- As variáveis físico-químicas proporcionaram diferenças na água entre os estratos, área e na interação estrato e área ($p=0,0001$; PERMANOVA).
- 2- Em relação ao gradiente de profundidade, os dados obtidos em águas superficiais mostraram variações apenas entre as áreas norte e centro ($p=0,001$; *pair-wise tests*): águas da área centro com maior concentração de OD e pH (ver Figura IV.3.3.1.1-1b). Nos demais estratos, os parâmetros da água diferiram entre todas as áreas amostradas ($p<0,0168$; *pair-wise*

tests): os menores valores de salinidade e temperatura na área centro estiveram associados às diferenças no estrato meio. No estrato fundo, as diferenças entre áreas estiveram relacionadas aos menores valores de salinidade e temperatura nas áreas centro e sul (ver Figura IV.3.3.1.1-1b).

- 3- Comparações pareadas mostraram que as características físico-químicas da água variaram entre todos os estratos dentro de todas as áreas amostradas ($p < 0,0192$; *pair-wise tests*).

Tabela IV.3.3.1.1-2 – Resultados dos testes de inferência PERMANOVA para as amostras nos estratos (superfície - S, meio - M e fundo - F) coletados na plataforma do PMAR-BC, em relação ao grupo de variáveis físico-químicas (T, S, OD e pH).

PERMANOVA table of results							
Source	df	SS	MS	Pseudo-F	P(perm)	Uniques	P(MC)
Estrato	2	87,836	43,918	45,603	0,0001	9940	0,0001
Área	2	53,615	26,808	27,836	0,0001	9945	0,0001
Estrato x Área	4	20,354	5,0885	5,2836	0,0001	9926	0,0001
Res	45	43,338	0,96306				
Total	53	205,14					
PAIR-WISE TESTS							
Term "Estrato x Área" for pairs of levels of factor "Estrato"							
Within level "Centro" of factor "Área"							
Groups	t	P(Perm)	Uniques	P(MC)			
F, M	2,1729	0,0059	462	0,0192			
F, S	8,3343	0,0022	462	0,0001			
M, S	6,1434	0,0031	462	0,0001			
Within level "Norte" of factor "Área"							
Groups	t	P(Perm)	Uniques	P(MC)			
F, M	2,8505	0,0073	462	0,007			
F, S	5,7769	0,0018	462	0,0001			
M, S	3,3745	0,0024	462	0,0008			
Within level "Sul" of factor "Área"							
Groups	t	P(Perm)	Uniques	P(MC)			
F, M	4,0005	0,0028	462	0,0004			
F, S	4,6215	0,0025	462	0,0001			
M, S	3,0306	0,0023	462	0,0016			
PAIR-WISE TESTS							
Term "Estrato x Área" for pairs of levels of factor "Área"							
Within level "F" of factor "Estrato"							
Groups	t	P(Perm)	Uniques	P(MC)			
CENTRO, NORTE	5,9658	0,0034	462	0,001			
CENTRO, SUL	2,04	0,0056	462	0,0168			
NORTE, SUL	2,9501	0,0027	462	0,0016			
Within level "M" of factor "Estrato"							
Groups	t	P(Perm)	Uniques	P(MC)			
CENTRO, NORTE	4,4733	0,0019	462	0,0003			
CENTRO, SUL	4,2614	0,0018	462	0,0003			
NORTE, SUL	3,6407	0,0027	462	0,0006			
Within level "S" of factor "Estrato"							
Groups	t	P(Perm)	Uniques	P(MC)			
CENTRO, NORTE	5,4181	0,0019	462	0,0001			
CENTRO, SUL	1,893	0,0086	462	0,0537			
NORTE, SUL	2,0276	0,0656	462	0,0606			

IV.3.3.2 – Distribuição de carbono (COD, COP e COT) e MPS nas três áreas da Bacia de Campos

A Tabela IV.3.3.2-1 apresenta uma síntese das estatísticas descritivas do grupo de compostos de carbono e MPS nas amostras de água do mar obtidas na primeira campanha do PMAR-BC, considerando-se as diferentes províncias (plataforma e talude), áreas (norte, centro e sul) e estratos coletados (superfície, meio e próximo ao fundo).

Carbono Orgânico Dissolvido (COD)

As concentrações de carbono orgânico dissolvido permaneceram dentro dos padrões oceânicos, variando entre 0,31 e 1,15 mg/L (Tabela IV.3.3.2-1; Figura IV.3.3.2-1). Análises das águas superficiais denotaram igualdade entre as províncias e áreas amostrais (Figura IV.3.3.2-1; ANEXO [IV.3.7-1] Tabela 9). Os menores valores médios foram encontrados na plataforma continental no estrato fundo da área sul. Em contrapartida, o maior valor foi reportado para a área norte, no estrato meio (Figura IV.3.3.2-2; ANEXO [IV.3.7-1] Tabela 10).

Carbono Orgânico Particulado (COP)

As concentrações de COP na água variaram entre 0,03 e 0,14 mg/L no PMAR-BC (Tabela IV.3.3.2-1; Figura IV.3.3.2-3). Não foram registradas para o talude diferenças em relação à plataforma continental. Contudo, as águas da área central diferiram das águas da área sul (Figura IV.3.3.2-3; ANEXO [IV.3.7-1] Tabela 11). Adicionalmente, diferenças significativas no COP da plataforma continental estiveram relacionadas aos estratos e áreas amostrais, sendo registradas as maiores médias de material orgânico particulado em águas superficiais da área sul, sem a presença de uma macrotendência evidente para esta província (Figura IV.3.3.2-4; ANEXO [IV.3.7-1] Tabela 12).

Carbono Orgânico Total (COT)

Através da soma das concentrações de COD e COP, foram obtidas as concentrações de carbono orgânico total (COT), conforme apresentado no item de metodologia analítica (IV.3.2.2.-1). No PMAR-BC as concentrações deste composto orgânico variaram entre 0,38 e 1,23 mg/L (Tabela IV.3.3.2-1; Figura IV.3.3.2-5). Não houve diferença significativa na província talude considerando os fatores áreas e também não foi observado uma diferença significativa em relação à província plataforma (Figura IV.3.3.2-6; ANEXO [IV.3.7-1] Tabela 13). Considerando apenas os dados da plataforma continental, o COT variou em função dos estratos amostrais, evidenciando reduções nas concentrações em virtude do aumento de profundidade (Figura IV.3.3.2-6; ANEXO [IV.3.7-1] Tabela 14).

Material Particulado em Suspensão (MPS)

As concentrações de material particulado em suspensão na água na região estudada variaram entre valores 0,12 e 1,13 mg/L (Tabela IV.3.3.2-1; Figura IV.3.3.2-7). Os valores encontrados no talude não diferiram dos obtidos na plataforma continental. Nesta província, os menores valores foram obtidos na área sul (Figura IV.3.3.2-8), ressaltando as diferenças entre as áreas amostrais (ANEXO [IV.3.7-1] Tabela 15). Considerando apenas a plataforma continental, variações do MPS estiveram associadas à área de amostragem e a profundidade (ANEXO [IV.3.7-1] Tabela 16). Nesse sentido, pode-se observar que a área norte se destacou das demais pelas maiores concentrações, principalmente pelos valores obtidos em águas superficiais (Figuras IV.3.3.2-7 e IV.3.3.2-8).

Tabela IV.3.3.2-1 – Resultados do grupo de compostos de carbono e MPS nas amostras da 1ª Campanha do PMAR-BC: valores médios, desvio padrão (DP), medianos, mínimos (Mín.) e máximos (Máx.).

Parâmetro		PLATAFORMA										TALUDE			
		GERAL	ÁREAS									GERAL	ÁREAS		
			NORTE			CENTRO			SUL				NORTE	CENTRO	SUL
			S	M	F	S	M	F	S	M	F		S	S	S
COT (mg/L)	Média	0,76	0,93	0,85	0,72	0,79	0,70	0,66	0,84	0,78	0,55	0,83	0,77	0,87	0,86
	DP	0,19	0,08	0,20	0,22	0,23	0,16	0,23	0,15	0,14	0,08	0,11	0,07	0,16	0,06
	Mediana	0,74	0,90	0,80	0,71	0,74	0,65	0,62	0,86	0,74	0,56	0,85	0,77	0,90	0,86
	Mín.	0,38	0,87	0,68	0,43	0,54	0,53	0,38	0,61	0,67	0,41	0,66	0,68	0,66	0,76
	Máx.	1,23	1,08	1,23	1,06	1,15	0,97	1,00	1,03	1,06	0,64	1,05	0,86	1,05	0,94
COP (mg/L)	Média	0,08	0,09	0,07	0,05	0,11	0,09	0,07	0,07	0,09	0,09	0,08	0,08	0,10	0,07
	DP	0,02	0,03	0,01	0,01	0,02	0,02	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
	Mediana	0,08	0,09	0,07	0,05	0,12	0,09	0,07	0,07	0,09	0,09	0,08	0,07	0,10	0,07
	Mín.	0,03	0,04	0,05	0,03	0,09	0,07	0,06	0,06	0,06	0,07	0,05	0,05	0,07	0,05
	Máx.	0,14	0,14	0,09	0,07	0,14	0,11	0,08	0,08	0,12	0,11	0,11	0,10	0,11	0,10
COD (mg/L)	Média	0,68	0,84	0,78	0,67	0,68	0,61	0,59	0,77	0,69	0,46	0,75	0,69	0,78	0,79
	DP	0,19	0,09	0,19	0,22	0,23	0,15	0,23	0,15	0,14	0,07	0,11	0,06	0,15	0,07
	Mediana	0,68	0,83	0,73	0,66	0,63	0,57	0,55	0,79	0,66	0,48	0,77	0,69	0,82	0,79
	Mín.	0,31	0,73	0,61	0,36	0,42	0,46	0,31	0,53	0,55	0,32	0,55	0,61	0,55	0,66
	Máx.	1,15	0,99	1,15	1,01	1,01	0,86	0,93	0,96	0,97	0,54	0,94	0,77	0,94	0,87
MPS (mg/L)	Média	0,52	0,87	0,73	0,68	0,41	0,31	0,46	0,32	0,42	0,51	0,63	0,83	0,76	0,30
	DP	0,24	0,12	0,11	0,24	0,14	0,19	0,19	0,13	0,22	0,13	0,29	0,22	0,16	0,08
	Mediana	0,47	0,89	0,75	0,74	0,39	0,22	0,44	0,32	0,34	0,52	0,66	0,81	0,72	0,30
	Mín.	0,12	0,68	0,57	0,28	0,24	0,17	0,22	0,12	0,25	0,34	0,19	0,56	0,55	0,19
	Máx.	1,05	1,05	0,88	0,99	0,64	0,68	0,79	0,51	0,85	0,64	1,13	1,13	0,98	0,41

Legenda: S: superfície; M: meio; F: fundo. GERAL: todas as amostras do grupo.

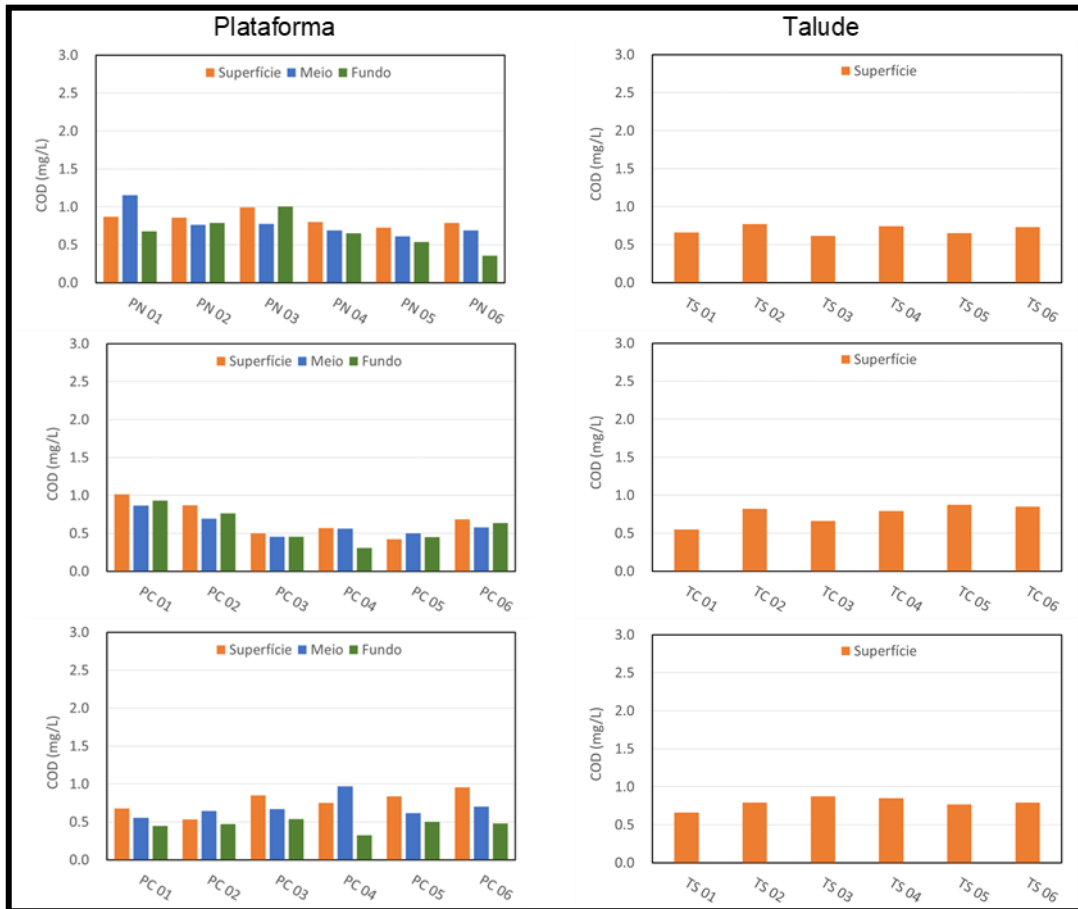


Figura IV.3.3.2-1 – Distribuição de **Carbono Orgânico Dissolvido - COD** (média, em mg/L) nos estratos de profundidade (superfície, meio e fundo) amostrados nas províncias (plataforma e talude), nas diferentes áreas (norte - N, centro - C e sul - S) durante a 1ª Campanha do PMAR-BC. P= estações de plataforma e T= estações de talude.

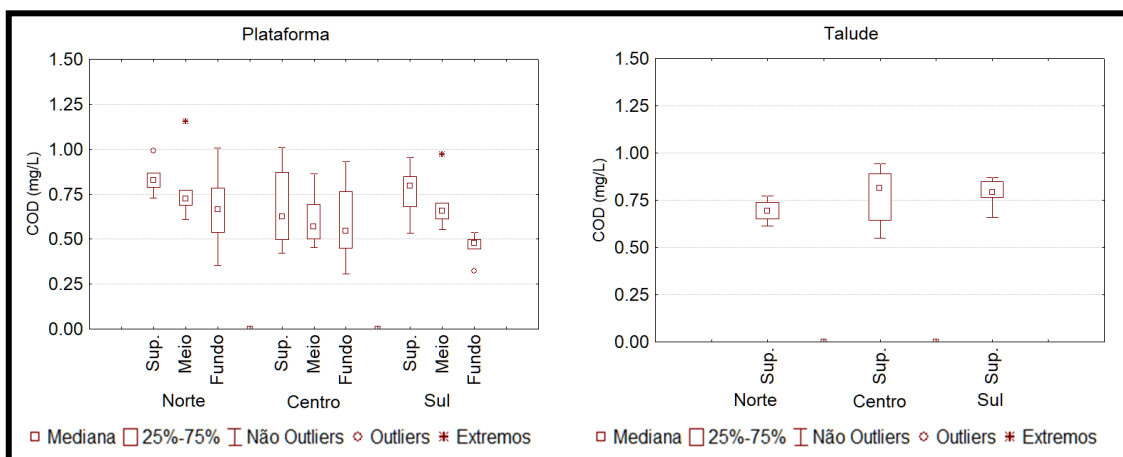


Figura IV.3.3.2-2 – Variação de **Carbono Orgânico Dissolvido - COD** (mg/L) nos estratos de profundidade (Sup. = superfície, meio e fundo) amostrados nas províncias (plataforma e talude), nas diferentes áreas (norte, centro e sul) durante a 1ª Campanha do PMAR-BC.

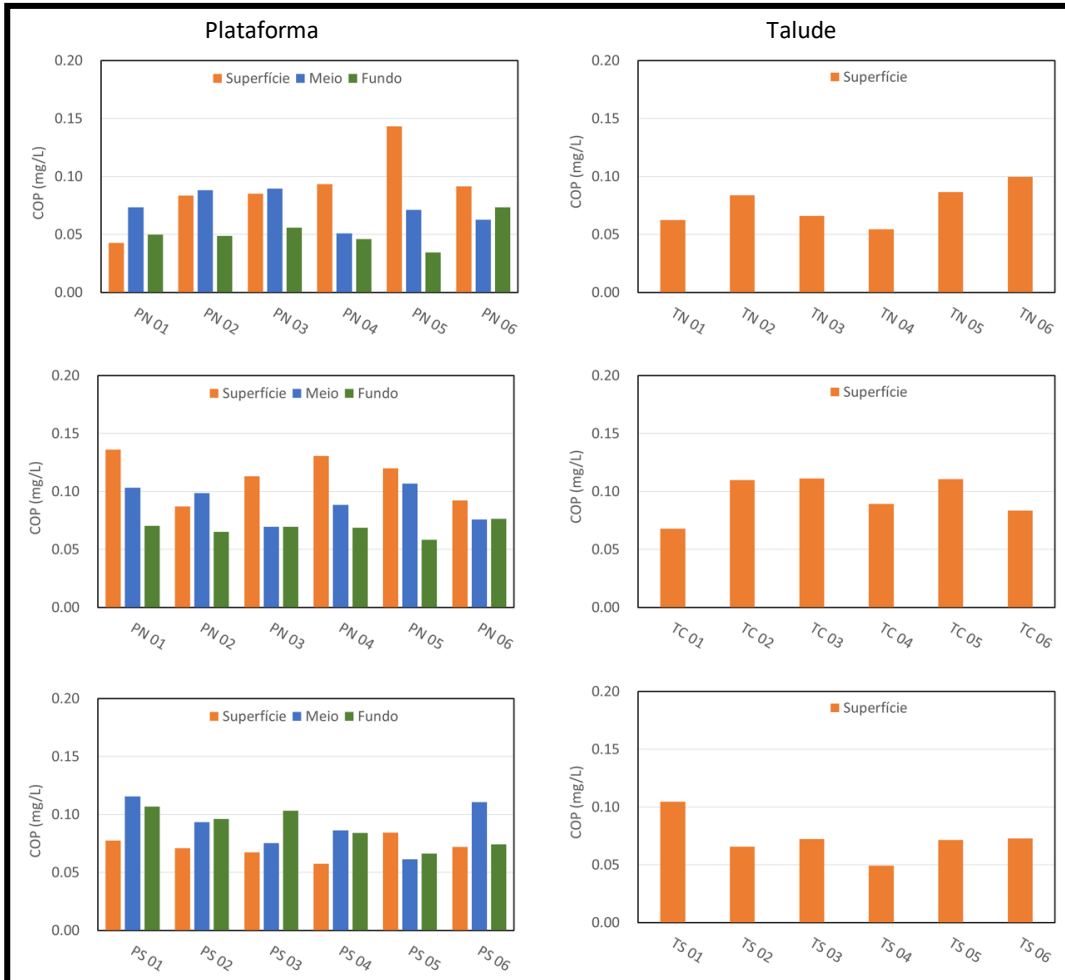


Figura IV.3.3.2-3 – Distribuição de Carbono Orgânico Particulado - COP (média, em mg/L) nos estratos de profundidade (superfície, meio e fundo) amostrados nas províncias (plataforma e talude), nas diferentes áreas (norte - N, centro - C e sul - S) durante a 1ª Campanha do PMAR-BC. P= estações de plataforma e T= estações de talude.

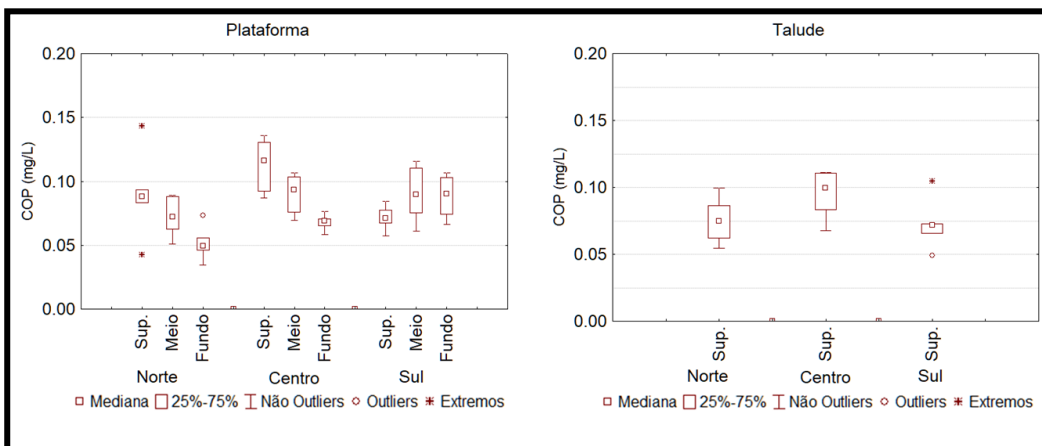


Figura IV.3.3.2-4 – Variação de Carbono Orgânico Particulado - COP (mg/L) nos estratos de profundidade (Sup. = superfície, meio e fundo) amostrados nas províncias (plataforma e talude), nas diferentes áreas (norte, centro e sul) durante a 1ª Campanha do PMAR-BC.

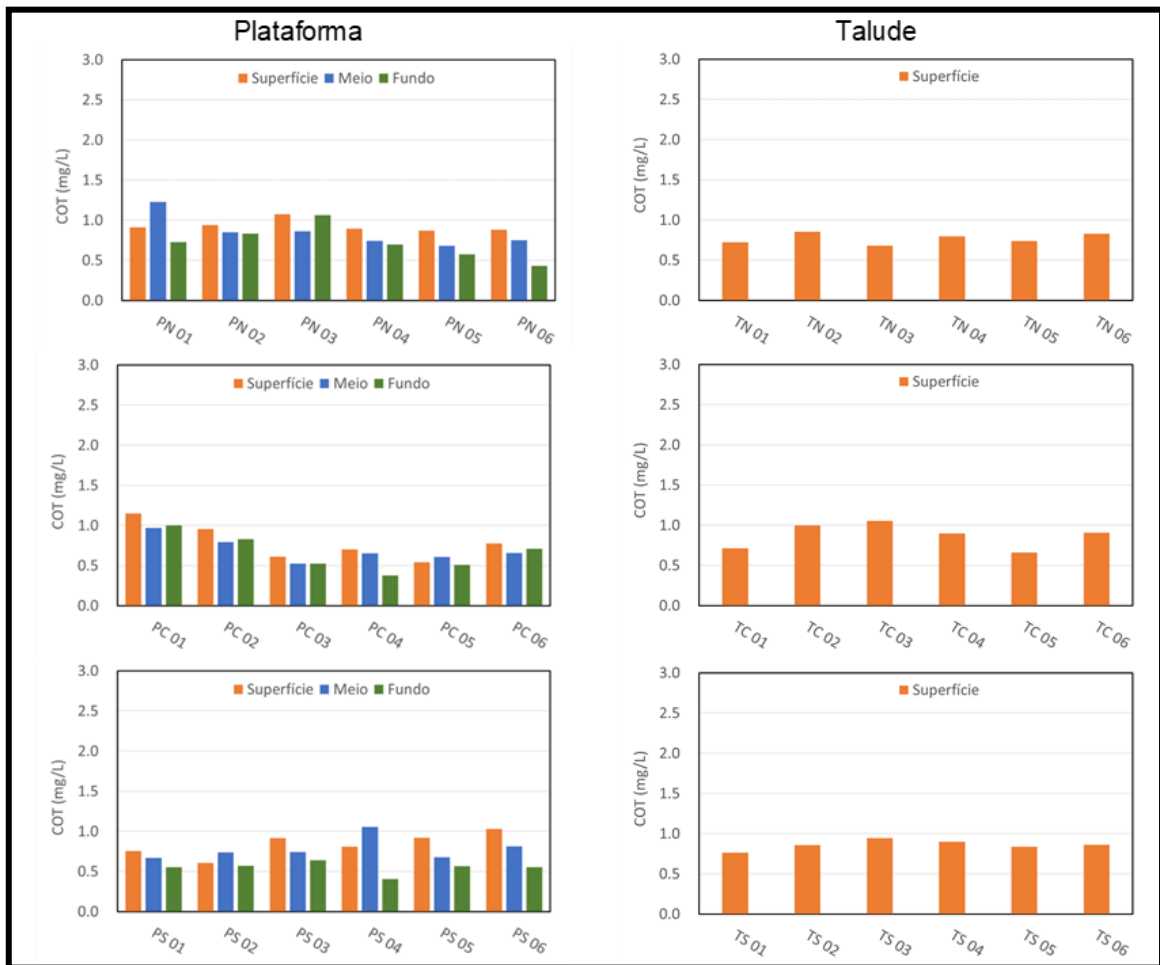


Figura IV.3.3.2-5 – Distribuição de Carbono Orgânico Total - COT (média, em mg/L) nos estratos de profundidade (superfície, meio e fundo) amostrados nas províncias (plataforma e talude), nas diferentes áreas (norte - N, centro - C e sul - S) durante a 1ª Campanha do PMAR-BC. P= estações de plataforma e T= estações de talude.

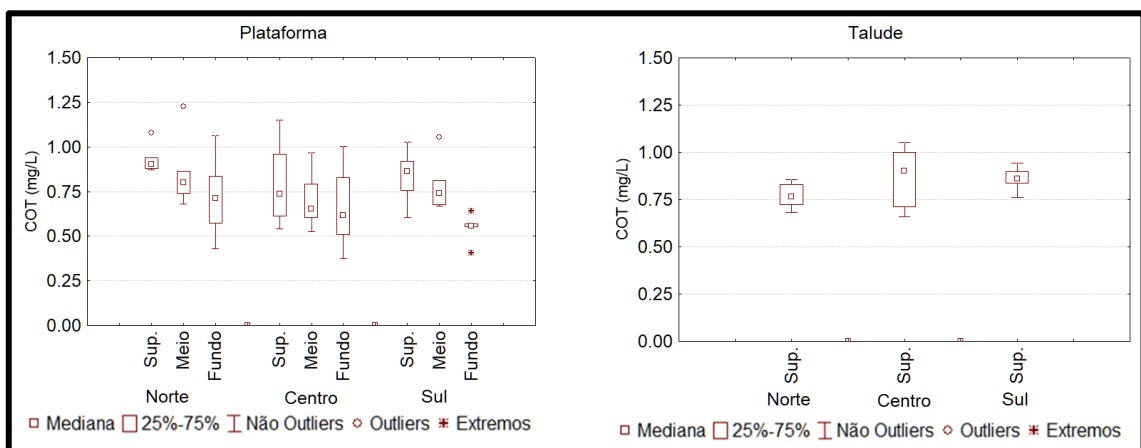


Figura IV.3.3.2-6 – Variação de Carbono Orgânico Total - COT (mg/L) nos estratos de profundidade (Sup. = superfície, meio e fundo) amostrados nas províncias (plataforma e talude), nas diferentes áreas (norte, centro e sul) durante a 1ª Campanha do PMAR-BC.

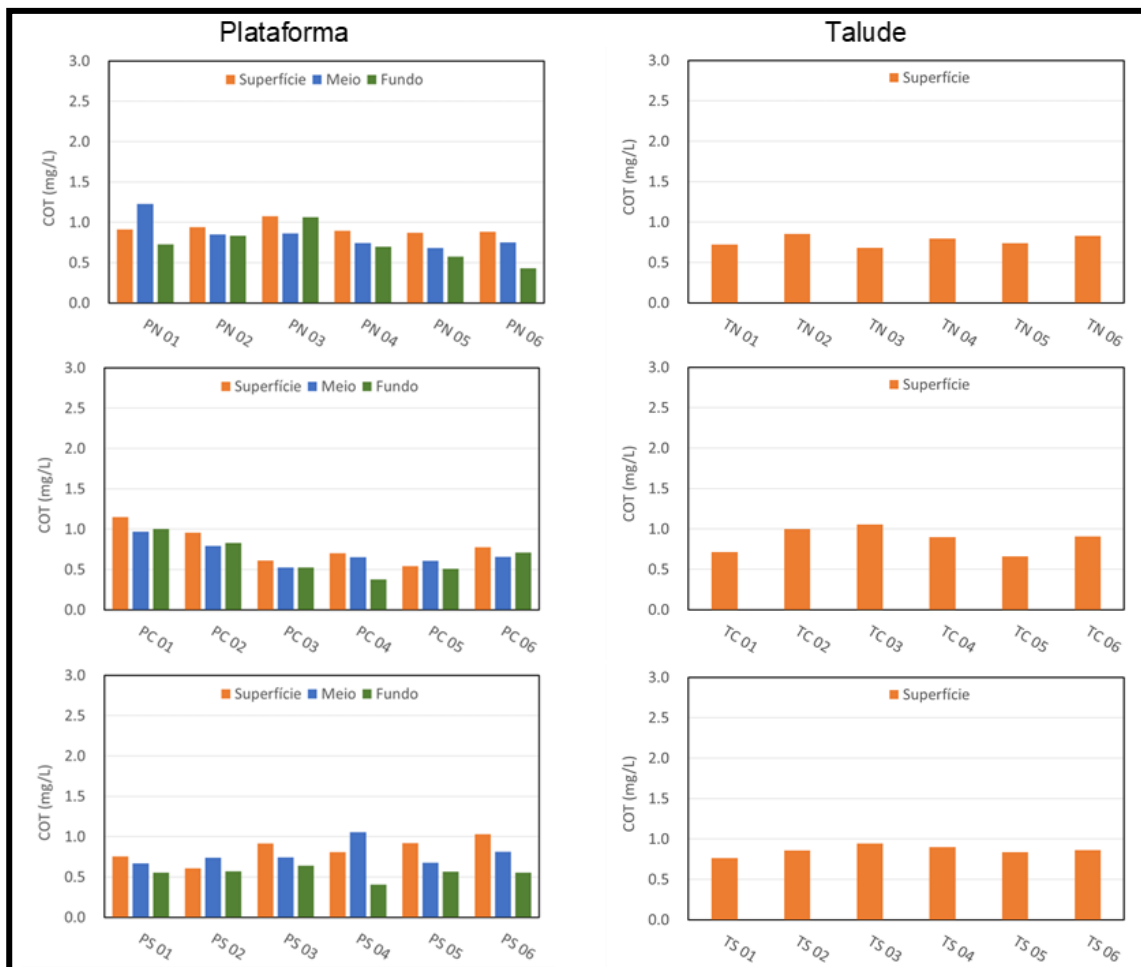


Figura IV.3.3.2-7 – Distribuição de Material Particulado em Suspensão - MPS (média, em mg/L) nos estratos de profundidade (superfície, meio e fundo) amostrados nas províncias (plataforma e talude), nas diferentes áreas (norte - N, centro - C e sul - S) durante a 1ª Campanha do PMAR-BC. P= estações de plataforma e T= estações de talude.

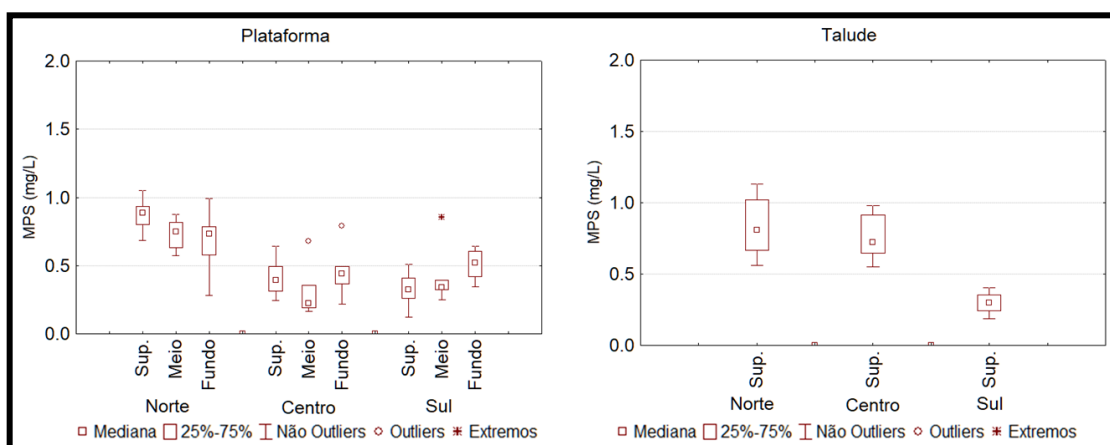


Figura IV.3.3.2-8 – Variação de Material Particulado em Suspensão - MPS (mg/L) nos estratos de profundidade (Sup. = superfície, meio e fundo) amostrados nas províncias (plataforma e talude), nas diferentes áreas (norte, centro e sul) durante a 1ª Campanha do PMAR-BC.

IV.3.3.2.1 – Análises estatísticas multivariadas com base nas concentrações dos compostos de carbono nas três áreas da Bacia de Campos

A. Análises exploratórias multivariadas: Comparações entre províncias (águas superficiais) e entre as profundidades de coleta da plataforma

Análises multivariadas dos dados de compostos com carbono (COD, COP, COT e MPS) amostrados no PMAR-BC denotaram, através do NMDS, que, em águas superficiais, há grande similaridade entre os pontos amostrais, independente da província analisada (Figura IV.3.3.2.1-1a). Considerando o fator área, ficou evidente a heterogeneidade entre as áreas em função dos compostos de carbono, na qual, de modo geral, a área sul apresentou os menores valores de MPS e a área norte os maiores. Em relação aos estratos batimétricos, águas de fundo mostraram as menores concentrações de COD e COP (Figura IV.3.3.2.1-1b).

A PCA explicou 99,3% da variabilidade dos resultados referentes aos compostos com carbono obtidos durante o PMAR-BC (ANEXO [IV.3.7-2] Figura 2). Pelo eixo I (autovalor 67,23), tem-se a concentração de MPS como o parâmetro mais influente na maior parte da variabilidade dos dados amostrados (autovetor 0,99). Esse parâmetro pouco se correlacionou com os demais parâmetros analisados (COT e COD). O COP foi um parâmetro com baixa capacidade de explicação para os dados obtidos (autovetor 0,17 e -0,007).

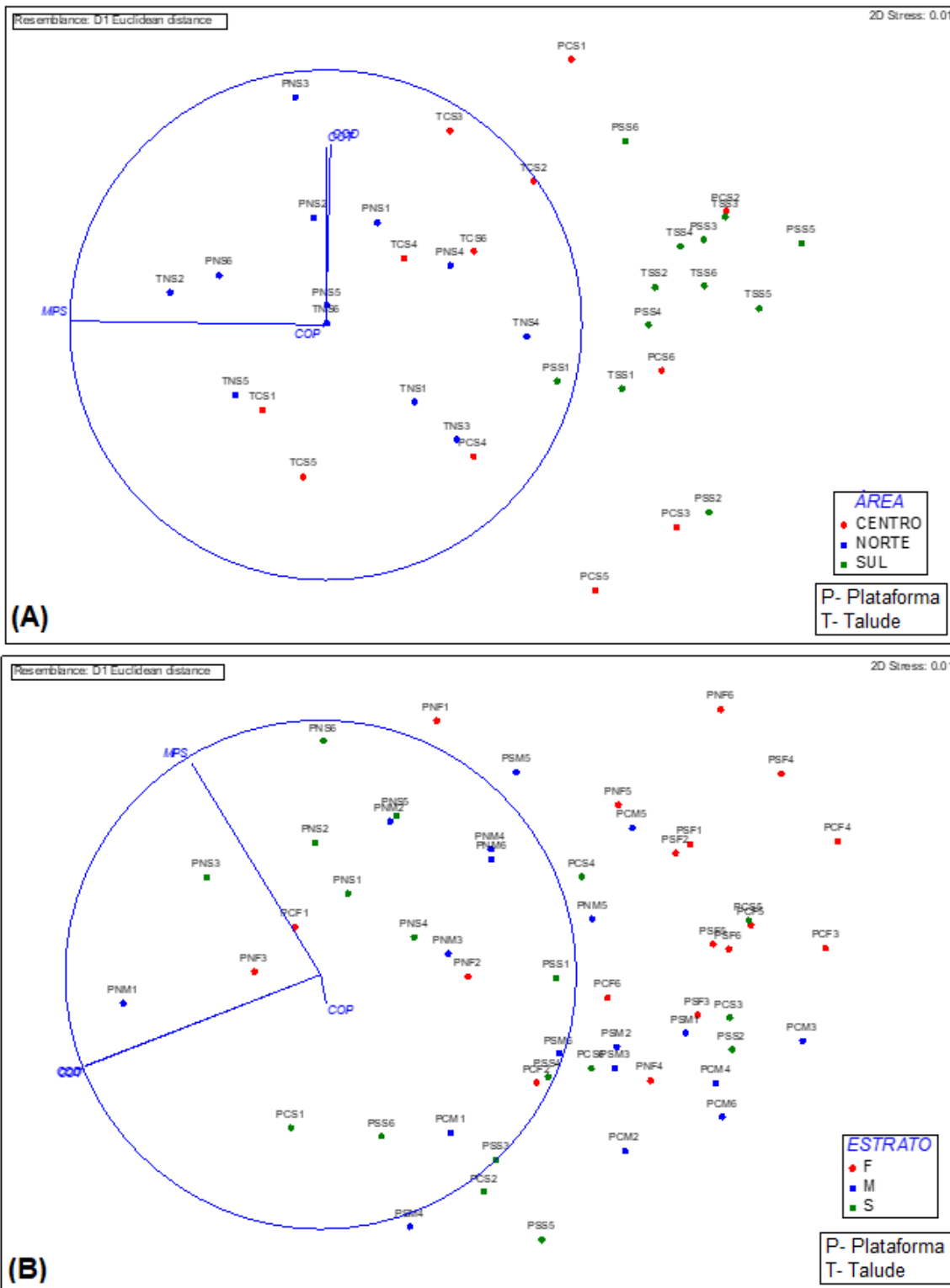


Figura IV.3.3.2.1-1 – NMDS em que os eixos representam as correlações de Spearman do grupo de **compostos de carbono** nas áreas Norte, Centro e Sul das águas superficiais do talude e plataforma (A) e nos estratos superfície – S, meio – M e fundo – F das águas da plataforma (B).

B. Análises inferenciais multivariadas: Comparações entre as águas superficiais da plataforma e do talude

Os resultados do teste de inferência PERMANOVA (testes *main effects* e pareados) baseado nos compostos de carbono (MPS, COT, COP e COD) das amostras de superfície são apresentados na Tabela IV.3.3.2.1-1. Esses resultados são sintetizados em:

- 1- As comparações baseadas nos compostos de carbono mostraram diferenças significativas entre as áreas amostrais ($p=0,0001$; PERMANOVA). As comparações pareadas revelaram que a plataforma da área norte diferiu das demais áreas (centro e sul): Essa diferença entre áreas foi vinculada às maiores concentrações de COD, COT e MPS na área norte (ver Figura IV.3.3.2.1-1a). Contudo, não houve diferença significativa entre as áreas centro e sul ($p=0,5011$; *pair-wise test*). No talude, a área sul diferiu das áreas centro e norte ($p=0,0011$ e $p=0,0004$; *pair-wise test*): Nessa área, foram registradas as menores concentrações de MPS (ver Figuras IV.3.3.2.1-1a e IV.3.3.2-8). Também não foi registrada diferença significativa entre as áreas centro e norte ($p=0,3453$; *pair-wise test*).
- 2- A comparação entre as duas províncias (plataforma e talude) entre as áreas amostrais também apresentou diferença significativa entre elas ($p = 0,0092$, *main effects*). Neste caso, o teste pareado possibilitou distinguir que as províncias na área centro são significativamente diferentes ($p = 0,0348$, *pair-wise test*), o que não se observa nas áreas norte e sul: Essa diferença na área centro foi primariamente relacionada às maiores concentrações de MPS no talude (ver Figuras IV.3.3.2.1-1a e IV.3.3.2-8).

Tabela IV.3.3.2.1-1 – Resultados dos testes de inferência PERMANOVA (testes *main effects* e pareados) para as amostras de superfície considerando comparações entre área e província do PMAR-BC, em relação às variáveis do grupo compostos de carbono (MPS, COT, COP e COD).

PERMANOVA table of results							
Source	df	SS	MS	Pseudo-F	P(perm)	Uniques	P(MC)
Província	1	0,07972	0,07972	1,3189	0,2697	9940	0,2746
Área	2	1,7892	0,89461	14,8	0,0001	9955	0,0001
Província x Área	2	0,47104	0,23552	3,8962	0,006	9955	0,0092
Res	30	1,8134	0,06045				
Total	35	4,1534					

PAIR-WISE TESTS				
Term "Província x Área" for pairs of levels of factor "Província"				
Within level "Centro" of factor "Área"				
Groups	t	P(Perm)	Uniques	P(MC)
PLATAFORMA, TALUDE	2,015	0,0354	461	0,0348
Within level "Norte" of factor "Área"				
Groups	t	P(Perm)	Uniques	P(MC)
PLATAFORMA, TALUDE	1,82	0,0526	461	0,0593
Within level "Sul" of factor "Área"				
Groups	t	P(Perm)	Uniques	P(MC)
PLATAFORMA, TALUDE	0,35016	0,8849	462	0,884
PAIR-WISE TESTS				
Term "Província x Área" for pairs of levels of factor "Área"				
Within level "Plataforma" of factor "Província"				
Groups	t	P(Perm)	Uniques	P(MC)
CENTRO, NORTE	3,1628	0,0044	462	0,0023
CENTRO, SUL	0,81271	0,4983	462	0,5011
NORTE, SUL	4,5121	0,0019	462	0,0003
Within level "Talude" of factor "Província"				
Groups	t	P(Perm)	Uniques	P(MC)
CENTRO, NORTE	1,0381	0,3615	462	0,3453
CENTRO, SUL	3,7527	0,0022	461	0,0011
NORTE, SUL	5,0357	0,0018	462	0,0004

C. Análises inferenciais multivariadas: Comparações entre as profundidades de coleta da plataforma

Os resultados dos testes de inferência PERMANOVA (testes *main effects* e pareados), com base no grupo compostos de carbono (COT, COP e COD) das amostras de superfície, meio e fundo da plataforma são apresentados na Tabela IV.3.3.2.1-2. Esses resultados são sintetizados em:

- 1- No conjunto das amostras coletadas na plataforma, diferenças significativas foram observadas nos estratos ($p=0,0053$; PERMANOVA) e área amostral ($p=0,0001$; PERMANOVA).
- 2- As concentrações de compostos de carbono em águas superficiais indicaram que a área norte diferiu das demais áreas amostradas ($p>0,0022$, *pair-wise test*): essa diferença foi atribuída, principalmente, às maiores concentrações de MPS em águas da área norte (ver Figuras IV.3.3.2.1-1b e IV.3.3.2-8). O estrato meio foi marcado por não diferir entre a área centro e sul ($p=0,421$, *pair-wise test*): nesse estrato, as diferenças foram marcadas pelas águas da área norte também apresentarem as maiores concentrações de MPS em relação às demais áreas e as áreas centro e sul apresentaram maiores concentrações de COP (ver Figuras IV.3.3.2.1-1b, IV.3.3.2-8;

IV.3.3.2-4). As águas de fundo não diferiram em relação às áreas amostrais ($p > 0,05$, *pair-wise test*).

- 3- Comparações pareadas entre os estratos da plataforma de cada área amostral mostraram não haver diferenças nas colunas d'água da área centro e norte ($p > 0,05$, *pair-wise test*). Apenas na área sul o estrato fundo diferiu da superfície ($p > 0,0016$, *pair-wise test*) e meio ($p > 0,0176$, *pair-wise test*): essa diferença foi atribuída, principalmente, às menores concentrações de COD e COT no estrato fundo (ver Figuras IV.3.3.2.1-1b).

Tabela IV.3.3.2.1-2 – Resultados dos testes de inferência PERMANOVA (testes main effects e pareados) para as amostras nos estratos (superfície, meio e fundo) coletados na plataforma do PMAR-BC, em relação às variáveis do grupo dos compostos de carbono (COT, COP e COD).

PERMANOVA table of results							
Source	df	SS	MS	Pseudo-F	P(perm)	Uniques	P(MC)
Estrato	2	0,82276	0,41138	4,5988	0,004	9955	0,0053
Área	2	1,8965	0,94827	10,601	0,0001	9944	0,0001
Estrato x Área	4	0,40981	0,10245	1,1453	0,3414	9945	0,3384
Res	45	4,0254	0,08945				
Total	53	7,1545					
PAIR-WISE TESTS							
Term "Estrato x Área" for pairs of levels of factor "Estrato"							
Within level "Centro" of factor "Área"							
Groups	t	P(Perm)	Uniques	P(MC)			
F, M	0,94503	0,4293	462	0,4132			
F, S	0,90481	0,4057	462	0,4171			
M, S	0,83466	0,5016	462	0,4838			
Within level "Norte" of factor "Área"							
Groups	t	P(Perm)	Uniques	P(MC)			
F, M	0,89324	0,4736	462	0,4481			
F, S	1,8877	0,0463	462	0,0516			
M, S	1,2219	0,2368	462	0,2384			
Within level "Sul" of factor "Área"							
Groups	t	P(Perm)	Uniques	P(MC)			
F, M	2,4554	0,0138	462	0,0176			
F, S	3,796	0,0025	462	0,0016			
M, S	0,83673	0,5246	462	0,4962			
PAIR-WISE TESTS							
Term "Estrato x Área" for pairs of levels of factor "Área"							
Within level "F" of factor "Estrato"							
Groups	t	P(Perm)	Uniques	P(MC)			
CENTRO, NORTE	1,0675	0,3259	462	0,3283			
CENTRO, SUL	0,94164	0,4333	462	0,3963			
NORTE, SUL	1,8789	0,0367	462	0,0501			
Within level "M" of factor "Estrato"							
Groups	t	P(Perm)	Uniques	P(MC)			
CENTRO, NORTE	2,8412	0,0073	462	0,0053			
CENTRO, SUL	0,94092	0,4771	462	0,421			
NORTE, SUL	1,9426	0,0267	462	0,0405			
Within level "S" of factor "Estrato"							
Groups	t	P(Perm)	Uniques	P(MC)			
CENTRO, NORTE	3,1628	0,0052	462	0,022			
CENTRO, SUL	0,81271	0,4892	462	0,4968			
NORTE, SUL	4,5121	0,0024	462	0,0003			

IV.3.3.3 – Distribuição de nutrientes nas três áreas da Bacia de Campos

A Tabela IV.3.3.3-1 apresenta uma síntese das estatísticas descritivas do grupo de nutrientes nas amostras de água obtidas na primeira campanha do PMAR-BC, considerando-se as diferentes províncias (plataforma e talude), áreas (norte, centro e sul) e estratos coletados (superfície, meio e próximo ao fundo).

Amônio

As concentrações do íon amônio na água variaram entre valores não detectados ($<0,05 \mu\text{M}$ - 23% das estações) e $0,08 \mu\text{M}$ (Tabela IV.3.3.3-1; Figura IV.3.3.3-1). Em geral, águas superficiais do talude apresentaram valores iguais aos encontrados na plataforma continental, com exceção da área sul, cuja presença desse nutriente não foi detectada (Figura IV.3.3.3-1; ANEXO [IV.3.7-1] Tabela 17). Essa ausência também marcou a diferença entre as áreas amostrais. A plataforma continental foi caracterizada pela ocorrência de amônio em concentrações muito baixas, típico de áreas oligotróficas (Figura IV.3.3.3-2). Foi observada diferença entre as áreas na concentração de amônio nesta província, fato associado à ausência deste íon em estações da área norte. Concentrações desse nutriente também variaram entre os estratos analisados (Figura IV.3.3.3-2; ANEXO [IV.3.7-1] Tabela 18), com destaque para as menores concentrações de amônio em águas superficiais da área sul em relação às demais profundidades (Figura IV.3.3.3-2).

Nitrito

As concentrações de nitrito na região do PMAR-BC mantiveram-se nos padrões de oceanos oligotróficos, variando entre valores não detectados ($< 0,02 \mu\text{M}$ - 49% das estações) e $0,13 \mu\text{M}$ (Tabela IV.3.3.3-1, Figura IV.3.3.3-3). As concentrações obtidas na superfície do talude não diferiram das obtidas na superfície da plataforma continental. Ainda no talude, diferenças entre áreas foram ocasionadas pela área sul, onde o nitrito não foi detectado em nenhuma amostra (Figura IV.3.3.3-3; ANEXO [IV.3.7-1] Tabela 19). Na plataforma continental, as concentrações diferiram em função dos estratos de profundidade, sem um padrão evidente (Figura IV.3.3.3-4; ANEXO [IV.3.7-1] Tabela 20).

Nitrato

As concentrações de nitrato variaram entre não detectado ($< 0,07 \mu\text{M}$ – 3% das estações) e $4,35 \mu\text{M}$ (Tabela IV.3.3.3-1, Figura IV.3.3.3-5). Águas superficiais do talude apresentaram concentrações muito semelhantes às obtidas na plataforma continental (Figura IV.3.3.3-5; ANEXO [IV.3.7-1] Tabela 21). Também não foram observadas diferenças entre as áreas amostrais. Na plataforma continental foram obtidos os maiores valores deste composto em águas do estrato fundo, ressaltando um padrão em função da profundidade amostral, típico de oceanos tropicais com termoclina permanente (Figura IV.3.3.3-6; ANEXO [IV.3.7-1] Tabela 22).

Fosfato

Concentrações do íon fosfato variaram entre valores não detectados ($< 0,01 \mu\text{M}$ – 23% das estações) e $0,13 \mu\text{M}$ (Tabela IV.3.3.3-1; Figura IV.3.3.3-7). Análise das águas superficiais do talude mostraram não haver diferença importante em relação às águas superficiais da plataforma continental. Contudo, diferenças entre áreas foram observadas pela não detecção deste composto em diversas estações da área sul (Figura IV.3.3.3-7; ANEXO [IV.3.7-1] Tabela 23). Na plataforma continental, diferenças estiveram atreladas à área amostral e profundidade (ANEXO [IV.3.7-1] Tabela 24). Neste aspecto, ficou evidente a ocorrência de maiores concentrações de fosfato no estrato fundo (Figura IV.3.3.3-8).

Fósforo Total

As concentrações de fósforo total (P_{total}) estiveram entre o valor não detectado ($< 0,01 \mu\text{M}$) e $0,07 \mu\text{M}$ (Tabela IV.3.3.3-1; Figura IV.3.3.3-9). A diferença de valores entre o talude e a plataforma continental em águas superficiais pôde ser evidenciada por testes pareados e confirmada pela representação gráfica, na qual foram mostradas maiores concentrações deste composto na área central (Figura IV.3.3.3-9; ANEXO [IV.3.7-1] Tabela 25). A plataforma continental mostrou gradientes de distribuição vertical de fósforo total, com maiores valores concentrados em águas de maiores profundidades (Figura IV.3.3.3-10; ANEXO [IV.3.7-1] Tabela 26).

Tabela IV.3.3.3-1 – Resultados do grupo de nutrientes nas amostras da 1ª Campanha do PMAR-BC: valores médios, desvio padrão (DP), medianos, mínimos (Mín.) e máximos (Máx.).

Parâmetro		PLATAFORMA										TALUDE			
		GERAL	ÁREAS									GERAL	ÁREAS		
			NORTE			CENTRO			SUL				NORTE	CENTRO	SUL
		S	M	F	S	M	F	S	M	F		S	S	S	
Amônio (μM)	Média	0,05	0,04	0,04	0,05	0,06	0,06	0,06	0,05	0,06	0,06	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
	DP	0,02	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0,03	<0,05	<0,05	<0,05
	Mediana	0,05	0,05	0,05	0,05	0,06	0,05	0,06	0,05	0,06	0,07	0,00	<0,05	0,05	<0,05
	Mín.	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,00	<0,05	<0,05	<0,05
	Máx.	0,08	0,07	0,08	0,06	0,08	0,08	0,07	0,06	0,07	0,08	0,06	0,06	0,06	<0,05
Nitrito (μM)	Média	0,04	<0,02	0,02	0,07	<0,02	0,09	0,05	<0,02	<0,02	0,08	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02
	DP	0,04	<0,02	0,02	0,03	<0,02	0,03	<0,02	<0,02	0,03	0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02
	Mediana	0,03	<0,02	0,02	0,07	<0,02	0,10	0,05	<0,02	<0,02	0,08	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02
	Mín.	<0,02	<0,02	<0,02	0,04	<0,02	0,04	0,04	<0,02	<0,02	0,05	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02
	Máx.	0,13	<0,02	0,05	0,11	0,02	0,13	0,06	0,02	0,06	0,10	0,02	0,02	0,02	<0,02
Nitrato (μM)	Média	1,00	0,36	0,88	1,82	0,18	1,30	2,67	0,17	0,19	1,46	0,19	0,12	0,13	0,32
	DP	1,00	0,27	0,47	0,70	0,15	0,64	1,09	0,07	0,18	0,82	0,20	0,03	<0,07	0,31
	Mediana	0,65	0,25	0,84	1,75	0,15	1,38	2,79	0,15	0,13	1,44	0,13	0,11	0,14	0,17
	Mín.	<0,07	0,09	0,32	0,81	<0,07	0,15	1,23	0,08	0,07	0,63	<0,07	0,10	0,08	<0,07
	Máx.	4,35	0,75	1,48	2,63	0,46	1,95	4,35	0,29	0,55	2,80	0,82	0,19	0,18	0,82
Fosfato (μM)	Média	0,04	0,01	0,03	0,08	0,02	0,06	0,09	0,01	0,02	0,05	0,01	0,01	0,02	<0,01
	DP	0,04	0,01	0,03	0,04	<0,01	0,02	0,03	0,01	0,03	0,02	0,01	<0,01	0,01	0,01
	Mediana	0,03	0,01	0,02	0,08	0,02	0,06	0,11	<0,01	<0,01	0,05	0,01	0,01	0,02	<0,01
	Mín.	<0,01	<0,01	<0,01	0,02	0,02	0,04	0,05	<0,01	<0,01	0,03	<0,01	0,01	0,02	<0,01
	Máx.	0,13	0,02	0,07	0,13	0,03	0,09	0,12	0,02	0,07	0,10	0,03	0,02	0,03	0,01
Fósforo Total (μM)	Média	0,03	0,02	0,03	0,04	0,02	0,04	0,05	0,02	0,02	0,03	0,03	0,02	0,04	0,02
	DP	0,01	0,01	0,01	0,01	<0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,01	<0,01	<0,01	0,01
	Mediana	0,03	0,02	0,03	0,04	0,02	0,03	0,05	0,02	0,02	0,03	0,02	0,02	0,04	0,02
	Mín.	0,01	0,02	0,02	0,03	0,02	0,03	0,03	0,01	0,01	0,02	0,01	0,01	0,03	0,02
	Máx.	0,07	0,03	0,04	0,05	0,03	0,04	0,07	0,03	0,03	0,06	0,04	0,02	0,04	0,03

Legenda: S: superfície; M: meio; F: fundo. GERAL: todas as amostras do grupo.

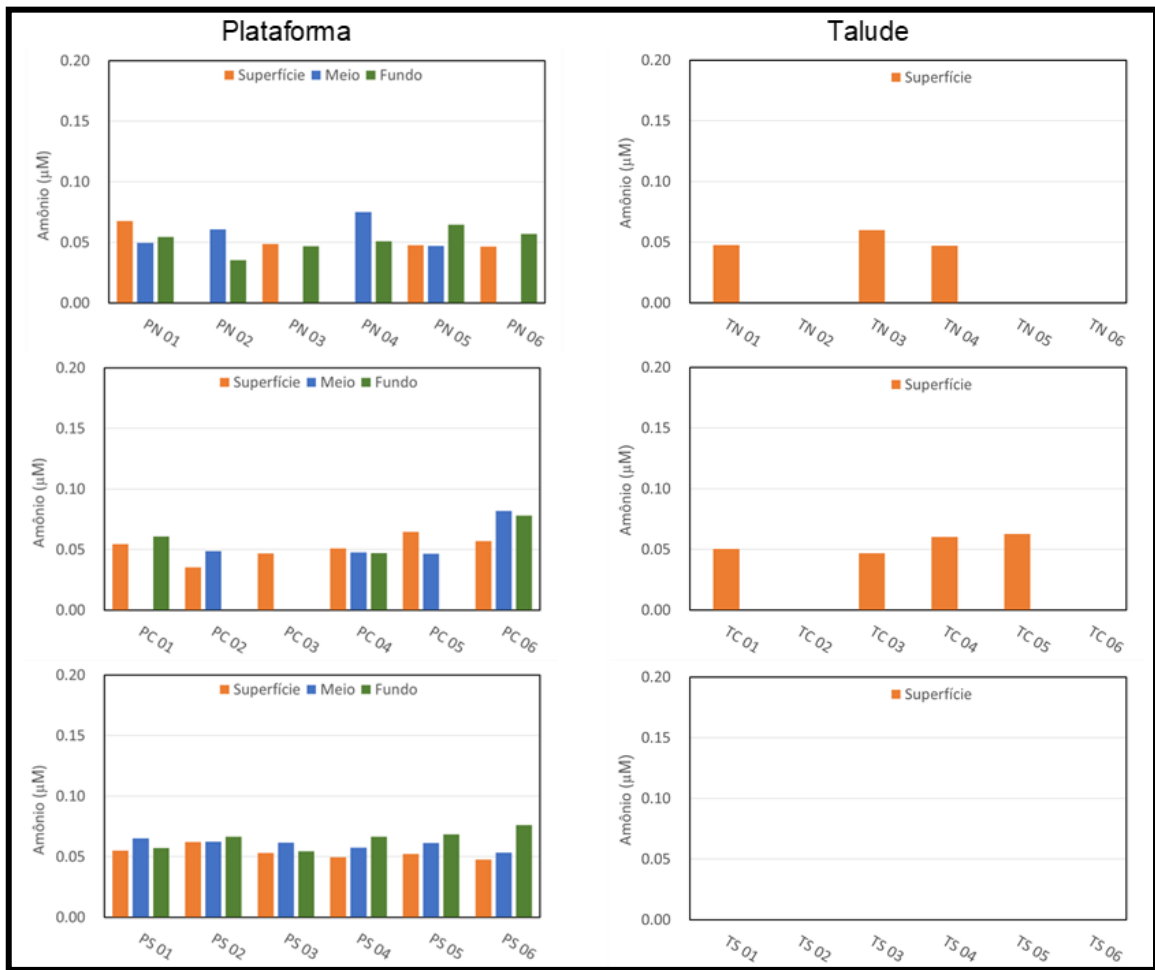


Figura IV.3.3.3-1 – Distribuição de **amônio** (média, em μM) nos estratos de profundidade (superfície, meio e fundo) amostrados nas províncias (plataforma e talude), nas diferentes áreas (norte - N, centro - C e sul - S) durante a 1ª Campanha do PMAR-BC. P= estações de plataforma e T= estações de talude.

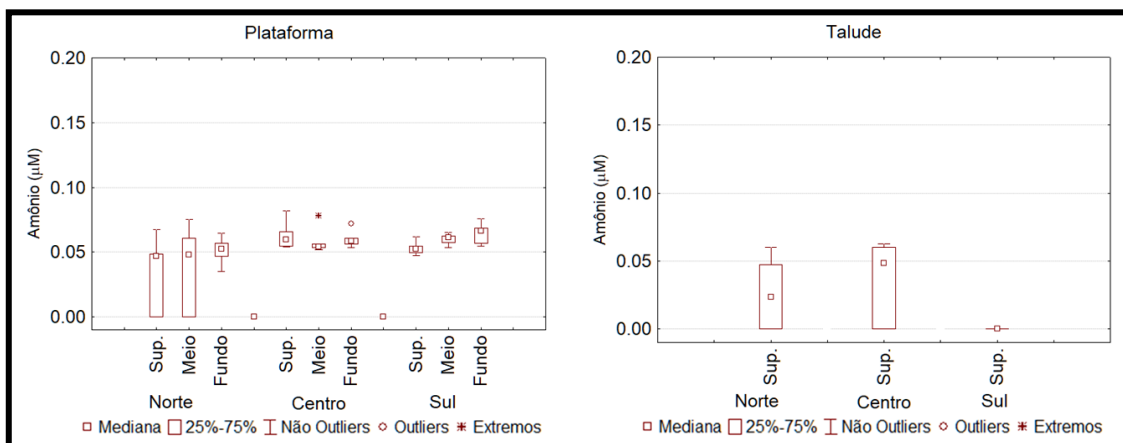


Figura IV.3.3.3-2 – Variação de **amônio** (μM) nos estratos de profundidade (Sup. = superfície, meio e fundo) amostrados nas províncias (plataforma e talude), nas diferentes áreas (norte, centro e sul) durante a 1ª Campanha do PMAR-BC.

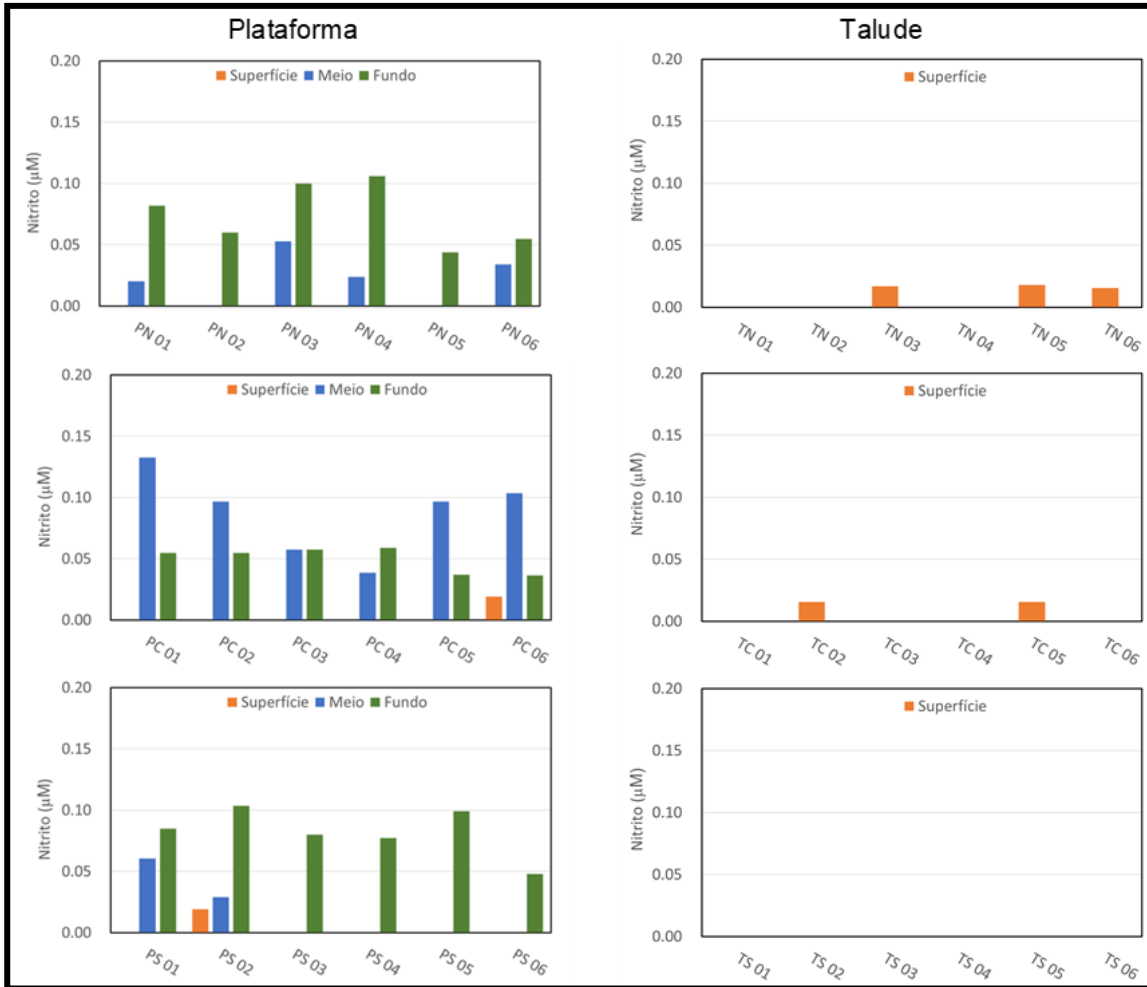


Figura IV.3.3.3-3 – Distribuição de **nitrato** (média, em μM) nos estratos de profundidade (superfície, meio e fundo) amostrados nas províncias (plataforma e talude), nas diferentes áreas (norte - N, centro - C e sul - S) durante a 1ª Campanha do PMAR-BC. P= estações de plataforma e T= estações de talude.

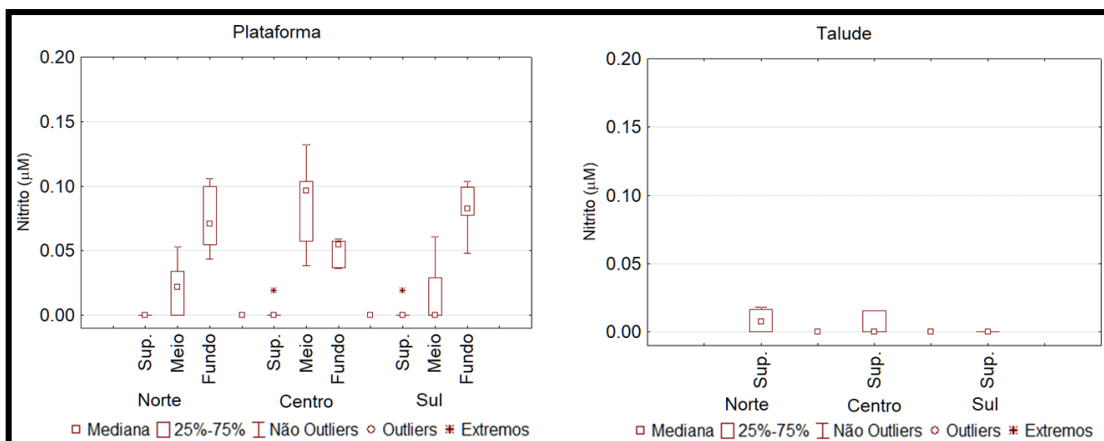


Figura IV.3.3.3-4 – Variação de **nitrato** (μM) nos estratos de profundidade (Sup. = superfície, meio e fundo) amostrados nas províncias (plataforma e talude), nas diferentes áreas (norte, centro e sul) durante a 1ª Campanha do PMAR-BC.

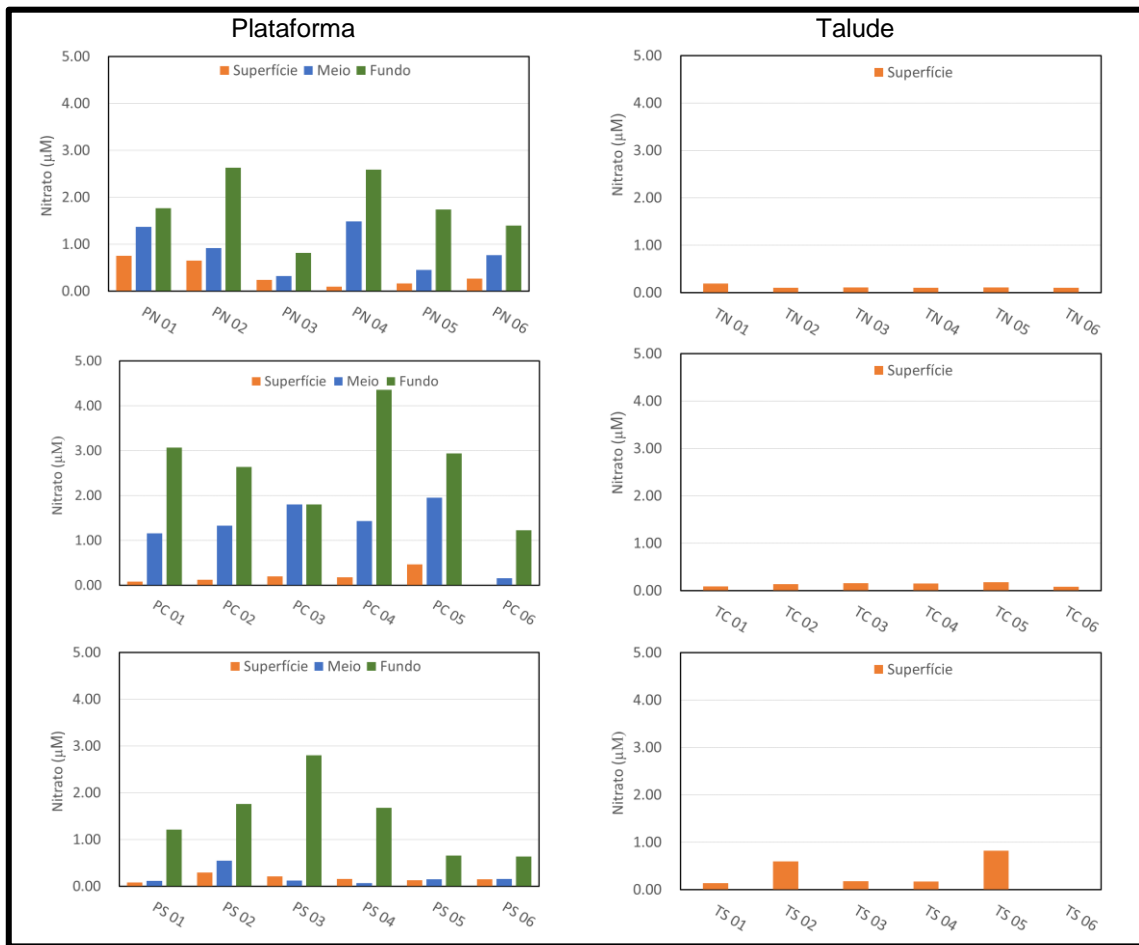


Figura IV.3.3.3-5 – Distribuição de **nitrito** (média, em µM) nos estratos de profundidade (superfície, meio e fundo) amostrados nas províncias (plataforma e talude), nas diferentes áreas (norte - N, centro - C e sul - S) durante a 1ª Campanha do PMAR-BC. P= estações de plataforma e T= estações de talude.

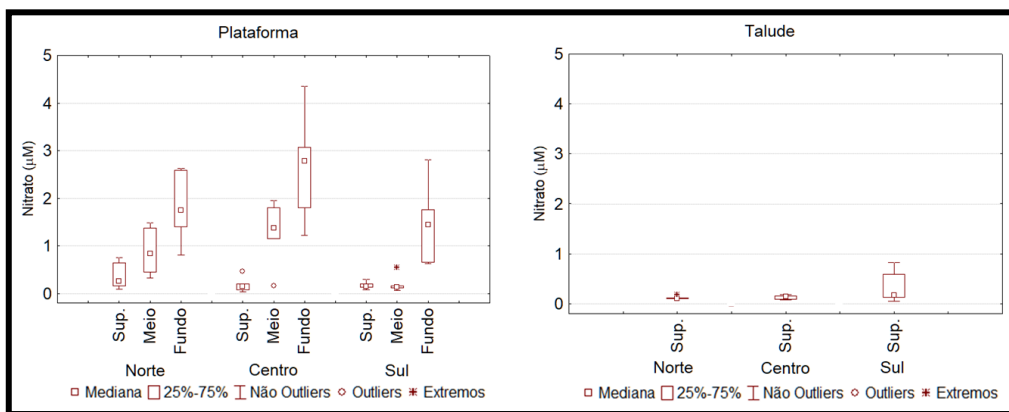


Figura IV.3.3.3-6 – Variação de **nitrito** (µM) nos estratos de profundidade (Sup. = superfície, meio e fundo) amostrados nas províncias (plataforma e talude), nas diferentes áreas (norte, centro e sul) durante a 1ª Campanha do PMAR-BC.

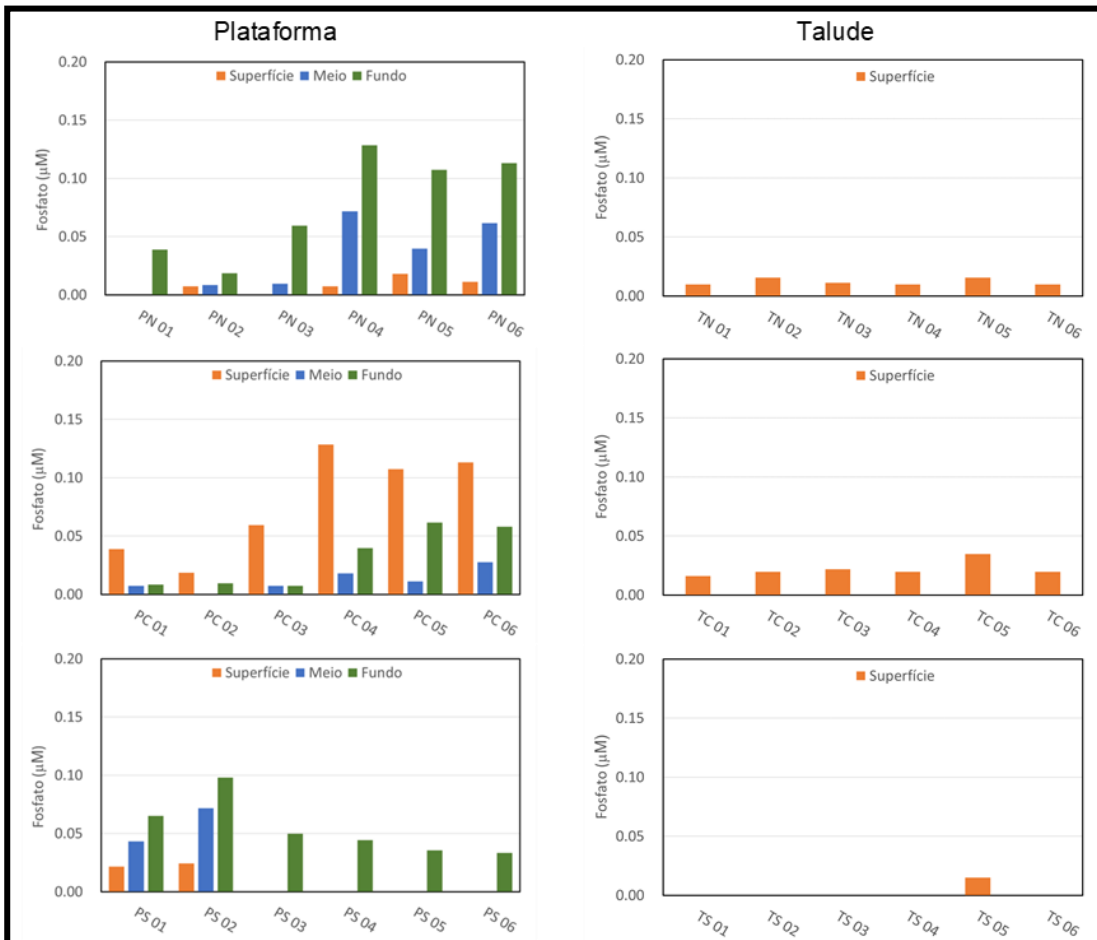


Figura IV.3.3.3-7 – Distribuição de fosfato (média, em µM) nos estratos de profundidade (superfície, meio e fundo) amostrados nas províncias (plataforma e talude), nas diferentes áreas (norte - N, centro - C e sul - S) durante a 1ª Campanha do PMAR-BC. P= estações de plataforma e T= estações de talude.

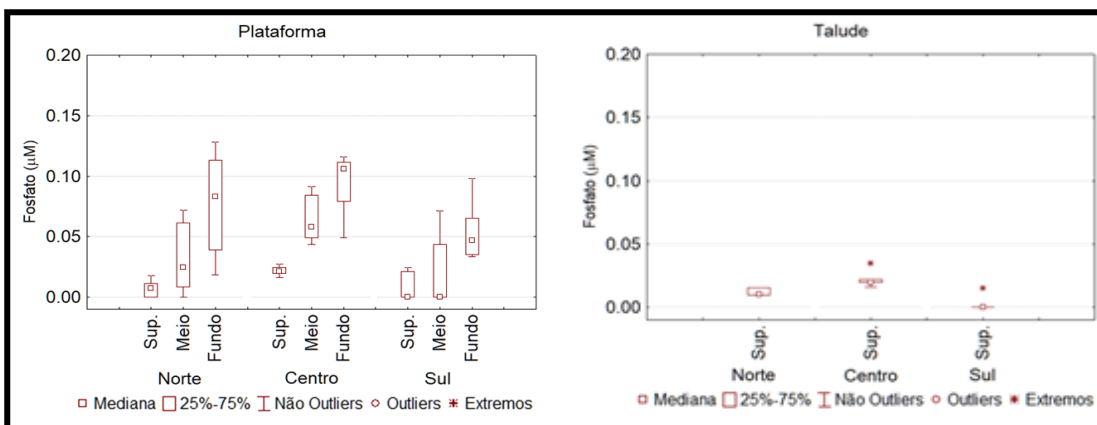


Figura IV.3.3.3-8 – Variação de fosfato (µM) nos estratos de profundidade (Sup. = superfície, meio e fundo) amostrados nas províncias (plataforma e talude), nas diferentes áreas (norte, centro e sul) durante a 1ª Campanha do PMAR-BC.

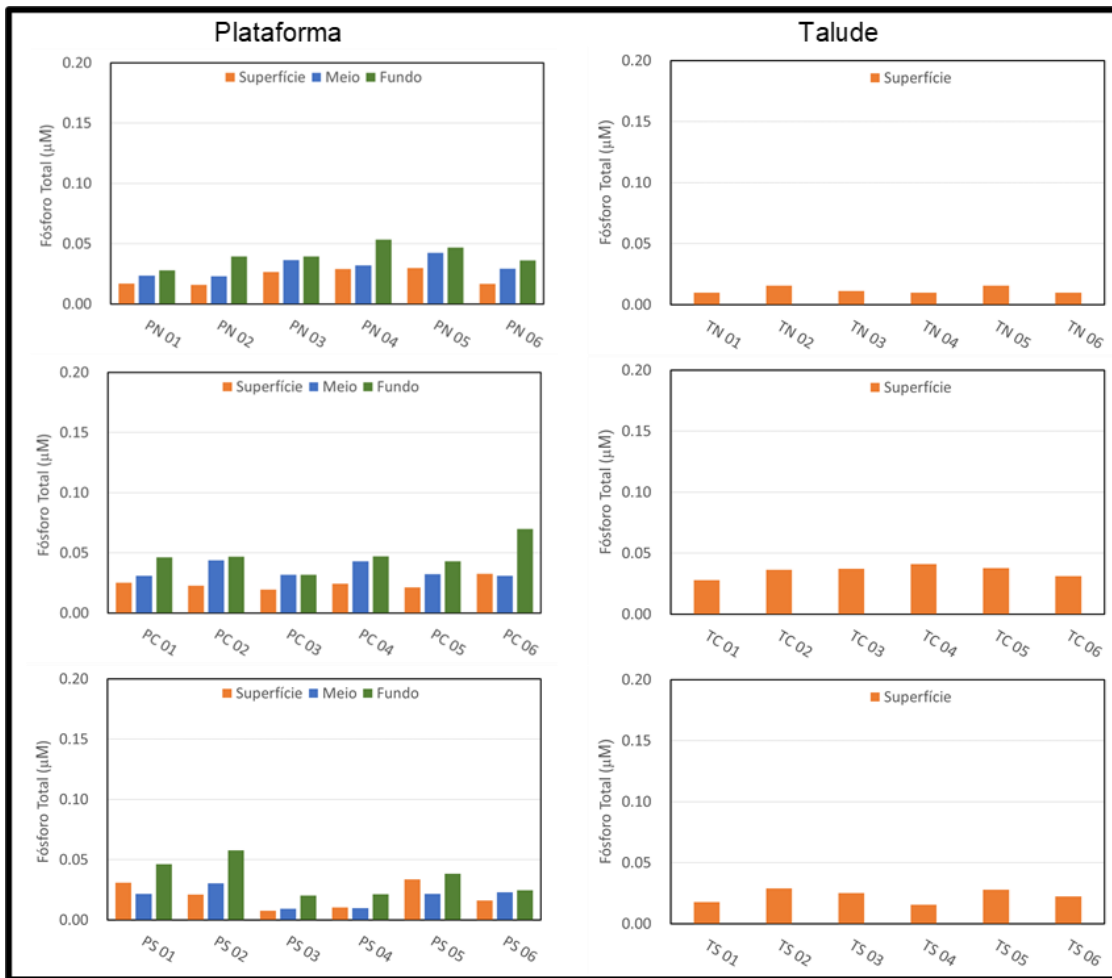


Figura IV.3.3.3-9 – Distribuição de **fósforo total** (média, em μM) nos estratos de profundidade (superfície, meio e fundo) amostrados nas províncias (plataforma e talude), nas diferentes áreas (norte - N, centro - C e sul - S) durante a 1ª Campanha do PMAR-BC. P= estações de plataforma e T= estações de talude.

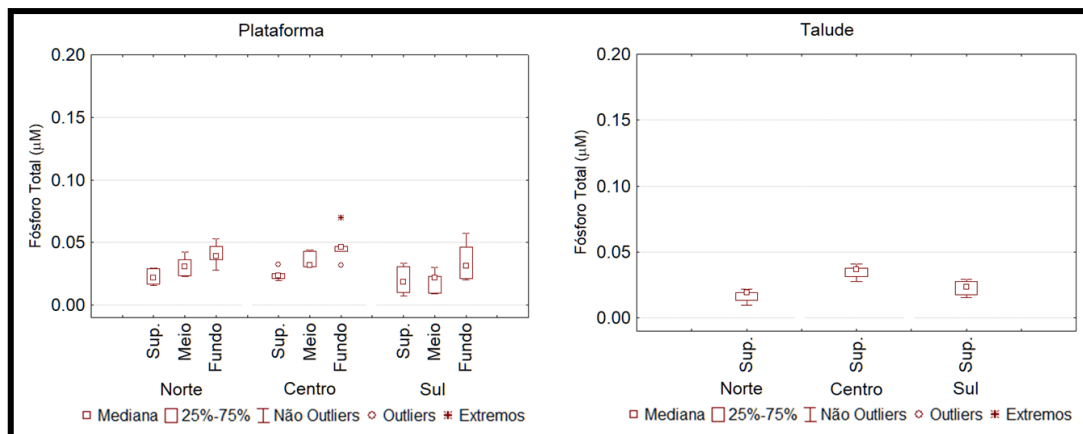


Figura IV.3.3.3-10 – Variação de **fósforo total** (μM) nos estratos de profundidade (Sup. = superfície, meio e fundo) amostrados nas províncias (plataforma e talude), nas diferentes áreas (norte, centro e sul) durante a 1ª Campanha do PMAR-BC.

Razão Molar N:P

A região monitorada foi marcada pela heterogeneidade nas razões molares N:P entre os estratos da plataforma e nas águas superficiais do talude (Figuras IV.3.3.3-11, IV.3.3.3-12 e IV.3.3.3-13). De forma geral, a maior parte das estações superficiais foram limitadas pelo nitrogênio ($0 < N : P < 16$), e as estações de meio e fundo foram limitadas pelo fósforo ($0 = N : P > 16$), conforme apresentado na Tabela IV.3.3.3-2.

Tabela IV.3.3.3-2 – Resultados da razão N:P da 1ª Campanha do PMAR-BC

Parâmetro/Estação		PLATAFORMA									TALUDE		
		ÁREAS									ÁREAS		
		NORTE			CENTRO			SUL			NORTE	CENTRO	SUL
		S	M	F	S	M	F	S	M	F	S	S	S
RAZÃO N:P	1	0	0	49	6	24	29	6	6	21	24	9	0
	2	89	117	147	11	16	24	15	9	20	7	8	0
	3	0	39	16	10	39	40	0	0	59	17	9	0
	4	13	22	21	11	18	43	0	0	41	15	11	0
	5	12	13	17	24	36	28	0	0	23	8	7	55
	6	28	13	13	6	7	17	0	0	23	12	4	0

Legenda: S: superfície; M: meio; F: fundo.

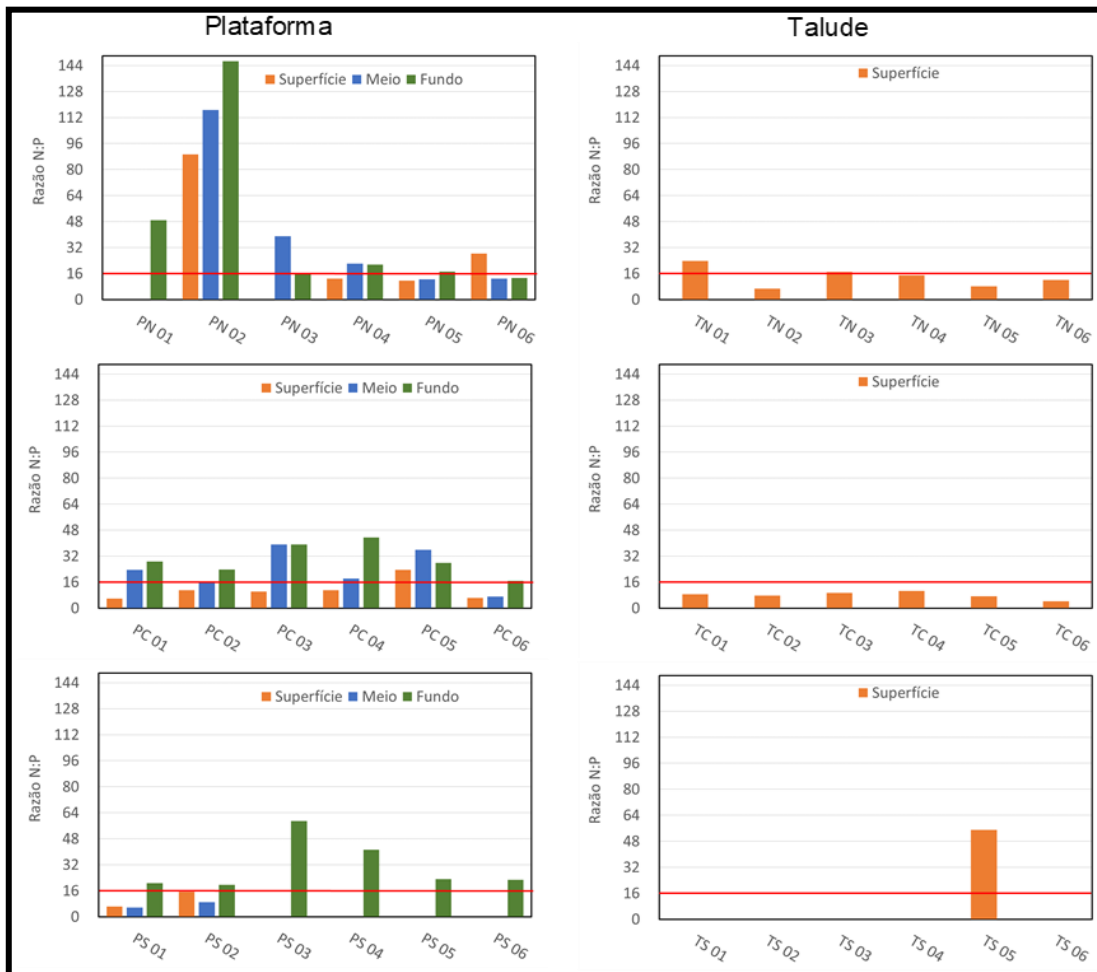


Figura IV.3.3.3-11 – Razão N:P (média) nos estratos de profundidade (superfície, meio e fundo) amostrados nas províncias (plataforma e talude), nas diferentes áreas (norte - N, centro - C e sul - S) durante a 1ª Campanha do PMAR-BC. P= estações de plataforma e T= estações de talude.

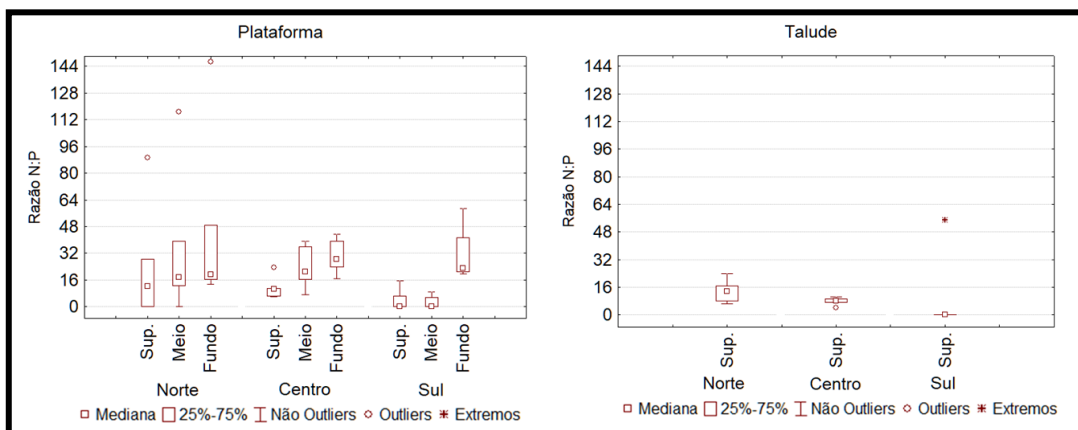


Figura IV.3.3.3-12 – Variação da razão N:P nos estratos de profundidade (Sup. = superfície, meio e fundo) amostrados nas províncias (plataforma e talude), nas diferentes áreas (norte, centro e sul) durante a 1ª Campanha do PMAR-BC.

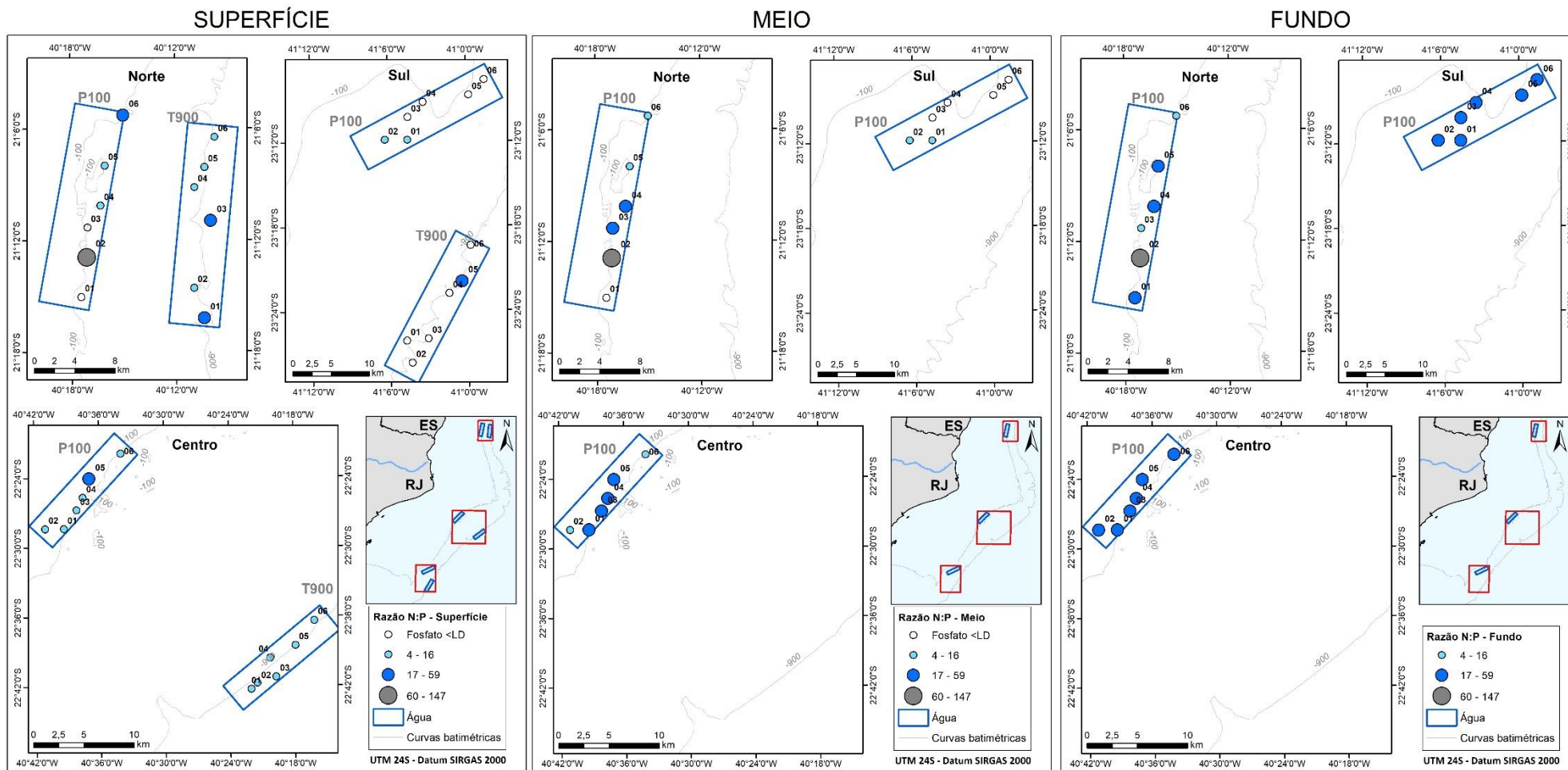


Figura IV.3.3.3-13 – Mapas de distribuição da Razão N:P nas amostras de água coletadas na 1ª campanha do PMAR-BC.

IV.3.3.3.1 – Análises estatísticas multivariadas com base nas concentrações de nutrientes nas três áreas da Bacia de Campos

A. Análises exploratórias multivariadas: Comparações entre províncias (águas superficiais) e entre as profundidades de coleta da plataforma

Análises de ordenação dos dados de nutrientes (amônio, nitrito, nitrato, fosfato e fósforo total) denotaram grande similaridade entre a maior parte dos pontos amostrais obtidos em águas superficiais das duas províncias do PMAR-BC (Figura IV.3.3.3.1-1a). Ficou evidente que esse grau de similaridade esteve vinculado, principalmente, ao fator nitrato. A heterogeneidade nas concentrações de nutrientes em função da batimetria também foi observada, com menores valores registrados em águas superficiais (Figura IV.3.3.3.1-1b).

Os dois eixos da PCA, responderam a 96,71% da dispersão dos dados amostrais (ANEXO [IV.3.7-2] Figura 3). O eixo I (autovalor 66,49), identificou o nitrato como o elemento que mais se correlacionou com a variação dos dados obtidos nas diferentes províncias e áreas (autovetor 1,0).

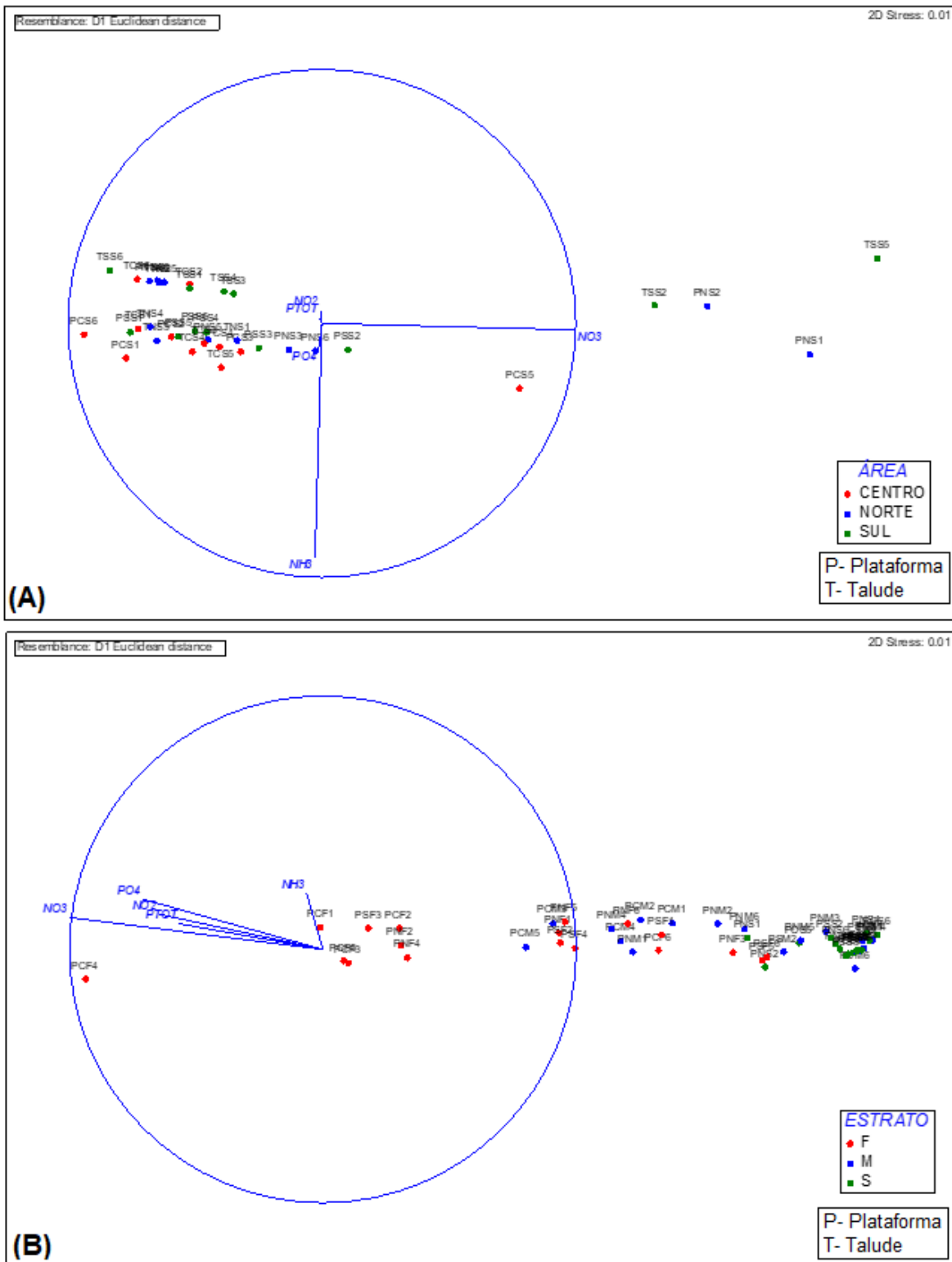


Figura IV.3.3.3.1-1 – NMDS em que os eixos representam as correlações de Spearman do grupo de **nutrientes** nas áreas Norte, Centro e Sul das águas superficiais do talude e plataforma **(A)** e nos estratos superfície – S, meio – M e fundo – F das águas da plataforma **(B)**.

B. Análises inferenciais multivariadas: Comparações entre as águas superficiais da plataforma e do talude

Os resultados do teste de inferência PERMANOVA (*testes main effects* e pareados) são apresentados na Tabela IV.3.3.3.1-1 com base nas concentrações de nutrientes (amônio, nitrito, nitrato, fosfato e fósforo total) das amostras de superfície. Esses resultados são sintetizados em:

- 1- As comparações mostraram diferenças nas interações entre as áreas amostradas e províncias ($p=0,0411$; PERMANOVA). Contudo, testes pareados não apontaram diferenças entre as províncias nas áreas amostradas (norte, centro e sul), $p>0,05$; *pair-wise tests*: esta similaridade entre pontos amostrais foi vinculada, principalmente, às semelhanças nas concentrações de nitrato (ver Figura IV.3.3.3.1-1a).

Tabela IV.3.3.3.1-1 – Resultados dos testes de inferência PERMANOVA (*testes main effects* e pareados) para as amostras de superfície considerando comparações entre área e província do PMAR-BC, em relação às variáveis nutrientes (amônio, nitrito, nitrato, fosfato e fósforo total)

PERMANOVA table of results							
Source	df	SS	MS	Pseudo-F	P(perm)	Uniques	P(MC)
Província	1	0,02556	0,02556	0,75797	0,3934	9924	0,3902
Área	2	0,06812	0,03406	1,01	0,3821	9962	0,3785
Província x Área	2	0,23822	0,11911	3,5321	0,0334	9947	0,0411
Res	30	1,0117	0,03372				
Total	35	1,3436					
PAIR-WISE TESTS							
Term "Província x Área" for pairs of levels of factor "Província"							
Within level "Centro" of factor "Área"							
Groups	t	P(Perm)	Uniques	P(MC)			
PLATAFORMA, TALUDE	0,85993	0,5417	462	0,4176			
Within level "Norte" of factor "Área"							
Groups	t	P(Perm)	Uniques	P(MC)			
PLATAFORMA, TALUDE	2,1303	0,0264	462	0,0535			
Within level "Sul" of factor "Área"							
Groups	t	P(Perm)	Uniques	P(MC)			
PLATAFORMA, TALUDE	1,2695	0,3233	461	0,2278			
PAIR-WISE TESTS							
Term "Província x Área" for pairs of levels of factor "Área"							
Within level "Plataforma" of factor "Província"							
Groups	t	P(Perm)	Uniques	P(MC)			
CENTRO, NORTE	1,4319	0,1891	462	0,1763			
CENTRO, SUL	0,29277	0,8345	462	0,8149			
NORTE, SUL	1,6496	0,1421	460	0,1358			
Within level "Talude" of factor "Província"							
Groups	t	P(Perm)	Uniques	P(MC)			
CENTRO, NORTE	0,97623	0,4031	462	0,3962			
CENTRO, SUL	1,5571	0,184	462	0,1399			
NORTE, SUL	1,6344	0,1141	462	0,1256			

C. Análises inferenciais multivariadas: Comparações entre as profundidades de coleta da plataforma

Os resultados do teste de inferência PERMANOVA (testes *main effects* e pareados) são apresentados na Tabela IV.3.3.3.1-2, com base no grupo de nutrientes (amônio, nitrito, nitrato, fosfato e fósforo total). Esses resultados são sintetizados em:

- 1- Na plataforma continental, diferenças nas concentrações de nutrientes ocorreram entre estratos ($p=0,0001$; PERMANOVA), área ($p=0,0003$; PERMANOVA) e interação estrato e área ($p=0,0252$; PERMANOVA).
- 2- Na área sul, apenas os estratos meio e fundo não diferiram ($p=0,7691$; *pair-wise tests*): nessa área, menores concentrações de nitrito e fosfato foram registadas no estrato superior, proporcionando a diferença entre estratos (ver Figura IV.3.3.3.1-1b). Em contrapartida, nas demais áreas, todos os estratos diferiram em relação às concentrações de nutrientes ($p<0,0387$; *pair-wise tests*): Nas áreas norte e centro, atribuiu-se as diferenças entre os estratos, principalmente, às maiores concentrações de nitrito e fosfato em águas do fundo (ver Figura IV.3.3.3.1-1b).
- 3- Foi observada a homogeneidade nas águas superficiais entre as áreas amostradas ($p>0,823$; *pair-wise tests*). No estrato meio, não houve diferença apenas entre as áreas centro e norte ($p=0,211$; *pair-wise tests*): diferenças associadas às menores concentrações de nitrato e fósforo total para esse estrato da área sul (ver Figura IV.3.3.3.1-1b). No estrato fundo, diferenças nas características da água ocorreram entre a área centro e sul ($p=0,0283$; *pair-wise tests*): diferença atribuída às maiores concentrações de nitrato e fosfato na área centro (ver Figura IV.3.3.3.1-1b).

Tabela IV.3.3.3.1-2 – Resultados dos testes de inferência PERMANOVA (testes main effects e pareados) para as amostras nos estratos (superfície, meio e fundo) coletados na plataforma do PMAR-BC, em relação às variáveis nutrientes (amônio, nitrito, nitrato, fosfato e fósforo total)

PERMANOVA table of results							
Source	df	SS	MS	Pseudo-F	P(perm)	Uniques	P(MC)
Estrato	2	30,96	15,48	47,571	0,0001	9959	0,0001
Área	2	6,3666	3,1833	9,7823	0,0007	9953	0,0003
Estrato x Área	4	3,9062	0,97655	3,0009	0,0259	9963	0,0252
Res	45	14,644	0,32541				
Total	53	55,877					
PAIR-WISE TESTS							
Term "Estrato x Área" for pairs of levels of factor "Estrato"							
Within level "Centro" of factor "Área"							
Groups	t	P(Perm)	Uniques	P(MC)			
F, M	3,2098	0,0112	462	0,0113			
F, S	6,4822	0,002	462	0,0002			
M, S	4,211	0,0072	462	0,002			
Within level "Norte" of factor "Área"							
Groups	t	P(Perm)	Uniques	P(MC)			
F, M	2,719	0,022	462	0,02			
F, S	4,77	0,0024	462	0,0006			
M, S	2,3496	0,0387	462	0,0387			
Within level "Sul" of factor "Área"							
Groups	t	P(Perm)	Uniques	P(MC)			
F, M	3,7058	0,002	462	0,0034			
F, S	3,8513	0,0022	462	0,0037			
M, S	0,36313	0,8913	462	0,7691			
PAIR-WISE TESTS							
Term "Estrato x Área" for pairs of levels of factor "Área"							
Within level "F" of factor "Estrato"							
Groups	t	P(Perm)	Uniques	P(MC)			
CENTRO, NORTE	2,0738	0,0726	462	0,0678			
CENTRO, SUL	2,6573	0,0295	462	0,0238			
NORTE, SUL	0,83467	0,4118	461	0,4326			
Within level "M" of factor "Estrato"							
Groups	t	P(Perm)	Uniques	P(MC)			
CENTRO, NORTE	1,3104	0,2125	462	0,211			
CENTRO, SUL	4,1132	0,0055	462	0,0019			
NORTE, SUL	3,3315	0,0063	462	0,0056			
Within level "S" of factor "Estrato"							
Groups	t	P(Perm)	Uniques	P(MC)			
CENTRO, NORTE	1,4319	0,1881	462	0,1847			
CENTRO, SUL	0,29277	0,8291	462	0,823			
NORTE, SUL	1,6496	1472	460	0,1247			

IV.3.3.4 – Distribuição de fitopigmentos nas três áreas da Bacia de Campos

A Tabela IV.3.3.4-1 apresenta uma síntese das estatísticas descritivas do grupo de fitopigmentos nas amostras de água do mar obtidas na primeira campanha do PMAR-BC, considerando-se as diferentes províncias (plataforma e talude), áreas (norte, centro e sul) e estratos coletados (superfície, meio e próximo ao fundo).

Clorofila-a

As concentrações de clorofila-a variaram entre 0,07 e 0,78 μM (Tabela IV.3.3.4-1; Figura IV.3.3.4-1). De modo geral, o talude apresentou menores concentrações desse fitopigmento em relação à plataforma continental, evidenciado graficamente na área norte e sul e confirmado por testes comparativos pareados (Figura IV.3.3.4-1; ANEXO [IV.3.7-1] Tabela 27). A plataforma continental apresentou diferenças neste parâmetro em função da profundidade, onde as maiores concentrações puderam ser encontradas em águas medianas. Ficou evidente também a influência da variação espacial, havendo diferenças entre as áreas amostrais (Figura IV.3.3.4-2; ANEXO [IV.3.7-1] Tabela 28).

Feofitina-a

As concentrações desse fitopigmento encontraram-se dentro dos padrões oceânicos, variando entre valores não detectados ($<0,02 \mu\text{M}$ – 56% das amostras) a 0,31 μM (Tabela IV.3.3.4-1; Figura IV.3.3.4-3). A homogeneidade desse parâmetro no PMAR-BC pode ser observada tanto graficamente quanto pela ausência de diferenças significativas ao se comparar os parâmetros província, área e interação província e área (Figura IV.3.3.4-3; ANEXO [IV.3.7-1] Tabela 29). Na plataforma continental, também não foram observadas diferenças entre os estratos e áreas amostradas (Figura IV.3.3.4-4; ANEXO [IV.3.7-1] Tabela 30).

Tabela IV.3.3.4-1 – Resultados do grupo de fitopigmentos nas amostras da 1ª Campanha do PMAR-BC: valores médios, desvio padrão (DP), medianos, mínimos (Mín.) e máximos (Máx.)

Parâmetro		PLATAFORMA									TALUDE				
		GERAL	ÁREAS									GERAL	ÁREAS		
			NORTE			CENTRO			SUL				NORTE	CENTRO	SUL
		S	M	F	S	M	F	S	M	F	S	S	S		
Clorofila-a (µg/L)	Média	0,26	0,29	0,44	0,20	0,13	0,30	0,19	0,16	0,33	0,33	0,20	0,21	0,26	0,13
	DP	0,15	0,11	0,21	0,12	0,04	0,15	0,09	0,02	0,10	0,16	0,07	0,06	0,06	<0,02
	Mediana	0,23	0,33	0,45	0,20	0,12	0,33	0,19	0,16	0,33	0,32	0,18	0,20	0,26	0,13
	Mín,	0,07	0,13	0,22	0,07	0,09	0,10	0,07	0,13	0,21	0,10	0,12	0,15	0,17	0,12
	Máx,	0,78	0,39	0,78	0,39	0,19	0,45	0,31	0,18	0,47	0,52	0,34	0,31	0,34	0,15
Feofitina-a (µg/L)	Média	0,02	0,01	0,01	0,00	<0,02	0,03	0,02	<0,02	<0,02	0,03	0,01	0,02	<0,02	<0,02
	DP	0,02	0,02	0,02	0,01	<0,02	0,02	<0,02	0,02	<0,02	0,02	0,02	0,03	<0,02	<0,02
	Mediana	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	0,04	0,02	<0,02	0,02	0,03	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02
	Mín,	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02
	Máx,	0,06	0,03	0,04	0,03	0,02	0,05	0,04	0,06	0,02	0,05	0,06	0,06	0,02	<0,02

Legenda: S: superfície; M: meio; F: fundo, GERAL: todas as amostras do grupo

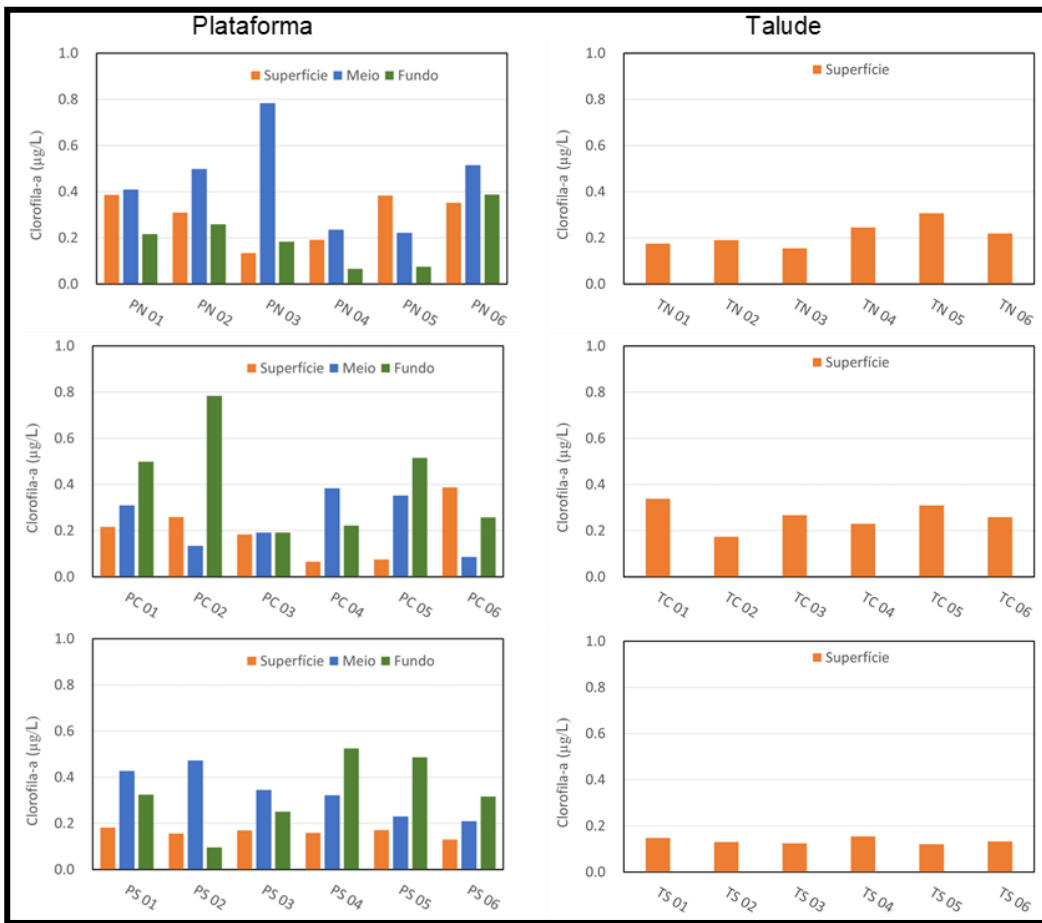


Figura IV.3.3.4-1 – Distribuição de **clorofila-a** (média, em $\mu\text{g/L}$) nos estratos de profundidade (superfície, meio e fundo) amostrados nas províncias (plataforma e talude), nas diferentes áreas (norte - N, centro - C e sul - S) durante a 1ª Campanha do PMAR-BC, P= estações de plataforma e T= estações de talude.

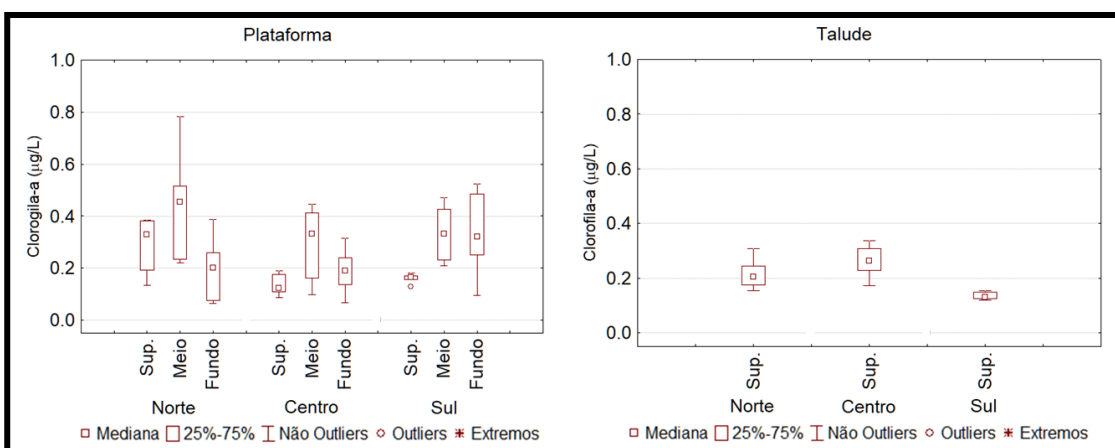


Figura IV.3.3.4-2 – Variação de **clorofila-a** ($\mu\text{g/L}$) nos estratos de profundidade (Sup. = superfície, meio e fundo) amostrados nas províncias (plataforma e talude), nas diferentes áreas (norte, centro e sul) durante a 1ª Campanha do PMAR-BC.

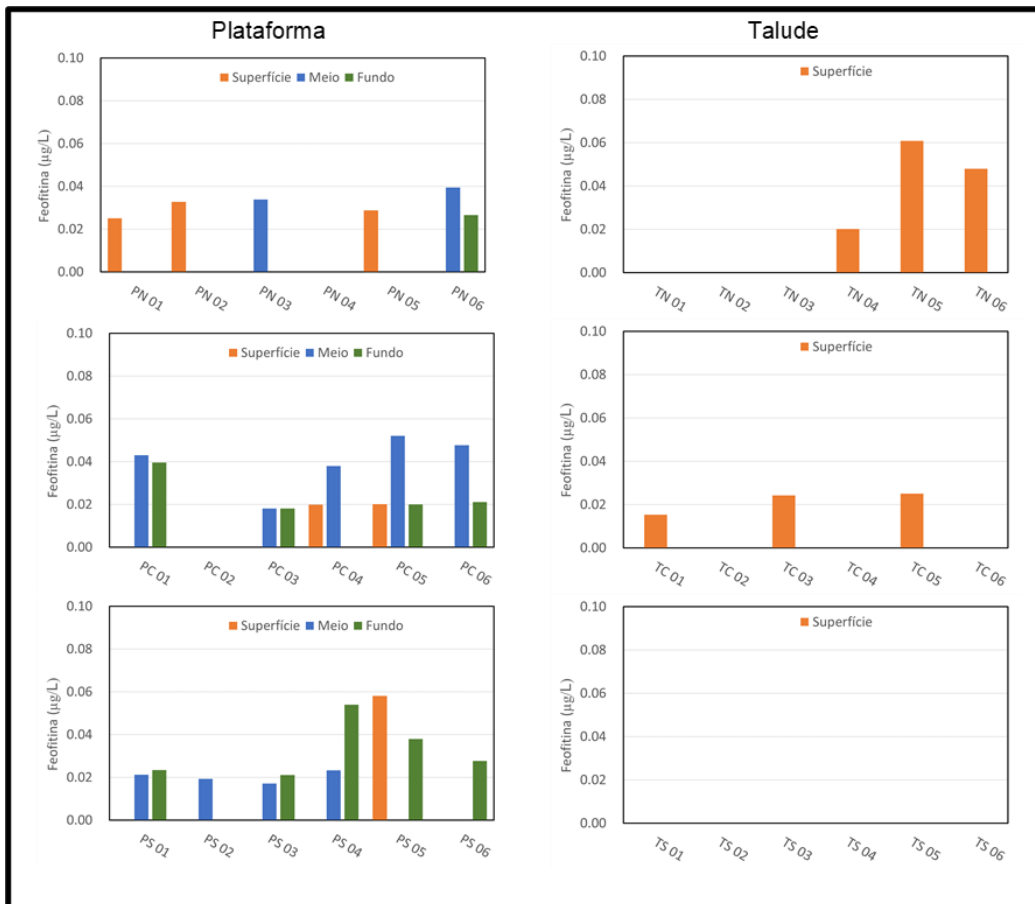


Figura IV.3.3.4-3 – Distribuição de feofitina-a (média, em µg/L) nos estratos de profundidade (superfície, meio e fundo) amostrados nas províncias (plataforma e talude), nas diferentes áreas (norte - N, centro - C e sul - S) durante a 1ª Campanha do PMAR-BC, P= estações de plataforma e T= estações de talude.

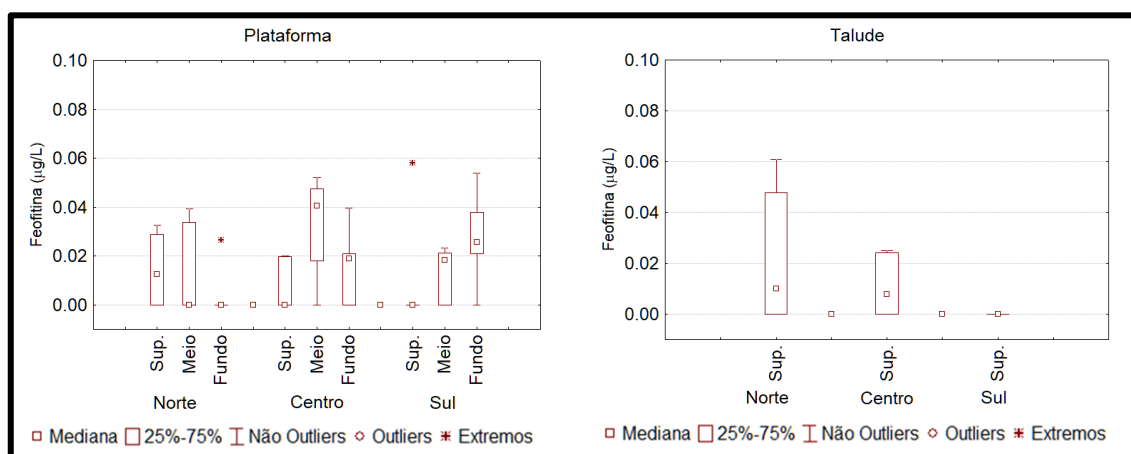


Figura IV.3.3.4-4 – Variação de feofitina-a (µg/L) nos estratos de profundidade (Sup. = superfície, meio e fundo) amostrados nas províncias (plataforma e talude), nas diferentes áreas (norte, centro e sul) durante a 1ª Campanha do PMAR-BC.

Razão Clorofila-a:Feofitina-a

A razão entre a clorofila-a e a feofitina-a em percentual leva em consideração que 100% equivalem a concentração de clorofila-a para 0 (zero) de feofitina-a. Portanto quanto maior as concentrações de feofitina-a em relação a clorofila-a, maior o estado de senescência das células.

Durante a primeira campanha do PMAR-BC as razões entre os fitopigmentos mostraram-se homogêneas. De modo geral, as estações da plataforma e do talude apresentaram razões superiores à 80%, essa homogeneidade também foi ocorrente entre os estratos amostrados da plataforma continental (Figura IV.3.3.4-4).

Tabela IV.3.3.4-2 – Resultados da razão Clorofila-a:Feofitina-a da 1ª Campanha do PMAR-BC

Parâmetro/Estação		PLATAFORMA									TALUDE		
		ÁREAS									ÁREAS		
		NORTE			CENTRO			SUL			NORTE	CENTRO	SUL
		S	M	F	S	M	F	S	M	F	S	S	S
Razão Cl-a:Feo (%)	1	94	100	100	100	83	82	100	95	93	100	95	100
	2	89	100	100	100	100	100	100	96	100	100	100	100
	3	100	96	100	100	89	89	100	95	92	100	91	100
	4	100	100	100	85	91	100	100	93	90	92	100	100
	5	92	100	100	89	87	92	66	100	92	80	92	100
	6	100	92	93	100	89	93	100	100	91	78	100	100

Legenda: S: superfície; M: meio; F: fundo.

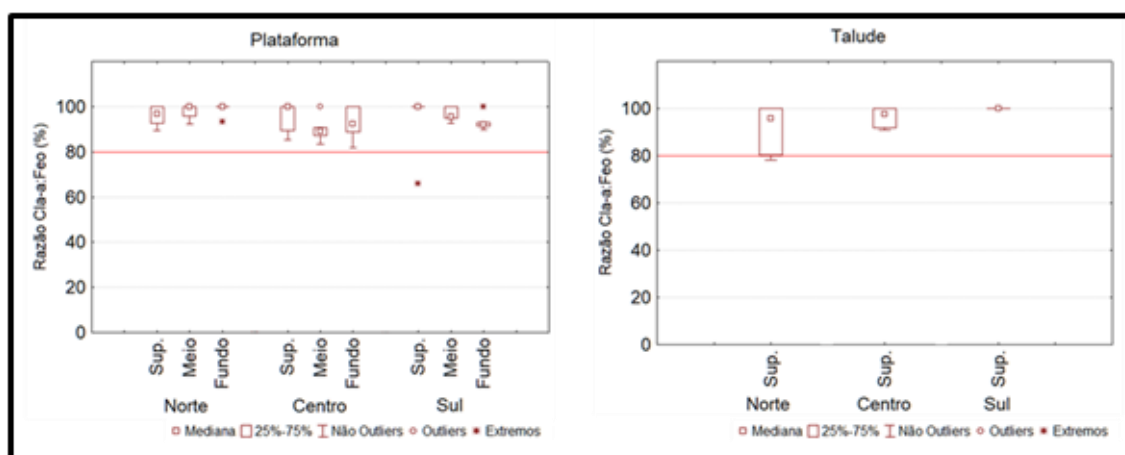
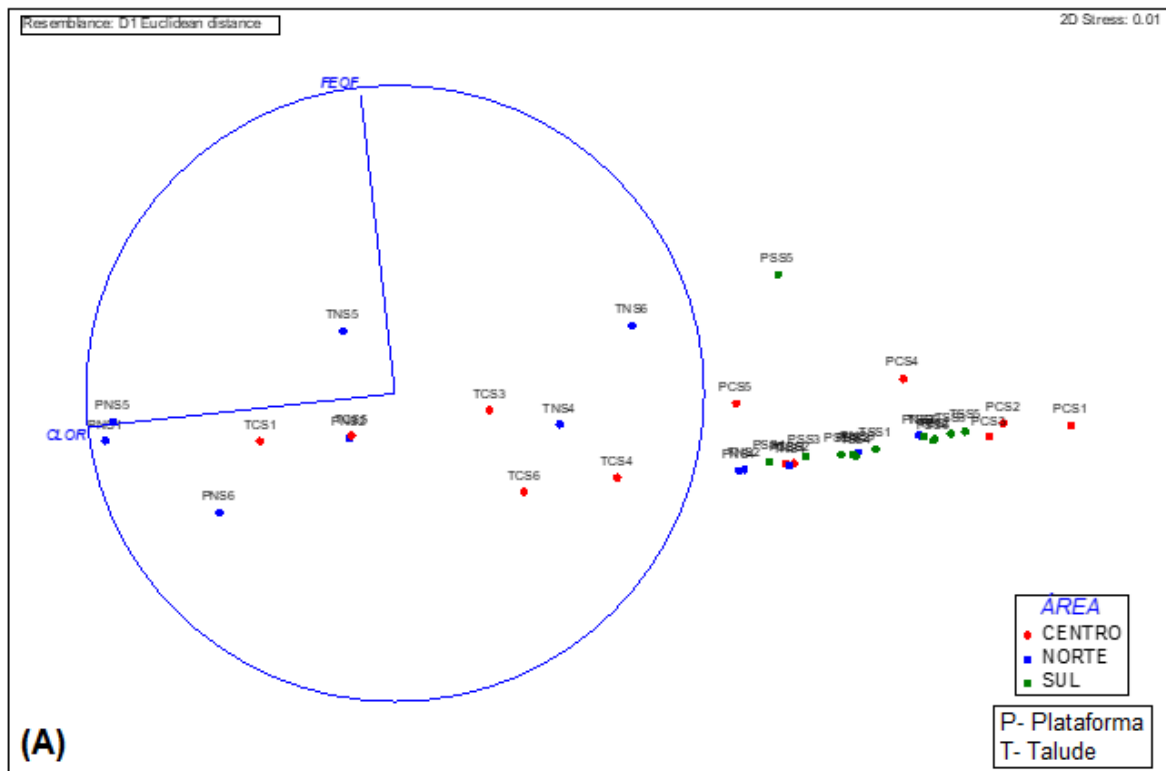


Figura IV.3.3.4-4 – Variação da razão Cl-a:Feo-a nos estratos de profundidade (Sup. = superfície, meio e fundo) amostrados nas províncias (plataforma e talude), nas diferentes áreas (norte, centro e sul) durante a 1ª Campanha do PMAR-BC.

IV.3.3.4.1 – Análises estatísticas bivariadas com base nos resultados do grupo de fitopigmentos nas três áreas da Bacia de Campos

A. Análises exploratórias bivariadas: Comparações entre províncias (águas superficiais) e entre as profundidades de coleta da plataforma

Os resultados do NMDS indicaram grande variabilidade nas concentrações de clorofila-a e feofitina-a entre províncias e áreas amostradas (Figura IV.3.3.4.1-1a). As maiores concentrações de clorofila-a foram registradas na área da plataforma continental norte (Figura IV.3.3.4.1-1a). Especificamente nessa província, maiores concentrações de fitopigmentos foram registradas no estrato mediano. A análise de ordenação indicou também grande heterogeneidade entre os estratos analisados (Figura IV.3.3.4.1-1b).



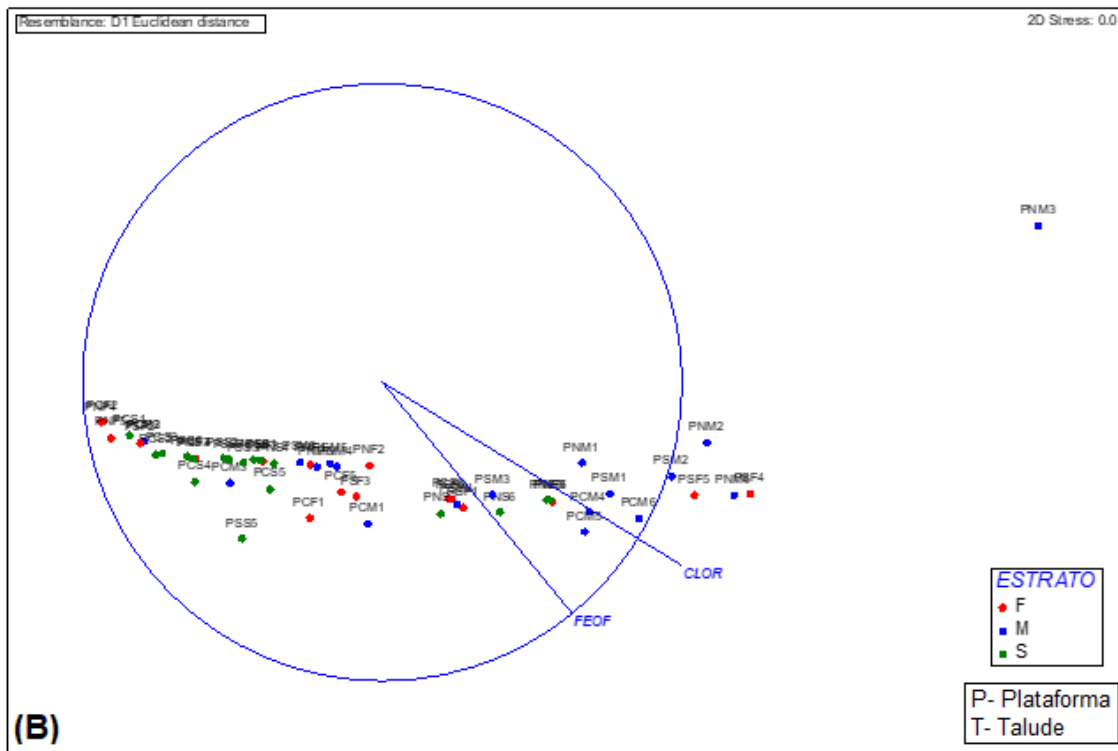


Figura IV.3.3.4.1-1 – NMDS em que os eixos representam as correlações de Spearman do grupo de **fitopigmentos** nas áreas Norte, Centro e Sul das águas superficiais do talude e plataforma **(A)** e nos estratos superfície – S, meio – M e fundo – F das águas da plataforma **(B)**.

A PCA explicou 99,9% da variabilidade dos resultados do PMAR-BC referentes aos fitopigmentos (ANEXO [IV.3.7-2] Figura 4). O eixo I (autovalor 96,8), indicou o parâmetro clorofila-a (autovetor 0,99) como o mais influente na variabilidade dos dados, ressaltando correlação positiva com pontos amostrais da área norte.

B. Análises inferenciais bivariadas: Comparações entre as águas superficiais da plataforma e do talude

Os resultados dos testes de inferência PERMANOVA (testes *main effects* e pareados) são apresentados na Tabela IV.3.3.4.1-1, com base no grupo de fitopigmentos (clorofila-a e feofitina-a) das amostras de superfície.

Tabela IV.3.3.4.1-1 – Resultados dos testes de inferência PERMANOVA para as amostras de superfície considerando comparações entre área e província do PMAR-BC, em relação às variáveis do grupo de fitopigmentos (clorofila-a e feofitina-a)

PERMANOVA table of results							
Source	df	SS	MS	Pseudo-F	P(perm)	Uniques	P(MC)
Província	1	0,00057	0,00057	0,15958	0,7622	9928	0,7549
Área	2	0,06814	0,03407	9,4854	0,0007	9962	0,0007
Província x Área	2	0,06898	0,03449	9,6024	0,0004	9958	0,0004
Res	30	0,10776	0,00359				
Total	35	0,24545					
PAIR-WISE TESTS							
Term "Província x Área" for pairs of levels of factor "Província"							
Within level "Centro" of factor "Área"							
Groups	t	P(Perm)	Uniques	P(MC)			
PLATAFORMA, TALUDE	4,3121	0,005	462	0,0027			
Within level "Norte" of factor "Área"							
Groups	t	P(Perm)	Uniques	P(MC)			
PLATAFORMA, TALUDE	1,5446	0,1497	462	0,1471			
Within level "Sul" of factor "Área"							
Groups	t	P(Perm)	Uniques	P(MC)			
PLATAFORMA, TALUDE	2,1093	0,0189	460	0,0302			
PAIR-WISE TESTS							
Term "Província x Área" for pairs of levels of factor "Área"							
Within level "Plataforma" of factor "Província"							
Groups	t	P(Perm)	Uniques	P(MC)			
CENTRO, NORTE	3,369	0,112	462	0,0056			
CENTRO, SUL	1,2705	0,2038	462	0,2187			
NORTE, SUL	2,8995	0,0313	461	0,0135			
Within level "Talude" of factor "Província"							
Groups	t	P(Perm)	Uniques	P(MC)			
CENTRO, NORTE	1,3963	0,1724	462	0,1825			
CENTRO, SUL	5,1526	0,0021	462	0,0003			
NORTE, SUL	3,2232	0,0048	462	0,0093			

Esses resultados são sintetizados em:

- 1- Comparações baseadas nos fitopigmentos mostraram diferenças entre áreas ($p=0,0007$; PERMANOVA) e na interação entre província e área ($p=0,0004$; PERMANOVA). Águas superficiais da plataforma não diferiram entre as áreas centro e sul ($p=0,2187$; *pair-wise tests*): diferença entre as áreas centro e sul e a área norte foi ocasionada pelas maiores concentrações de clorofila-a na área norte (ver Figuras IV.3.3.4.1-1 e

IV.3.3.4-2). No talude a área sul diferiu da área centro e norte ($p=0,0003$ e $p=0,0093$; *pair-wise tests*): essa diferença estatística foi relacionada primariamente às menores concentrações de clorofila-a na área sul (ver Figuras IV.3.3.4.1-1 e IV.3.3.4-2).

- 2- Diferenças entre as províncias (talude e plataforma) foram observadas na área centro e sul ($p=0,0027$ e $p=0,0302$; *pair-wise tests*): Nesse contexto, as diferenças entre plataforma e talude foram atribuídas às menores concentrações de feofitina-a no talude dessas áreas (ver Figuras IV.3.3.4.1-1 e IV.3.3.4-4).

C. Análises inferenciais bivariadas: Comparações entre as profundidades de coleta da plataforma

Os resultados dos testes de inferência PERMANOVA (testes *main effects* e pareados) são apresentados na Tabela IV.3.3.4.1-2, com base no grupo de fitopigmentos (clorofila-a e feofitina-a) das amostras de superfície, meio e fundo da plataforma. Esses resultados são sintetizados em:

- 1- No conjunto das amostras obtidas na plataforma continental, diferenças foram observadas em relação aos estratos e áreas amostrais ($p=0,001$ e $p=0,0359$; PERMANOVA).
- 2- Águas superficiais da plataforma diferiram em função da área amostrada, com a área norte diferindo das regiões centro e sul ($p=0,0053$ e $p=0,0144$; *pair-wise tests*): essa diferença foi atribuída às maiores concentrações de clorofila-a na área norte (ver Figura IV.3.3.4.1-1b).
- 3- Comparações entre os estratos de profundidade apontaram diferenças em todas as áreas amostradas. Na área sul, águas superficiais diferiram do estrato meio e fundo ($p=0,002$ e $p=0,0209$; *pair-wise tests*): diferença entre estratos ocasionada pelos maiores valores de feofitina-a em águas de fundo (ver Figura IV.3.3.4.1-1b). Na área norte, a distinção ocorreu apenas entre os estratos fundo e meio ($p=0,0308$; *pair-wise tests*): diferença entre estratos ocasionada pelos menores valores dos dois fitopigmentos em águas de fundo (ver Figura IV.3.3.4.1-1b). Na área central, águas

superfícias diferiram do estrato meio ($p=0,0255$; *pair-wise tests*): diferenças estatísticas ocasionadas pelas maiores concentrações de clorofila-a e feofitina-a no estrato meio (ver Figura IV.3.3.4.1-1b).

Tabela IV.3.3.4.1-2 – Resultados dos testes de inferência PERMANOVA para as amostras nos estratos (superfície, meio e fundo) coletados na plataforma do PMAR-BC, em relação às variáveis do grupo com base o grupo de fitopigmentos (clorofila-a e feofitina-a)

PERMANOVA table of results							
Source	df	SS	MS	Pseudo-F	P(perm)	Uniques	P(MC)
Estrato	2	0,25802	0,12901	8,2984	0,0012	9954	0,001
Área	2	0,10933	0,05467	3,5163	0,0377	9957	0,0359
Estrato x Área	4	0,13447	0,03362	2,1625	0,0825	9955	0,0914
Res	45	0,69959	0,01555				
Total	53	1,2014					
PAIR-WISE TESTS							
Term "Estrato x Área" for pairs of levels of factor "Estrato"							
Within level "Centro" of factor "Área"							
Groups	t	P(Perm)	Uniques	P(MC)			
F, M	1,6721	0,1205	461	0,1231			
F, S	1,034	0,3179	462	0,3273			
M, S	2,6194	0,0388	462	0,0255			
Within level "Norte" of factor "Área"							
Groups	t	P(Perm)	Uniques	P(MC)			
F, M	2,4929	0,0243	462	0,0308			
F, S	1,4471	0,1702	462	0,1772			
M, S	1,5762	0,1406	462	0,1469			
Within level "Sul" of factor "Área"							
Groups	t	P(Perm)	Uniques	P(MC)			
F, M	0,17937	0,8704	462	0,8704			
F, S	2,6236	0,0214	462	0,0209			
M, S	3,8888	0,0023	462	0,002			
PAIR-WISE TESTS							
Term "Estrato x Área" for pairs of levels of factor "Área"							
Within level "F" of factor "Estrato"							
Groups	t	P(Perm)	Uniques	P(MC)			
CENTRO, NORTE	0,33582	0,7509	462	0,7485			
CENTRO, SUL	2,0521	0,0649	462	0,0692			
NORTE, SUL	1,6871	0,1263	461	0,1196			
Within level "M" of factor "Estrato"							
Groups	t	P(Perm)	Uniques	P(MC)			
CENTRO, NORTE	1,4114	0,1757	462	0,1841			
CENTRO, SUL	0,56246	0,5871	461	0,5816			
NORTE, SUL	1,1465	0,2903	462	0,2786			
Within level "S" of factor "Estrato"							
Groups	t	P(Perm)	Uniques	P(MC)			
CENTRO, NORTE	3,369	0,0119	462	0,0053			
CENTRO, SUL	1,2705	0,2122	462	0,2261			
NORTE, SUL	2,8995	0,03	461	0,0144			

IV.3.3.5 – Comparações entre os projetos PMAR-BC e PCR-BC

A. Análises exploratórias bi e multivariadas

As análises exploratórias do PMAR-BC e o desenho experimental de comparação com as amostras selecionadas no PCR-BC estão apresentadas em detalhes no Capítulo III, item III.3.2 – MÉTODOS DE TRATAMENTO DE DADOS. Para os grupos de variáveis de hidroquímicas, os resultados das análises exploratórias bi e multivariadas de comparação entre os dois projetos podem ser encontrados na Figura IV.3.3.5-1, que apresenta os diagramas NMDS (com a inclusão das correlações de Spearman dos diferentes grupos de variáveis, nos eixos de ordenação). Em relação aos diferentes grupos de variáveis, podemos observar as seguintes tendências:

- **Variáveis físico-químicas:** Através da análise de ordenação, pôde-se perceber, que os projetos apresentaram distinções entre os valores dos parâmetros físico-químicos. Para este conjunto de dados, as amostras do presente estudo apresentaram maiores concentrações de oxigênio dissolvido em relação às registradas durante o PCR-BC em todas as áreas e províncias amostradas (Figura IV.3.3.5-1a). A única exceção foi o ponto amostral TCG6 (PCR-BC), que apresentou características similares aos valores encontrados na plataforma do presente estudo. O pH também influenciou efetivamente na distinção entre as nuvens de pontos dos projetos, com os maiores valores sendo registrados no projeto PCR-BC.
- **Compostos de carbono e MPS:** Diferenças sutis nos compostos de carbono entre os projetos puderam ser visualizadas pela análise de ordenação (Figura IV.3.3.5-1b). Dentro desse contexto, destacam-se os maiores valores de MPS na província de talude centro (TCF6 e TCE6) e plataforma (PCB5) durante o projeto PCR-BC. Em contrapartida, os menores valores de COD e COT foram reportados na plataforma do PMAR-BC (PC5; PC3 e PS2).

- **Nutrientes:** As variações nas concentrações de nitrato evidenciaram a diferença entre projetos, no qual no presente estudo foram reportadas concentrações menores ao do PCR-BC (Figura IV.3.3.5-1c). De certo modo, pode-se destacar a maior homogeneidade nas concentrações de nutrientes do PMAR-BC em relação às obtidas no PCR-BC. As concentrações de amônio, nitrito e fósforo total não influenciaram na distinção entre projetos, uma vez que não foram registrados pontos amostrais com valores discrepantes entre os mesmos.
- **Fitopigmentos:** As dispersões das nuvens de pontos mostraram a heterogeneidade nas concentrações dos fitopigmentos tanto no PMAR-BC, quanto no PCR-BC. Ficou também evidenciado a distinção entre os projetos, em função dos dois fitopigmentos analisados, com os maiores valores de feofitina-a encontrados reportados no projeto PCR-BC (Figura IV.3.3.5-1d).

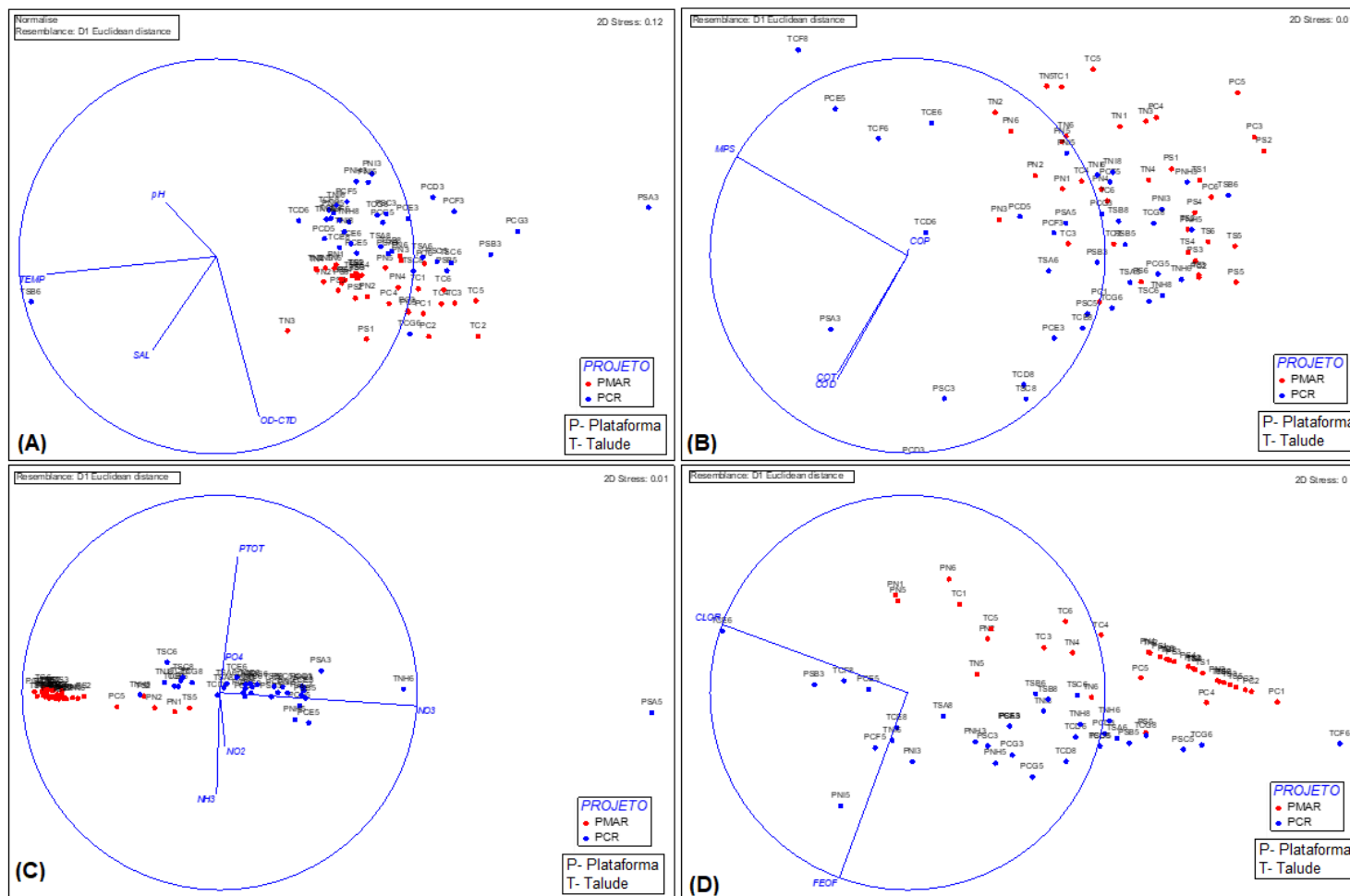


Figura IV.3.3.5-1 – NMDS em que os eixos representam as correlações de Spearman para as variáveis físico-químicas (A), compostos de carbono e MPS (B), nutrientes (C) e pigmentos (D) nas águas superficiais dos Projetos PMAR-BC e PCR-BC.

B. Análises inferenciais: Comparações entre projetos PCR-BC e PMAR-BC

Os resultados dos testes de inferência PERMANOVA (testes *main effects* e pareados) são apresentados nas Tabelas IV.3.3.5-1 a IV.3.3.5-4, com base nos grupos de parâmetros analisados nas amostras de superfície. Esses resultados, considerando os dois projetos, são sintetizados em:

- 1- Comparações entre projetos, a partir do conjunto de dados obtidos para cada grupo de parâmetros (variáveis físico-químicas, compostos de carbono, nutrientes e fitopigmentos), mostraram haver diferenças entre o PMAR-BC e o PCR-BC ($p < 0,05$; PERMANOVA).
- 2- Análise comparando a interação entre os projetos e as áreas amostradas indicaram diferença apenas para as variáveis físico-químicas e compostos de carbono ($p < 0,05$; PERMANOVA). Especificamente, esses dois parâmetros apresentaram diferenças entre todas as áreas amostradas ($p < 0,05$; *pair-wise tests*): nos parâmetros físico-químicos, diferenças entre projetos para todas áreas são, inicialmente, atribuídas aos maiores valores de OD no projeto PMAR-BC e aos maiores valores de pH da água no projeto PCR-BC. Em relação aos compostos de carbono, a diferença entre projetos nas áreas estiveram vinculadas aos menores valores de COD e COT, no projeto PMAR-BC (ver Figura IV.3.3.5-1).
- 3- A interação trifatorial mostrou diferença entre projetos apenas no grupo das variáveis físico-químicas ($p = 0,0023$; PERMANOVA). Com exceção do talude na área sul ($p = 0,3776$; *pair-wise tests*), todas as províncias e áreas analisadas de ambos projetos diferiram entre si.

Tabela 3.3.5-1 – PERMDISP e PERMANOVA para o grupo de variáveis físico-químicas das águas superficiais das províncias (plataforma continental e talude) nas áreas (norte, centro, sul) dos projetos PMAR-BC e PCR-BC

PERMDISP

Fator: PROJETO

F: 2,8162 df1: 1 df2: 70

P(Perm): 0,1282

PERMANOVA

PERMANOVA table of results (main effects)							
Source	df	SS	MS	Pseudo-F	P(perm)	Uniques	P(MC)
PROJETO	1	39,713	39,173	18,078	0,0001	9942	0,0001
PROVÍNCIA	1	9,047	9,047	4,1184	0,0039	9951	0,0084
ÁREA	2	28,775	14,388	6,5496	0,0001	9935	0,0001
PROJETO x PROVÍNCIA	1	6,0253	6,0253	2,7429	0,0273	9950	0,0427
PROJETO x ÁREA	2	49,328	24,664	11,228	0,0001	9936	0,0001
PROVÍNCIA x ÁREA	2	5,6094	2,8047	1,2768	0,2505	9937	0,2595
PROJETO x PROVÍNCIA x ÁREA	2	16,428	8,2141	3,7393	0,0004	9927	0,0023
Res	60	131,8	2,1967				
Total	71	284					

PAIR-WISE TESTS

Term "Projeto x Província" for pairs of levels of factor "Projeto"

Within level "Plataforma" of factor "Província"

Groups	t	P(Perm)	Uniques	P(MC)
PMAR, PCR	3,8279	0,0001	9943	0,0001

Within level "Talude" of factor "Província"

Groups	t	P(Perm)	Uniques	P(MC)
PMAR, PCR	2,6369	0,0001	9943	0,0007

PAIR-WISE TESTS

Term "Projeto x Área" for pairs of levels of factor "Projeto"

Within level "Centro" of factor "Área"

Groups	t	P(Perm)	Uniques	P(MC)
PMAR, PCR	4,4494	0,0001	9950	0,0001

Within level "Norte" of factor "Área"

Groups	t	P(Perm)	Uniques	P(MC)
PMAR, PCR	6,8576	0,0001	9951	0,0001

Within level "Sul" of factor "Área"

Groups	t	P(Perm)	Uniques	P(MC)
PMAR, PCR	2,5316	0,0013	9935	0,0032

PAIR-WISE TESTS

Term "Projeto x Província X Área" for pairs of levels of factor "Projeto"

Within level "Plataforma" of factor "Província"

Within level "Centro" of factor "Área"

Groups	t	P(Perm)	Uniques	P(MC)
PMAR, PCR	3,2155	0,0003	2887	0,0005

Within level "Plataforma" of factor "Província"

Within level "Norte" of factor "Área"

Groups	t	P(Perm)	Uniques	P(MC)
PMAR, PCR	5,6112	0,0046	210	0,0001

Within level "Plataforma" of factor "Província"

Within level "Sul" of factor "Área"

Groups	t	P(Perm)	Uniques	P(MC)
PMAR, PCR	3,0732	0,0018	462	0,0039

Within level "Talude" of factor "Província"

Within level "Centro" of factor "Área"

Groups	t	P(Perm)	Uniques	P(MC)
PMAR, PCR	4,2874	0,0018	2892	0,0001

Within level "Talude" of factor "Província"

Within level "Norte" of factor "Área"

Groups	t	P(Perm)	Uniques	P(MC)
PMAR, PCR	4,2416	0,004	210	0,0013

Within level "Talude" of factor "Província"

Within level "Sul" of factor "Área"

Groups	t	P(Perm)	Uniques	P(MC)
PMAR, PCR	0,94681	0,4512	461	0,3776

Tabela 3.3.5-2 – PERMDISP e PERMANOVA para o grupo de compostos com carbono das águas superficiais das províncias (plataforma continental e talude) nas áreas (norte, centro, sul) dos projetos PMAR-BC e PCR-BC

PERMDISP

Fator: PROJETO
F: 4,0007 df1: 1 df2: 70
P(Perm): 0,0826

PERMANOVA

PERMANOVA table of results (Main Effects)							
Source	df	SS	MS	Pseudo-F	P(perm)	Uniques	P(MC)
PROJETO	1	1,4786	1,4786	11,037	0,0001	9963	0,0001
PROVÍNCIA	1	0,028931	0,028931	0,21596	0,8029	9955	0,8029
ÁREA	2	1,3805	0,69024	5,1524	0,0011	9950	0,0003
PROJETO x PROVÍNCIA	1	0,062538	0,062538	0,46683	0,6393	9954	0,6357
PROJETO x ÁREA	2	1,8082	0,90411	6,7489	0,0002	9959	0,0001
PROVÍNCIA x ÁREA	2	0,61655	0,30828	2,3012	0,0605	9956	0,0624
PROJETO x PROVÍNCIA x ÁREA	2	0,29548	0,14774	1,1029	0,3651	9955	0,3695
Res	60	8,0378	0,13396				
Total	71	14,417					
PAIR-WISE TESTS							
Term "Projeto x Província" for pairs of levels of factor "Projeto"							
Within level "Plataforma" of factor "Província"							
Groups	t	P(Perm)	Uniques	P(MC)			
PMAR, PCR	2,521	0,0039	9965	0,0037			
Within level "Talude" of factor "Província"							
Groups	t	P(Perm)	Uniques	P(MC)			
PMAR, PCR	2,2597	0,007	9962	0,0116			
PAIR-WISE TESTS							
Term "Projeto x Área" for pairs of levels of factor "Projeto"							
Within level "Centro" of factor "Área"							
Groups	t	P(Perm)	Uniques	P(MC)			
PMAR, PCR	2,782	0,0006	9955	0,001			
Within level "Norte" of factor "Área"							
Groups	t	P(Perm)	Uniques	P(MC)			
PMAR, PCR	3,3586	0,0017	9957	0,0015			
Within level "Sul" of factor "Área"							
Groups	t	P(Perm)	Uniques	P(MC)			
PMAR, PCR	3,7643	0,0002	9954	0,0007			
PAIR-WISE TESTS							
Term "Projeto x Província X Área" for pairs of levels of factor "Projeto"							
Within level "Plataforma" of factor "Província"							
Within level "Centro" of factor "Área"							
Groups	t	P(Perm)	Uniques	P(MC)			
PMAR, PCR	2,4277	0,0045	2894	0,009			
Within level "Plataforma" of factor "Província"							
Within level "Norte" of factor "Área"							
Groups	t	P(Perm)	Uniques	P(MC)			
PMAR, PCR	2,9229	0,0151	210	0,0097			
Within level "Plataforma" of factor "Província"							
Within level "Sul" of factor "Área"							
Groups	t	P(Perm)	Uniques	P(MC)			
PMAR, PCR	3,073	0,0028	462	0,007			
Within level "Talude" of factor "Província"							
Within level "Centro" of factor "Área"							
Groups	t	P(Perm)	Uniques	P(MC)			
PMAR, PCR	1,5286	0,1243	2898	0,1183			
Within level "Talude" of factor "Província"							
Within level "Norte" of factor "Área"							
Groups	t	P(Perm)	Uniques	P(MC)			
PMAR, PCR	2,4799	0,0347	210	0,028			
Within level "Talude" of factor "Província"							
Within level "Sul" of factor "Área"							
Groups	t	P(Perm)	Uniques	P(MC)			
PMAR, PCR	2,1878	0,0254	462	0,0386			

Tabela 3.3.5-3 – PERMDISP e PERMANOVA para o grupo de nutrientes das águas superficiais das províncias (plataforma continental e talude) nas áreas (norte, centro, sul) dos projetos PMAR-BC e PCR-BC

PERMDISP

Fator: PROJETO
F: 6,2516 df1: 1 df2: 70
P(Perm): 0,0221

PERMANOVA

PERMANOVA table of results (main effects)							
Source	df	SS	MS	Pseudo-F	P(perm)	Uniques	P(MC)
PROJETO	1	16,542	16,542	184,49	0,0001	9890	0,0001
PROVÍNCIA	1	0,9146	0,9146	10,201	0,0008	9934	0,0023
ÁREA	2	0,3097	0,15485	1,7271	0,1851	9948	0,1832
PROJETO x PROVÍNCIA	1	0,58906	0,58906	6,5698	0,0093	9932	0,0098
PROJETO x ÁREA	2	0,078655	0,039328	0,43862	0,6802	9961	0,6617
PROVÍNCIA x ÁREA	2	0,01429	0,007145	0,079687	0,9499	9956	0,9444
PROJETO x PROVÍNCIA x ÁREA	2	0,49576	0,24788	2,7646	0,0625	9962	0,0689
Res	60	5,3797	0,089662				
Total	71	24,903					

PAIR-WISE TESTS

Term "Projeto x Província" for pairs of levels of factor "Projeto"

Within level "Plataforma" of factor "Província"

Groups	t	P(Perm)	Uniques	P(MC)
PMAR, PCR	10,161	0,0001	9901	0,0001

Within level "Talude" of factor "Província"

Groups	t	P(Perm)	Uniques	P(MC)
PMAR, PCR	9,0788	0,0001	9903	0,0001

PAIR-WISE TESTS

Term "Projeto x Área" for pairs of levels of factor "Projeto"

Within level "Centro" of factor "Área"

Groups	t	P(Perm)	Uniques	P(MC)
PMAR, PCR	16,683	0,0001	9904	0,0001

Within level "Norte" of factor "Área"

Groups	t	P(Perm)	Uniques	P(MC)
PMAR, PCR	6,6607	0,0001	9907	0,0001

Within level "Sul" of factor "Área"

Groups	t	P(Perm)	Uniques	P(MC)
PMAR, PCR	6,3685	0,0001	9906	0,0001

PAIR-WISE TESTS

Term "Projeto x Província X Área" for pairs of levels of factor "Projeto"

Within level "Plataforma" of factor "Província"

Within level "Centro" of factor "Área"

Groups	t	P(Perm)	Uniques	P(MC)
PMAR, PCR	12,901	0,0004	2872	0,0001

Within level "Plataforma" of factor "Província"

Within level "Norte" of factor "Área"

Groups	t	P(Perm)	Uniques	P(MC)
PMAR, PCR	6,105	0,0036	210	0,0002

Within level "Plataforma" of factor "Província"

Within level "Sul" of factor "Área"

Groups	t	P(Perm)	Uniques	P(MC)
PMAR, PCR	4,9541	0,0024	462	0,0004

Within level "Talude" of factor "Província"

Within level "Centro" of factor "Área"

Groups	t	P(Perm)	Uniques	P(MC)
PMAR, PCR	10,606	0,0004	2879	0,0001

Within level "Talude" of factor "Província"

Within level "Norte" of factor "Área"

Groups	t	P(Perm)	Uniques	P(MC)
PMAR, PCR	3,9923	0,0048	209	0,0048

Within level "Talude" of factor "Província"

Within level "Sul" of factor "Área"

Groups	t	P(Perm)	Uniques	P(MC)
PMAR, PCR	4,3239	0,0062	462	0,0017

Tabela 3.3.5-4 – PERMDISP e PERMANOVA para o grupo de pigmentos das águas superficiais das províncias (plataforma continental e talude) nas áreas (norte, centro, sul) dos projetos PMAR-BC e PCR-BC

PERMDISP

Fator: PROJETO
F: 1,9914 df1: 1 df2: 70
P(Perm): 0,3539

PERMANOVA

PERMANOVA table of results (main effects)							
Source	df	SS	MS	Pseudo-F	P(perm)	Uniques	P(MC)
PROJETO	1	0,32633	0,32633	12,281	0,0002	9948	0,0008
PROVÍNCIA	1	0,047727	0,047727	1,7962	0,1867	9939	0,1848
ÁREA	2	0,023406	0,011703	0,44045	0,7348	9959	0,6551
PROJETO x PROVÍNCIA	1	0,060396	0,060396	2,273	0,1236	9948	0,125
PROJETO x ÁREA	2	0,082852	0,041426	1,5591	0,2006	9968	0,2151
PROVÍNCIA x ÁREA	2	0,10049	0,050246	1,891	0,1365	9953	0,1562
PROJETO x PROVÍNCIA x ÁREA	2	0,031715	0,015857	0,59679	0,6381	9948	0,5677
Res	60	1,5942	0,026571				
Total	71	2,2695					
PAIR-WISE TESTS							
Term "Projeto x Província" for pairs of levels of factor "Projeto"							
Within level "Plataforma" of factor "Província"							
Groups	t	P(Perm)	Uniques	P(MC)			
PMAR, PCR	2,7081	0,0012	9936	0,0102			
Within level "Talude" of factor "Província"							
Groups	t	P(Perm)	Uniques	P(MC)			
PMAR, PCR	2,6377	0,0075	9945	0,0091			
PAIR-WISE TESTS							
Term "Projeto x Área" for pairs of levels of factor "Projeto"							
Within level "Centro" of factor "Área"							
Groups	t	P(Perm)	Uniques	P(MC)			
PMAR, PCR	2,7161	0,0076	9937	0,0085			
Within level "Norte" of factor "Área"							
Groups	t	P(Perm)	Uniques	P(MC)			
PMAR, PCR	2,7004	0,0052	9931	0,0072			
Within level "Sul" of factor "Área"							
Groups	t	P(Perm)	Uniques	P(MC)			
PMAR, PCR	2,2033	0,002	9955	0,0401			
PAIR-WISE TESTS							
Term "Projeto x Província X Área" for pairs of levels of factor "Projeto"							
Within level "Plataforma" of factor "Província"							
Within level "Centro" of factor "Área"							
Groups	t	P(Perm)	Uniques	P(MC)			
PMAR, PCR	5,1284	0,0008	2152	0,0004			
Within level "Plataforma" of factor "Província"							
Within level "Norte" of factor "Área"							
Groups	t	P(Perm)	Uniques	P(MC)			
PMAR, PCR	2,1644	0,0176	210	0,028			
Within level "Plataforma" of factor "Província"							
Within level "Sul" of factor "Área"							
Groups	t	P(Perm)	Uniques	P(MC)			
PMAR, PCR	1,5879	0,0063	462	0,1421			
Within level "Talude" of factor "Província"							
Within level "Centro" of factor "Área"							
Groups	t	P(Perm)	Uniques	P(MC)			
PMAR, PCR	0,99069	0,3469	2883	0,3408			
Within level "Talude" of factor "Província"							
Within level "Norte" of factor "Área"							
Groups	t	P(Perm)	Uniques	P(MC)			
PMAR, PCR	1,7026	0,1105	210	0,1184			
Within level "Talude" of factor "Província"							
Within level "Sul" of factor "Área"							
Groups	t	P(Perm)	Uniques	P(MC)			
PMAR, PCR	6,001	0,0028	462	0,0001			

IV.3.4 – DISCUSSÃO

IV.3.4.1 – Variabilidade espacial entre as áreas do PMAR-BC

As variações de temperatura e a salinidade no PMAR-BC se inseriram nos padrões observados para regiões oceânicas tropicais, como também observado por Campos *et al.* (1995), Andrade *et al.* (1999), Niencheski *et al.* (1999) e Pedrosa *et al.* (2006). Embora a análise de dados tenha apontado diferenças significativas na variação destes parâmetros em função da interação província-área, pode-se considerar que estas pequenas diferenças na temperatura e salinidade são esperadas para a Bacia de Campos. Esse fato é justificado pelas pequenas variações horizontais relacionadas às escalas de comprimento do sistema de correntes oceânicas da região (Pedrosa *et al.*, 2006). Especificamente, representadas pela influência da frente térmica de superfície da Água Central do Atlântico Sul (ACAS) e da Água Tropical (AT), carregadas pela Corrente do Brasil (ver Capítulo IV.1.1 – ASPECTOS FÍSICOS e Capítulo IV.2 – SENSORIAMENTO REMOTO).

As concentrações médias de oxigênio dissolvido obtidas nas camadas superficiais, mostraram não haver diferenças entre plataforma e talude e estiveram próximas às concentrações de saturação para as temperaturas e salinidade registradas. As concentrações obtidas em toda área amostral foram superiores à 6 mg/L, e se inseriram nos padrões de enquadramento CONAMA 357/2005 (> 6,0 mg/L). Essas concentrações assemelham-se às encontradas na região em estudo pretérito realizados por Pedrosa *et al.* (2006) e também foi reportado durante a caracterização física da massa d'água da região (ver capítulo IV,1 – ASPECTOS FÍSICOS). Em contrapartida, diferenças entre as áreas amostrais ocorreram e foram inferiores à 0,5 mg/L na maior parte das estações de coleta. Embora as análises inferenciais tenham apontado distinções atreladas à área, essas pequenas variações na concentração de oxigênio dissolvido não podem caracterizar uma heterogeneidade ambiental. Em geral, águas oceânicas superficiais são estáveis, mantendo concentrações de oxigênio dissolvido próximo de sua saturação, mesmo

havendo ação de processos biogeoquímicos (consumo, fotossíntese) que poderiam interferir no equilíbrio deste gás (Keeling *et al.*, 2010).

Como esperado, as variações ocorridas entre os estratos da plataforma continental mostraram o aumento na concentração de oxigênio proporcional ao aumento da profundidade. Esse padrão é conhecido para o ambiente marinho e está relacionado à maior solubilidade dos gases em menores temperaturas (Culberson *et al.*, 1991).

As variações do pH da água do mar registradas durante o período amostral (7,9 - 8,3) margearam os valores médios do pH do oceano Atlântico (8,06) descrito por Jiang *et al.* (2019) e (8,3) por Aminott & Chaussepied (1983). Embora não tenham sido observadas variações entre as províncias, diferenças associadas à área amostral foram reportadas com valores de pH ligeiramente maiores em águas superficiais na plataforma continental (Anexo [IV.3.7-1] Tabela 7). Embora tenham ocorridas variações regionais do pH durante o PMAR-BC, todos os valores reportados estiveram em conformidade com os padrões estabelecidos pelo CONAMA 357/2005 (variação do pH entre 6,5 - 8,5 não devendo haver uma mudança do pH natural maior do que 0,2 unidade). Sabe-se que alterações no pH não são lineares, podendo variar em pequenas escalas no gradiente vertical e horizontal dos oceanos em associação aos valores de temperatura da água durante a amostragem (Wu *et al.*, 2018).

Embora a compreensão das variações desses parâmetros físico-químicos durante o projeto seja importante em uma análise individualizada, essas interpretações singulares se tornam bastante específicas e relativas uma vez que todos, ou quase todos, esses parâmetros se correlacionam entre si. Nesse sentido, inferências multivariadas das variáveis físico-químicas, considerando as águas superficiais das províncias analisadas, indicaram as diferenças físico-químicas da água em função da área amostral (Tabela IV.3.3.1-1). As análises estatísticas denotaram para a área sul a preponderância de água com maiores valores de pH. Na maior parte dos dados, a área centro mostrou valores de oxigênio dissolvido ligeiramente mais elevados, enquanto os pontos da área norte foram caracterizados por águas mais salinas e quentes (Figura IV.3.3.1.1-1a). Como mencionado anteriormente, variações em massas d'água do mesmo estrato devem ser

ponderadas, uma vez que pequenas mudanças nos parâmetros abióticos são intrínsecas do sistema oceânico.

Dentro desse prisma, as diferenças obtidas através do sinergismo dos parâmetros físico-químicos da água mostraram no PMAR-BC a presença de águas superficiais quentes, menos alcalinas e com baixas concentrações de nutrientes, fato que sugere a estratificação da massa d'água (ver Capítulo IV.1 – ASPECTOS FÍSICOS). Como já descrito por Silveira *et al.* (2015) a circulação oceânica superficial na Bacia de Campos é dominada pelo Sistema Corrente do Brasil e pelos meandros e vórtices associados. A coluna d'água deste sistema de correntes é formada por um empilhamento de massas de água distintas físico-quimicamente, cujas profundidades e interfaces variaram devido ao ajustamento baroclínico destes fluxos, causando estratificação vertical na coluna d'água.

Em relação aos compostos de carbono, as concentrações de COD, em uma análise individual, mostraram homogeneidade em sua distribuição horizontal, sem diferença entre províncias e áreas amostrais (Anexo [IV.3.7-1] Tabela 9; Figura IV.3.3.2-2). As variações desse composto de carbono mostraram homogeneidade na área do PMAR-BC e se inseriram nas concentrações observada por Pedrosa *et al.* (2006) para a Bacia de Campos.

As concentrações de COP não diferiram entre as províncias (Anexo [IV.3.7-1] Tabela 11) e mantiveram-se nos padrões de águas oligotróficas proposto por Niencheski & Baumgaren (1999). De certo modo, esperava-se que variações no COP estivessem relacionadas às variações de MPS durante as amostragens, visto que, o MPS corresponde à todas as partículas orgânicas e inorgânicas que se encontram em suspensão. Contudo, este padrão não foi observado,

De modo geral, durante a campanha PMAR-BC, os baixos valores obtidos para os compostos de carbono (COD, COP e COT) se inseriram nas faixas registradas para a Bacia de Campos em giros subtropicais no Atlântico Sul (Poulton 2006; Bianchi & Bauer, 2011). Ressalta-se que, de acordo com os critérios estabelecidos para COT em águas salgadas (CONAMA 357/2005), a concentração máxima deste composto orgânico deve ser de até 3 mg/L, e que os valores obtidos em todas as amostras do PMAR-BC mostraram concentrações muito inferiores a este valor.

Transformações referentes aos elementos compostos por carbono no ambiente oceânico estão fortemente relacionadas às atividades microbianas. Baseado nisso, Volkman & Tanoue (2002) indicaram que, na zona eufótica das regiões oceânicas oligotróficas, a biomassa de bactérias heterotróficas é o principal componente de biomassa viva do carbono orgânico particulado. Alguns agregados de matéria orgânica e lises provocadas em células também podem contribuir como fonte de carbono orgânico dissolvido.

Adicionalmente, Tura (2015) explicou que, nestes ambientes, os organismos autotróficos são dependentes da remineralização a partir de processos microbianos, criando um importante perfil de produção regenerada devido à limitação de nutrientes nessas áreas. A remineralização microbiana também é apontada como a principal responsável pela conversão da matéria orgânica particulada em compostos orgânicos e inorgânicos dissolvidos em regiões oceânicas, como descrito por Poulton *et al.* (2006) e Suzuki *et al.* (2017).

Análises multivariadas com todos os parâmetros de carbono em águas superficiais do PMAR-BC denotaram uma variação em função da área de amostragem, com o MPS sendo o parâmetro mais relevante nessa distinção (Tabela IV.3.3.2-1 e Figura IV.3.3.2-7). Nesse caso, os menores valores de MPS foram observados na área sul enquanto os maiores, na área norte. Esse padrão de diferenças entre áreas também foi evidente nos estratos da plataforma. Variações nos compostos de carbono são comuns em ambientes oceânicos e podem ser atribuídas a diversos fatores. Suzuki *et al.* (2017) e Sarmiento & Gruber (2006) citaram que a atividade biológica, naturalmente, promove o aumento do carbono orgânico particulado na camada eufótica, o que frequentemente reflete os maiores valores de COD e COT encontrados na camada superior da coluna d'água. Com exceção da área sul da plataforma, este mesmo padrão foi detectado no PMAR-BC.

Na primeira campanha do PMAR-BC, as concentrações de nutrientes (amônio, nitrito, nitrato, fosfato e fósforo total) apresentaram uma distribuição típica de oceanos tropicais oligotróficos, onde a coluna d'água é estratificada (Tabela IV.3.3.3-1). Dessa forma, foi observado uma menor concentração de nutrientes em camadas mais superficiais e concentrações mais elevadas em águas em estratos

mais profundos. Os valores registrados para esses compostos assemelham-se aos registrados em ambientes oligotróficos descritos por Foloni-Neto (2008) e se inseriram nas faixas de variações obtidas por Suzuki *et al.* (2017), Paranhos & Rezende (2002), Pedrosa *et al.* (2006) e Rezende *et al.* (2007) em regiões próximas ou dentro da Bacia de Campos.

Em relação ao íon amônio, embora diferenças entre províncias e áreas tenham sido reportadas (ANEXO [IV.3.7-1] Tabela 17), as concentrações no PMAR-BC foram homogêneas e, frequentemente, inferiores à 0,1 μM (Figura IV.3.3.3-1). Esse composto é o que apresenta o caráter químico mais reduzido dentre as formas nitrogenadas, sendo usado preferencialmente na produção primária oceânica, e, quando presente em um ambiente aeróbico (oceânico), tende a ocorrer em baixas concentrações em todos os estratos da coluna d'água (Kirchman, 2012; Aminot & Chaussepied, 1983). De acordo com os dados obtidos, pode-se considerar que os valores registrados para o íon amônio são esperados para a área oceânica da Bacia de Campos.

No ciclo do nitrogênio, o nitrito é a forma intermediária de oxidação entre o amônio e o nitrato (Francis *et al.*, 2005, Mordy *et al.*, 2010). Em águas oceânicas suas concentrações são extremamente baixas, variando do não detectado a 0,1 μM (Aminot & Chaussepied, 1983; Baumgarten *et al.*, 1996). Valores de nitrito no PMAR-BC foram homogêneos no gradiente horizontal (Figura IV.3.3.3-3), e também estiveram abaixo ou muito próximo dos valores relatados pela bibliografia para a região da Bacia de Campos (Suzuki *et al.*, 2017).

O íon nitrato é a forma mais oxidada e estável dentre os compostos nitrogenados em solução aquosa e, assim, sua concentração é superior às demais formas em águas oligotróficas (Tabela IV.3.3.3-1). Dentro desse contexto, sabe-se que as concentrações de nitrato também aumentam em função da profundidade. Na área sul da plataforma, nos estratos meio e fundo, as concentrações de nitrato foram ligeiramente menores, isso denota um empobrecimento da água nessa área, o que pode estar relacionado à maior profundidade atingida pela massa d'água Água Tropical nessa parte da bacia (ver Capítulo III.1 – ASPECTOS FÍSICOS; Figura IV.3.3.3-5).

As concentrações de fosfato variaram entre as áreas amostrais (Anexo [IV.3.7-1] Tabela 23), o que também pode ser atribuído à influência da Água Tropical. Adicionalmente, baixas concentrações de fósforo total foram observadas na região do PMAR-BC (Figura IV.3.3.3-9) valores também similares aos observados em estudo pretérito para a região (Pedrosa *et al.*, 2006). De modo geral, baixas concentrações deste composto estão relacionadas aos baixos valores de material particulado em suspensão encontrados na região, como sugerido por Niencheski & Baumgarten (1999).

A concentrações de nutrientes quando comparadas aos valores máximos exigidos pelo CONAMA 357/2005, apresentaram valores inferiores, conforme apresentado na Tabela IV.3.4.1-1

Tabela IV.3.4.1-1 – Comparação entre a concentração (mg/L) dos nutrientes (valores máximos) obtidos durante a 1ª campanha do PMAR-BC e o descrito pela Resolução CONAMA 357/2005 para águas salinas classe 1

Nutriente	PCMAR-BC01	CONAMA 357/2005
Amônio (mg/L N)	0,0011	0,400
Nitrito (mg/L N)	0,0002	0,070
Nitrato (mg/L N)	0,0609	0,400
Ptotal (mg/L P)*	0,0070	0,031

* Descrito na Resolução Conama 357/2005 como “polifosfatos (determinado pela diferença entre fósforo ácido hidrolisável total e fósforo reativo total)”.

A razão molar entre o nitrogênio inorgânico dissolvido e o fósforo inorgânico dissolvido é referida ao valor de 16:1 para ambientes aquáticos segundo Redfield *et al.* (1963). Razões elevadas nos estratos mais profundos apontaram concentrações mais elevadas de N em relação ao P, confirmando o padrão para águas oceânicas profundas descrito por Sarmiento & Gruber (2006). Áreas superficiais foram marcadas por razão 0 (fosfato < LD) ou inferiores a 20, padrão atribuído ao esgotamento de nutrientes da zona eufótica pelos produtores primários, também descrito por Metzler *et al.* (1997).

No PMAR-BC, as estações das camadas superficiais foram limitadas pelo nitrogênio e as camadas mais profundas pelo fósforo (Figuras IV.3.3.3-11 e IV.3.3.3-12). Essa limitação pode ser explicada pelo consumo dos nutrientes na zona eufótica e a interferência da termoclina, permitindo maiores concentrações

dos nutrientes (principalmente nitrato) nas camadas mais profundas, como citado acima.

Considerando apenas a província de plataforma continental, nota-se a diferença de concentração de nutrientes entre os estratos de profundidade nas diferentes áreas amostradas. Ficou evidente que as menores concentrações foram obtidas em águas superficiais, tendência que pode estar relacionada ao consumo dos produtores primários. Em contrapartida, maiores concentrações em estratos mais profundos podem ser justificadas pela estratificação da água presente na Bacia de Campos (ver Capítulo III.1- ASPECTOS FÍSICOS).

As concentrações de fitopigmentos mantiveram-se baixas durante o PMAR-BC e reiteraram o caráter oligotrófico para a região. Essa caracterização também foi observada durante a avaliação por sensoriamento remoto em águas superficiais (ver Capítulo IV.2 – SENSORIAMENTO REMOTO). Em relação às concentrações de clorofila-a, destaca-se os maiores valores no estrato meio na área norte, fato que pode estar correlacionado às maiores concentrações de nutrientes nessa área, como citado acima. Diferenças entre profundidades também foram apontadas por análises de inferência (ANEXO [IV.3.7-1] Tabela 28). Contudo, ressalvas novamente são feitas às atribuições de distinções para esse parâmetro, dadas as constantes ocorrências de baixos valores reportados. Como descritos por Netto Júnior (2008), diferenças pontuais na clorofila-a podem estar associadas aos parâmetros nutricionais da água e à eventos pontuais de mistura de água. Padrão semelhante nas concentrações dos pigmentos também foi registrado na Bacia de Campos por Gonzalez-Rodriguez *et al.* (2017) e Rodrigues *et al.* (2017.)

A feofitina-a é o pigmento formado a partir da degradação da clorofila e, quando em concentrações elevadas, indicam que as células do fitoplâncton estão senescentes e/ou mortas. Este estado de senescência pode ser avaliado pelas razões entre a clorofila-a e feofitina-a. Segundo Neveux (1986) a normalidade em águas oligotróficas aponta para razões superiores a 80%, fato ocorrente em 97,20% das estações coletadas (Figura IV.3.3.4-5).

IV.3.4.2 – Variabilidade entre projetos PMAR- BC e PCR-BC

De modo geral, análises inferenciais entre os projetos PMAR-BC e PCR-BC apontaram diferenças em todos os conjuntos das variáveis físico-químicas, nutrientes, compostos com carbono e pigmentos (ver item IV.3.3.5).

Comparações entre as variáveis físico-químicas mostraram distinções entre os projetos, províncias, áreas e algumas interações desses fatores (Tabela 3.3.5-1). Contudo, os valores obtidos em águas superficiais durante o PCR-BC (temperatura entre 24,9 e 37,4 °C, salinidade entre 35,7 e 37,3 PSU, oxigênio dissolvido entre 6,01 e 6,53 e pH entre 7,9 e 8,3) também estiveram inseridas nas faixas de variações intrínsecas do ambiente oceânico.

Embora não tenham ocorridas diferenças entre as províncias, distinções entre projeto, área e suas interações foram observadas através das concentrações de compostos com carbono (Tabela 3.3.5-1). Essa distinção pode ser justificada por variações ambientais na região. Nesse contexto, os valores obtidos durante o projeto PCR-BC (0,69 e 1,62 mg/L⁻¹ para COD, valores não detectáveis e 0,13 mg/L⁻¹ para COP, 0,71 e 1,67 mg/L⁻¹ para COT e 0,29 e 1,82 mg/L⁻¹ para MPS) também se inserem nos padrões registrados preteritamente para a Bacia de Campos (Pedrosa *et al.*, 2006).

As diferenças entre projetos, a partir dos nutrientes dissolvidos, estiveram associadas às distinções entre as províncias amostrais, principalmente em função das concentrações de nitrato (Figura IV.3.3.5-3). De certo modo, justificativas sobre essas distinções nutricionais entre projetos passam por suposições que vão desde condições locais durante o período amostral às variações na camada de mistura. Contudo, deve-se ressaltar que os nutrientes dissolvidos do PCR-BC também variaram dentro dos padrões oligotróficos da Bacia de Campos (amônio entre valores não detectáveis e 0,17 µM, nitrito entre valores não detectáveis e 0,10 µM, nitrato entre 0,56 e 3,09 µM, fosfato entre valores não detectáveis e 0,11 µM e fósforo total entre 0,11 e 0,29 µM).

Dentro dos parâmetros hidroquímicos analisados, fitopigmentos foi o único que não apresentou diferenças estatísticas relacionadas à interação dos fatores

área e províncias amostrais, diferenciando-se apenas no conjunto total dos dados dos projetos (Tabela 3.3.5-4).

Os fitopigmentos foram analisados tanto em filtro de fibra de vidro GF/F como em acetato de celulose. Esta dupla filtração foi realizada para que fosse possível comparar as concentrações destes pigmentos entre os projetos (PCR-BR utilizou filtro de acetato de celulose), baseando-se na mesma metodologia aplicada. O método utilizado no presente projeto também permite a comparação com outros estudos que utilizam filtros de fibra de vidro (GF/F).

No PCR as concentrações de clorofila-a variaram de 0,03 a 1,26 µg/L e a feofitina-a entre 0,02 a 0,74 µg/L. Na comparação utilizando-se filtros de acetato de celulose nos dois projetos, as concentrações dos fitopigmentos (clorofila-a + feofitina-a) no PCR-BC foram em média 74% mais elevados. Na comparação com os filtros GF/F, os valores foram 44% maiores. Esta variação, possivelmente, está relacionada a uma maior disponibilidade de nutrientes, bem como, as variações físico-químicas pontuais e temporais. Todas as razões entre a clorofila-a e a feofitina-a no PCR-BC ficaram abaixo de 80%. No PCMAR-BC, comparando com a mesma metodologia (filtros de acetato de celulose) isto ocorreu em apenas 16,1% das estações e com os filtros GF/F em 5,6%, indicando o melhor estado fisiológico fitoplanctônico durante o PMAR-BC.

Em síntese, as diferenças nos parâmetros hidroquímicos entre os projetos, além da escala temporal expressiva, podem ter ocorrido também devido à diferença no desenho amostral e ao mosaico ambiental nas áreas e estratos da Bacia de Campos. Deve-se enfatizar que, embora ocorram diferenças entre os valores obtidos nos projetos, ambos convergem para uma descrição oligotrófica, com baixas concentrações de fitopigmentos e compostos de carbono, características estas típicas às águas abertas do Atlântico do Sudeste Brasileiro.

IV.3.5 – CONCLUSÕES

- As variações conjuntas dos parâmetros físico-químicos da água (temperatura, salinidade, OD e pH) mostraram diferença estatística entre as áreas centro e norte na província de plataforma e entre todas as áreas na província de talude. A partir desses parâmetros, também pôde-se diferenciar a província de talude da plataforma nas áreas norte e centro.
- As análises baseadas no conjunto das concentrações de compostos de carbono (COD, COP, COT e MPS) mostraram a existência de diferença significativa entre as áreas na mesma província, com a área norte da plataforma e sul do talude diferentes das demais. Comparação entre as províncias, considerando os compostos de carbono, também mostraram distinção da área centro.
- Análises de inferência a partir do conjunto de nutrientes (amônio, nitrito, nitrato, fosfato e fósforo total) indicaram não haver diferenças tróficas nas águas superficiais das áreas amostradas. Também não ocorreram diferenças entre a plataforma e o talude. No talude, a área sul diferiu das áreas centro e norte.
- As razões N:P mostraram que as águas superficiais se encontraram limitadas pelo nitrogênio e águas mais profundas limitadas por fósforo, fato atribuído à estratificação da coluna d'água na região amostrada.
- A interação dos fitopigmentos mostrou que a área norte da plataforma continental apresentou maiores concentrações de clorofila-a e diferiu das demais áreas amostradas na província. No talude, a área sul diferiu das demais áreas por apresentar menores concentrações de clorofila-a e feofitina-a. Também houve diferença significativa entre o talude e a plataforma nas áreas centro e sul.

- Os parâmetros hidroquímicos analisados marcaram a diferença entre os resultados do PMAR-BC e PCR-BC, sobre as mesmas províncias e profundidades de coleta. Fato relacionado às diferenças intrínsecas entre os desenhos amostrais.
- Os dados obtidos a partir do PMAR-BC convergiram para uma caracterização oligotrófica, com baixas concentrações de fitopigmentos e compostos de carbono, característicos de águas abertas do Atlântico do Sudeste Brasileiro.
- Os resultados obtidos atualizam e ampliam o conhecimento a respeito da caracterização hidroquímica e servirá como base comparativa para a segunda campanha de monitoramento da região da Bacia de Campos.

IV.3.6 - REFERÊNCIAS

- Aminot, A., Chaussepied, M. 1983. Manuel des analyses chimiques en milieu marin. Brest: Centre National pour l'exploitation des Océans.
- Andrade, L., Suzuki, M., Paranhos, R., Rezende, C. E. 1999. Hidroquímica na ZEE entre 13 e 25 °S 28 e 41 °W em (1998). XII Semana Nacional de Oceanografia – Resumos expandidos, UERJ. Rio de Janeiro, RJ, 267-269.
- Bauer, J. E.; Bianchi, T. S. 2011. Dissolved organic carbon cycling and transformation. Treatise on estuarine and coastal science, V. 5: 7-67
- Baumgarten, M. G. Z., Rocha, J. M. B., Niencheski, L. F. H., 1996. Manual de análises em oceanografia química, Editora Furg, Rio Grande.
- Bentz, C.M., Politano, A.T., Genovez, P. 2005. Monitoramento ambiental de áreas costeiras e oceânicas com múltiplos sensores orbitais. Revista Brasileira de Cartografia 57 (1): 43-47.
- Bianchi, T. S.; Bauer, J. E. 2011. Particulate organic carbon cycling and transformation. In: Treatise on Estuarine and Coastal Science 5: 69-117.
- Brasil. Conselho Nacional do Meio Ambiente- CONAMA. Resolução 357 de 17 de março de 2005. Brasília, DF, 2005.
- Bronk, D. A., Glibert, P. M., Ward, B. B. 1994. Nitrogen uptake, dissolved organic nitrogen release, and new production. Science 265:1843–1846.
- Campos E.J.D, Gonçalves E., Ikeda Y. 1995. Water mass characteristics and geostrophic circulation in the South Brazil Bight: Summer of 1991. Journal of Geophysical Research, 100 (9): 18537-18550
- Carbonel, C.A., Valentin, J.L. 1999. Numerical modelling of phytoplankton bloom in the upwelling ecosystem of Cabo Frio (Brazil). Ecological Modelling. 116 (2/3): 135-148.
- Carlson, C. A., Ducklow, H. W., Michaels, A. F. 1994. Annual flux of dissolved organic carbon from the euphotic zone in the North-western Sargasso Sea. Nature 371:405–408.
- Copin-Montégut, G., Avril, B. 1993. Vertical distribution and temporal variation of dissolved organic carbon in the North Western Mediterranean Sea. Deep-Sea Research Part I: Oceanography Research Papers 40 (10):1963–1972.
- Culberson, C.H., Knapp, G. P., Stalcup, M. C., Williams. R. T, Zemlyak, F. 1991. A comparison of methods for the determination of dissolved oxygen in seawater.

WHPO 91-2, World Ocean Circulation Experiment. Hydrographic Programme, Woods Hole, Massachusetts.

Eaton, A. D., Clesceri, L. S., Franson, M. A. H., Rice, E. W., Greenberg, A. E. 2005. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (2540 D Total Suspended Solids Dried at 103–105°C), 21a edição. Washington. American Public Health Association.

Eppley, R. W., Peterson, B. J. 1979. Particulate organic matter flux and planktonic new production in the deep ocean. *Nature* 282:677 – 680.

Falcão, A.P.C., Curbelo-Fernandez, M.P., Borges, A.L.N., Filgueiras, V.L., Kowsmann, R.O., Martins, R.P. 2017. Importância ecológica e econômica da Bacia de Campos: ambiente transicional na margem continental do Oceano Atlântico Sudoeste. In: Curbelo-Fernandez, M.P., Braga, A.C., editoras. Ambiente Pelágico: caracterização ambiental regional da Bacia de Campos, Atlântico Sudoeste. Rio de Janeiro: Elsevier. Habitats, v. 5. p. 1-13. Publicado também nos volumes 3, 4, 6 e 7 desta série.

Foloni-Neto, H. 2008. Análise multiparamétrica ótima de massas de água na Bacia de Campos – RJ. Monografia. Instituto de Oceanografia. Universidade de São Paulo.

Francis, C.A., Roberts, K.J., Beman, J.M., Santoro, A.E., Oakley, B.B. 2005. Ubiquity and diversity of ammonia-oxidizing archaea in water columns and sediments of the ocean. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*. 102 (41): 14682-14688.

Grasshoff, K., Kremling, K., Ehrhardt, M. 1999. *Methods of Seawater Analysis*. 3th Edition. Wiley-VCH, Weinheim: Verlag Chemie.

Gonzalez-Rodriguez, E., Rodrigues, S. V., Marinho, M. M., Carvalho, W. F., Pinto, F. N., Paranhos, R. 2017. Biomassa fitoplanctônica e produção primária. In: Falcão, A. P. C., Moreira, D. L. editores. Ambiente pelágico: caracterização ambiental regional da Bacia de Campos, Atlântico Sudoeste. Rio de Janeiro: Elsevier. Habitats, v. 5: 69-87.

Holmes, R. M.; Aminot, A.; Kerouel, R.; Hooker, B. A.; Peterson, B. J. 1999. A simple and precise method for measuring ammonium in marine and freshwater ecosystems. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*. 56: 1801-1808.

Hung, J. J., Lin, P. L., Liu, K. K. 2000. Dissolved and particulate organic carbon in the southern East China Sea. *Continental Shelf Research* 20 (4-5):545–569.

Jiang L.Q., Carter B.R., Freely R.A., Lauvset S.K. 2019. Surface ocean pH and buffer capacity: past, present and future. *Oslen A Scientific Reports* 9: 18624

- Keeling, R. F., Körtzinger, A., Gruber, N. 2010. Ocean Deoxygenation in a Warming World. Annual Review of Marine Science Vol. 2: 199-229
- Kirchman, D.L. 2012. Processes in Microbial Ecology. Oxford: Oxford University Press.
- Kirchman, D. L., Lancelot, C., Fasham, M., Legendre, L., Radach, G., Scott, M. 1993. Dissolved organic material in biogeochemical models of the ocean. In: Evans, G. T., Fasham, M. J. R. (eds). Towards a model of ocean biogeochemical processes. Ser I: Global environmental change. Springer-Verlag. Berlin. 209–225
- Mahiques, M.M., Bicego, M.C., Silveira, I.C.A., Sousa, S.H.M., Lourenço, R.A., Fukumoto, M.M. 2005. Modern sedimentation in the Cabo Frio upwelling system, Southeastern Brazilian Shelf. Anais da Academia Brasileira de Ciências. 77(3): 535-548.
- Metzler, P.M., Gilbert, P.M., Gaeta, S.A., Ludlam, J.M. 1997. New and regenerated production in the South Atlantic off Brazil. Deep Sea Research Part I: Oceanographic Research Papers. 44 (3): 363-384.
- Mordy, C.W., Eisner, L.B., Proctor, P., Stabeno, P. 2010. Temporary uncoupling of the marine nitrogen cycle: accumulation of nitrite on the Bering Sea shelf. Marine Chemistry. 121 (1/4): 157-166.
- Netto Júnior, J. P. B. 2008. Hidrografia e massas de água da plataforma continental sudeste brasileira em 26° 45' S. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós Graduação em Sistemas Costeiros e Oceânicos. Universidade Federal do Paraná.
- Neveux, J., Lantoiné, F. 1993. Spectrofluorometric assay of chlorophylls and phaeopigments using the least squares approximation technique. Deep-Sea Research I 40 (9): 1747-1765.
- Niencheski, L. F.; Baumgarten, M. G. Z. 1999. Oceanografia química: levantamento bibliográfico e identificação do estado atual do conhecimento. Graflina Editora.
- Paranhos, R., Rezende, C.E. 2002. Hidrobiologia. In: PETROBRAS Relatório de dados do monitoramento ambiental no campo de Albacora Leste. Rio de Janeiro: Petrobras/Cenpes. Capítulo 3.
- Pedrosa, P., Paranhos, R., Suzuki, M. S., Andrade, L., da Silveira, I. C. A., Schmidt, A. C. K., Rezende, C. E. 2006. Hidroquímica de massas d'água oceânicas em regiões da margem continental Brasileira, Bacia de Campos, Estado do Rio de Janeiro, Brasil. Geochimica Brasiliensis, 20 (1): 101-119.
- Poulton, A. J., Holligan, P. M., Hickman, A., Kim, Y. N., Adey, T. R., Stinchcombe, M. C., Woodward, E. M. S. 2006. Phytoplankton carbon fixation, chlorophyll-

biomass and diagnostic pigments in the Atlantic Ocean. Deep Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography, 53(14-16): 1593-1610.

Redfield, A.C., Ketchum, B.H., Richards, F.A. 1963. The influence of organisms on the composition of seawater. In: Hill, M.N., editor. The Sea. Nova Jersey: John Wiley & Sons. v. 2.

Rezende, C.E., Andrade, L., Suzuki, M.S., Faro, B.C.M.T., Gonzalez, A.S.M., Paranhos, R. 2007. Hidroquímica. In: Valentin, J.L. Características hidrobiológicas da região central da Zona Econômica Exclusiva brasileira (Salvador, BA, ao Cabo de São Tomé, RJ). Brasília: Ideal gráfica. Série Documentos REVIZEE/SCORE 2: 31-60.

Ribeiro-Ferreira, V.P., Moreira, D.L., Falcão, A.P.C., Curbelo-Fernandez, M.P., Filgueiras, V., Lavrado, H.P., Paranhos, R., Suzuki, M.S., Rezende, C.E., Campos, R.C., Wagener, A.L.R., Massone, C.G., Carreira, R.S. 2017. Métodos empregados na avaliação química do compartimento água e sedimento da Baía de Campos. In: Falcão, A.P.C., Wagener, A.L.R., Carreira, R.S., editores. Química ambiental: caracterização ambiental regional da Baía de Campos, Atlântico Sudoeste. Rio de Janeiro: Elsevier. Habitats, v. 6. p. 15-32.

Rodrigues, S. V., Marinho, M. M., Jonck, C. C. A. C, Correa, R. M., Oliveira, A. C. L., Gonçalves, E. S., Santos, M. C., Brant, V. F., Brandão, F. P. 2017. Composição do fitoplâncton a partir da avaliação de pigmentos marcadores (carotenoides e clorofilas). In: Falcão, A.P.C., Wagener, A.L.R., Carreira, R.S., editores. Ambiente Pelágico: Caracterização Ambiental Regional da Baía de Campos, Atlântico Sudoeste. Rio de Janeiro: Elsevier. Habitats 89-125.

Sarmiento, J.L., Gruber, N. 2006. Ocean Biogeochemical Dynamics. Princeton, Woodstock: Princeton University Press. V 144 (6), 503 pp

Shimadzu Corporation. 2017. TOC and TN Measurements of Seawater. Application News N° 063.

Silveira, I. C. A. D., Schmidt, A. C. K., Campos, E. J. D., Godoi, S. S. D., Ikeda, Y. 2000. A corrente do Brasil ao largo da costa leste brasileira. Revista Brasileira de Oceanografia, 48 (2):171-183.

Silveira, I.C.A., FOLONI NETO, H., COSTA, T.P., SCHMIDT, A.C.K., PEREIRA, A.F., CASTRO FILHO, B.M., SOUTELINO, R.G., GROSSMANN-MATHESON, G.S. 2015. Caracterização da oceanografia física do talude continental e região oceânica da Baía de Campos. In: MARTINS, R.P., GROSSMANN-MATHESON, G.S., editores. Meteorologia e oceanografia. Rio de Janeiro: Elsevier. Habitats, v. 2: 133-188.

Stech, J.L., Lorenzetti, J.A., Souza, J.M.C., Araujo, C.E.S. 1996. A mesoscale Brazil current frontal eddy observed through AVHRR images and current meter moorings. In: International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing. XXXI (B7): 650-653.

Suzuki, M.S., Paranhos, R., Rezende, C.E., Pinto, F.N., Gobo, A.A.R., Pedrosa, P. 2017. Hidroquímica, carbono orgânico e nutrientes dissolvidos e particulados na Bacia de Campos. In: Falcão, A.P.C., Wagener, A.L.R., Carreira, R.S., editores. Química ambiental: caracterização ambiental regional da Bacia de Campos, Atlântico Sudoeste. Rio de Janeiro: Elsevier. Habitats, v. 6: 65-94.

Tura, P. M. 2015. Dinâmica dos Reservatórios de Carbono e Nitrogênio Orgânico Particulado no Oceano Atlântico Sudoeste. Tese de Doutorado. Instituto Oceanográfico. Universidade de São Paulo.

Vanzan, M., Barrera-Alba, J.J., Tenório, M. M. B., Tenenbaum, D. R. 2015. Picoplankton and nanoplankton variability in an Antarctic shallow coastal zone (Admiralty Bay) during the austral summer of 2010/2011. Polar Biology 38: 1267-1284.

Volkamn, J. K., Tanoue, E. 2002. Chemical and biological studies of particulate organic matter in the ocean. Journal of oceanography, 58 (2): 265-279.

Wendlant, W.W. 1986. Thermal Methods of Analysis. 3a edição. New York. John Wiley.

Wu, H.C., Dissard, D., Douville, E., Blamart, D., Bordier, L., Tribollet, A. Cornec, F., Pons-Branchu, E., Dapoigny, A. Lazareth C. E. 2018. Surface ocean pH variations since 1689 CE and recent ocean acidification in the tropical South Pacific. Nature Communications 9, 2543.

Yamashita, C. 2011. Distribuição dos foraminíferos bentônicos vivos no talude continental e Platô de São Paulo, Bacia de Campos (23° 12'-24° 30'S e 39°59'-41° 20'W): fatores ambientais condicionantes. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

IV.3.7 – ANEXOS

Lista de Anexos:

ANEXO IV.3.7-1 – PERMANOVA para os dados individuais das variáveis individuais de Hidroquímica (univar) da primeira campanha do PMAR-BC nas três áreas (norte, centro e sul): entre amostras de superfície das províncias (plataforma e talude), e também entre os estratos coletados (superfície - S, meio - M e fundo - F) na plataforma.

ANEXO IV.3.7-2 – Análise em Componentes Principais (PCA) – Representação gráfica dos eixos 1 e 2 com os parâmetros analisados na primeira campanha do PMAR-BC e com valores (Eigenvalues/ autovalor) dos primeiros eixos e sua contribuição para a dispersão das amostras e cargas das variáveis (loadings/ autovetor) representadas pelos coeficientes do modelo linear usado para cálculo dos escores das amostras.

IV.4 – HIDROCARBONETOS EM ÁGUA

Coordenadores

Renato da Silva Carreira

*Oceanógrafo, Doutor em Química Analítica, Nº CTF IBAMA 236563, Professor do Programa de Pós-Graduação em Química, Departamento Química – PUC-RIO.
carreira@puc-rio.br*

Carlos German Massone

*Oceanógrafo, Doutor em Química Analítica, Nº CTF IBAMA 903847, Professor do Programa de Pós-Graduação em Química, Departamento Química – PUC-RIO.
massone@puc-rio.br*

Equipe LabMAM / PUC-RIO

Arthur de Lemos Scofield

*Químico, Doutor em Geoquímica Orgânica, Departamento Química – PUC-RIO.
scofield@puc-rio.br*

Wellington L. S. Guedes

*Químico, Especialista em Engenharia Ambiental, Departamento Química – PUC-RIO.
wguedes@esp.puc-rio.br*

Ivy de Souza Palmeira

*Técnica em Química, Departamento Química – PUC-RIO.
ivydesouza@yahoo.com.br*

Lilian Faria de Almeida

*Química, Departamento Química – PUC-RIO.
lilianfa@puc-rio.br*

Renato Maxima Fortes

*Técnico Químico, Departamento Química – PUC-RIO.
rfortes32@gmail.com*

Leanderson Oliveira Coimbra

*Técnico Químico, Departamento Química – PUC-RIO.
leanderson.puc@gmail.com*

RESUMO

A presença e distribuição de hidrocarbonetos nas águas coletadas no projeto PMAR-BC foram avaliados com base em um conjunto amplo de compostos entre os hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (HPAs) e os hidrocarbonetos alifáticos. O objetivo principal do estudo foi avaliar a qualidade da água em relação à essa classe de contaminantes, tendo como base comparação com estudos pretéritos e critérios adotados no Brasil e no exterior (particularmente os HPAs), buscando identificar — através de métodos estatísticos uni, bi e multi-variados — o possível efeito de forçantes antrópicas (ou naturais) diferenciadas entre províncias (plataforma x talude), áreas (sul, centro e norte) e profundidades (superfície, meio e fundo) na coluna d'água da região foco do PMAR-BC. As amostras de água foram extraídas (líquido/líquido) com diclorometano, após adição de padrões de recuperação. As frações de hidrocarbonetos alifáticos e aromáticos no extrato bruto foram isolados por cromatografia em coluna e analisados por cromatografia em fase gasosa, com detector de ionização por chama (GD-DIC) para alifáticos e por acoplamento com espectrometria de massas (GC-MS) para HPAs. De forma geral, a concentração mediana ($n = 72$) para o $\Sigma 37$ HPAs foi de $4,01 \text{ ng L}^{-1}$ e de hidrocarbonetos alifáticos totais (ATs) foi de $1,22 \mu\text{g L}^{-1}$. Esses são valores que se situam na mesma faixa de grandeza de dados pretéritos para a Bacia de Campos e de outras bacias na margem continental brasileira. No caso de HPAs, os dados representam níveis ao menos uma ordem de grandeza inferiores aos estabelecidos em normas nacionais e internacionais de qualidade d'água. A despeito das baixas concentrações de hidrocarbonetos, análise estatísticas exploratórias e inferenciais revelaram (i) que a área norte se diferenciou das demais pelas concentrações mais baixas de toda a região, tanto para HPAs como para os alifáticos, (ii) a área sul se diferencia das demais devido às concentrações de alifáticos, e (iii) a área central, sem distinção entre as províncias (plataforma e talude), se diferencia das demais regiões em relação à presença de HPAs de origem petrogênica. Esse último resultado pode refletir a maior atividade de E&P na região central, mas também pode decorrer de condições hidrodinâmicas específicas durante a coleta, que será avaliada com a continuidade do monitoramento. Por fim, a análise estatística dos resultados (água superficial) do PMAR-BC e do PCR-BC revelou que não é possível identificar variação nos níveis de hidrocarbonetos entre os dois projetos.

IV.4.1 – INTRODUÇÃO

Os hidrocarbonetos representam uma classe relevante e diversificada de compostos orgânicos presentes na água do mar por terem origem em múltiplos processos naturais e antrópicos. Os hidrocarbonetos mais representativos em amostras naturais, importantes para avaliação ambiental são os compostos com cadeias alifáticas (*n*-alcanos, isoalcanos e cicloalcanos, entre outros) e aromáticas (BTEX e poliaromáticas com 2 a 6 anéis), assim como os resíduos amorfos, geralmente chamados de ‘mistura complexa não-resolvida’ ou MCNR, e os fósseis químicos, representados pelos biomarcadores hopanos e esteranos (KILLOPS; KILLOPS, 2005).

Os hidrocarbonetos de fontes naturais em ambientes aquáticos incluem aqueles produzidos pela síntese biogênica de organismos marinhos e/ou terrestres, a erosão continental, incêndios florestais e a exsudação de petróleo através de falhas no assoalho oceânico (NRC, 2003). As fontes antropogênicas de hidrocarbonetos são a drenagem urbana, efluentes domésticos e industriais, atividades de embarcações, transporte, produção de óleo e gás em áreas offshore, além de acidentes diversos em instalações ou embarcações. Outra fonte potencial de hidrocarbonetos para o meio ambiente são processos diversos de combustão, tanto antrópicos quanto naturais, e inclui: a queima de petróleo e de seus derivados — incluindo combustíveis, plásticos e outros materiais sintéticos — e de matéria orgânica não fóssil; determinados ramos da indústria, como o siderúrgico e cimento; além de queimadas naturais e incêndios. Os hidrocarbonetos derivados de combustão — chamados de “pirogênicos” — são emitidos para a atmosfera, podem ser transportados por longas distâncias, e irão atingir os oceanos através da deposição seca ou úmida (BOULOUBASSI; FILLAUX; SALIOT, 2001; PATIN, 1999; PROTECTION, 1993; READMAN; FILLMANN; TOLOSA; BARTOCCI *et al.*, 2002).

A preocupação ambiental decorrente da presença de hidrocarbonetos em ambientes aquáticos é função da toxicidade, persistência, biodisponibilidade, rotas de exposição e potencial de bioacumulação/biomagnificação de um composto ou classe de composto em particular (MEADOR; STEIN; REICHERT; VARANASI, 1995; NEFF, 2002). Nesse sentido, os hidrocarbonetos policíclicos aromáticos

(HPAs), tanto petrogênicos quanto pirolíticos, são os compostos de maior preocupação para a saúde ambiental e humana em áreas contaminadas, incluindo as atividades offshore de E&P da indústria do petróleo (ACHTEN; ANDERSSON, 2015; OHIOZEBAU; TENDLER; CODLING; KELLY *et al.*, 2017; OLIVA; LA COLLA; ARIAS; BLASINA *et al.*, 2017), assim como em decorrência de eventos agudos (STORELLI; BARONE; PERRONE; STORELLI, 2013; WENZL; ZELINKOVA, 2019). Em áreas remotas no oceano, a deposição atmosférica de materiais derivados de combustão é a principal fonte de HPAs (GONZÁLEZ-GAYA; MARTÍNEZ-VARELA; VILA-COSTA; CASAL *et al.*, 2019).

No contexto do projeto de monitoramento ambiental regional da Bacia de Campos (PMAR-BC), no presente relatório são apresentados resultados de hidrocarbonetos em água do mar da primeira campanha amostral, englobando os seguintes parâmetros: hidrocarbonetos alifáticos (total, mistura complexa não-resolvida, *n*-alcanos, pristano e fitano) e hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (HPAs, incluindo compostos parentais e alquilados).

IV.4.1.1 – Objetivo Principal

Obter sistematicamente informações sobre qualidade da água comparando as áreas de maior (central) e menor (sul e norte) concentração de atividades de E&P na Bacia de Campos, de forma a monitorar estas áreas e simultaneamente avaliar as tendências ambientais regionais desta bacia.

IV.4.1.1.1 – Objetivos Específicos

O objetivo deste capítulo IV.4 é apresentar os dados das análises de hidrocarbonetos adquiridos durante a primeira campanha de coleta de dados ambientais (água) que compõem o Programa de Monitoramento Ambiental Regional da Bacia de Campos (PMAR-BC), com os seguintes objetivos específicos:

- Considerar a presença e distribuição de hidrocarbonetos alifáticos (ATs) e policíclicos aromáticos (HPAs) como indicadores da qualidade da água e das atividades de E&P na região de estudo.

Hipóteses nulas:

- Não há diferença estatística entre hidrocarbonetos aromáticos e alifáticos em água nas três áreas da Bacia de Campos, considerando a comparação dos polígonos amostrais posicionados sobre a mesma província (plataforma ou talude);
- Não há diferença estatística entre hidrocarbonetos aromáticos e alifáticos em água da Bacia de Campos, considerando a comparação dos dois polígonos amostrais posicionados sobre as províncias de plataforma (100 m) e talude (900 m) na área central da Bacia de Campos; e
- Não há variação temporal entre hidrocarbonetos aromáticos e alifáticos em água da Bacia de Campos, considerando a comparação dos resultados do PMAR-BC com os do PCR-BC, sobre as mesmas províncias (plataforma – 100 m e talude – 900 m) e profundidades de coleta.

IV.4.2 – METODOLOGIAS APLICADAS

IV.4.2.1 – Metodologia de Campo

Os seis polígonos de amostragem do compartimento pelágico (20 km x 5 km) foram distribuídos nas áreas norte, centro e sul da Bacia de Campos, nas isóbatas de 100 e 900 m. Em cada polígono foram definidas seis estações de coleta, sendo as amostras de água obtidas em três profundidades da coluna d'água (superfície, meio e fundo) nas estações da plataforma (100 m) e em uma única profundidade (superfície) nas do talude (900 m). As informações sobre os métodos aplicados durante a coleta podem ser encontrados no Capítulo III, item III.3.1.2 – Compartimento Água, em que estão inclusos os procedimentos referentes à metodologia de amostragem de água.

IV.4.2.2 – Metodologia Analítica

IV.4.2.2.1 – Pré-Tratamento das Amostras

As amostras coletadas em garrafas de 4,0 L previamente descontaminadas, foram recebidas no Laboratório de Estudos Marinhos e Ambientais (LabMAM) e mantidas à temperatura menor que 6,0 °C até serem processadas.

Os parâmetros analisados foram *n*-alcanos (*n*-C₁₀ a *n*-C₄₀ + pristano e fitano), hidrocarbonetos resolvidos de petróleo (HRP), mistura complexa não resolvida (MCNR), alifáticos totais; e hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (HPAs): naftaleno, acenaftileno, acenafteno, fluoreno, dibenzotiofeno, fenantreno, antraceno, fluoranteno, pireno, benzo(a)antraceno, criseno, benzo(b)fluoranteno, benzo(k)fluoranteno, benzo(e)pireno, benzo(a)pireno, perileno, indeno(1,2,3-cd)pireno, dibenzo(a,h)antraceno, benzo(g,h,i)perileno, além dos seguintes conjuntos de HPAs alquilados: C1-C4-naftaleno, C1-C3-fluoreno, C1-C3-dibenzotiofeno, C1-C4-fenantreno, C1-C2-pireno e C1-C2-criseno.

A extração dos hidrocarbonetos alifáticos e HPAs baseia-se no método EPA 3510C. Em aproximadamente 4,0 L de amostra, foram adicionados os padrões subrogados deuterados (2500 ng de *n*-dodecano ou *n*-C₁₂d₂₆, *n*-hexadecano ou *n*-C₁₆d₃₄, *n*-eicosano ou *n*-C₂₀d₄₂ e *n*-triacontano ou *n*-C₃₀d₆₂ para os hidrocarbonetos

alifáticos e 100 ng de *p*-terfenil- d_{14} para os HPAs), os quais serviram para verificar a eficiência do processo analítico. As faixas de recuperação percentual adequadas são de 40 a 100% para dodecano e hexadecano e 60 a 120% para eicosano, triacontano e *p*-terfenil- d_{14} . Em seguida, foram adicionados à amostra 100 mL de diclorometano (grau pesticida ou equivalente), a mistura foi agitada por 3 min e ficou em repouso por 10 min para separação de fases. A fase orgânica foi recolhida e todo o procedimento repetido mais duas vezes, e os extratos combinados totalizaram 300 mL.

O extrato bruto foi reduzido a um pequeno volume (~ 1 mL) e fracionado por cromatografia líquida em coluna de sílica/alumina em hexano, montada da seguinte forma: 1 g de alumina e 2 g de sílica em coluna de vidro de 20 cm de comprimento e 8 mm de diâmetro interno. Inicialmente, 6 mL de hexano foram eluídos pela coluna, para retirada da fração alifática; em seguida, mais 20 mL de mistura hexano:diclorometano (1:1) passam na coluna para isolar a fração dos HPAs. Cada fração é recolhida, concentrada, avolumada a 1 mL e são adicionados seus respectivos padrões internos de quantificação, 2500 ng de *n*-tetracosano deuterado (*n*- $C_{24}d_{50}$) na fração alifática e 100 ng dos HPAs deuterados naftaleno- d_8 , acenafteno- d_{10} , fenantreno- d_{10} , criseno- d_{12} e perileno- d_{12} na fração aromática.

IV.4.2.2.2 – Quantificação de hidrocarbonetos aromáticos e alifáticos

A fração contendo os hidrocarbonetos policíclicos aromáticos foi analisada por cromatografia gasosa acoplada à espectrometria de massas (CG/EM) baseando-se no protocolo EPA 8270D. As condições instrumentais estão descritas na Tabela IV.4.2.2.2-1. A quantificação foi baseada em padronização interna, utilizando-se como padrão interno a mistura de compostos deuterados citados anteriormente (naftaleno- d_8 , acenafteno- d_{10} , fenantreno- d_{10} , criseno- d_{12} e perileno- d_{12}). A calibração do equipamento foi feita a partir de uma curva de calibração contendo diferentes concentrações (0,5; 1; 2; 5; 10; 20; 50; 100; 200; 400 e 2000 ng mL⁻¹) dos hidrocarbonetos policíclicos aromáticos controlados pelo método e 100 ng dos padrões internos deuterados. Para a quantificação dos compostos alquilados foram

utilizadas as curvas de calibração de seus homólogos não alquilados. Os histogramas dos HPAs das amostras podem ser observados no ANEXO IV.4.7-1.

O limite de detecção do método variou de 0,004 a 0,014 ng L⁻¹ e o limite de quantificação foi de 0,1 ng L⁻¹.

Tabela IV.4.2.2.2-1 – Condições instrumentais para determinação de hidrocarbonetos policíclicos aromáticos

Equipamento	CG – Thermo, modelo TraceGC EM – Thermo, modelo ISQ
Coluna	DB-5MS (30 m; 0,25 mm de diâmetro interno e 0,25 µm de filme)
Programa de temperatura	50 °C durante 5 min 50 °C min ⁻¹ até 80 °C 6 °C min ⁻¹ até 280 °C 280 °C durante 20 min 12 °C min ⁻¹ até 305 °C 305 °C durante 10 min
Gás de arraste	Hélio a 1,2 mL min ⁻¹
Volume de injeção	1 µL

Os hidrocarbonetos alifáticos foram determinados por cromatografia gasosa com detector de ionização por chama (CG/DIC), utilizando as condições descritas na Tabela IV.4.2.2.2-2. A quantificação dos hidrocarbonetos presentes foi realizada a partir de curva de calibração contendo diferentes concentrações (0,05; 0,5; 1; 2; 5; 10; 20 e 50 µg mL⁻¹) dos compostos controlados pelo método. Em cada solução da curva de calibração foram adicionados 2500 ng de *n*-tetracosano deuterado (*n*-C₂₄d₅₀). Os cromatogramas de hidrocarbonetos alifáticos das amostras podem ser observados no ANEXO IV.4.7-1.

Os limites de detecção e quantificação para os hidrocarbonetos alifáticos foram de 0,005 e 0,01 µg L⁻¹, respectivamente.

Tabela IV.4.2.2.2-2 – Condições instrumentais para determinação de hidrocarbonetos alifáticos

Equipamento	CG/DIC – Thermo, modelo TraceGC
Coluna	DB-5MS (30 m; 0,25 mm de diâmetro interno e 0,25 µm de filme)
Programa de temperatura	45 °C durante 0,5 min 20 °C min ⁻¹ até 80 °C 10 °C min ⁻¹ de 80 °C a 320 °C 320 °C durante 15 min
Gás de arraste	Hélio a 1,2 mL min ⁻¹
Volume de injeção	1 µL

Controles Analíticos

Em cada batelada de extração de amostras ($n = 20$) foi realizado o controle analítico de processo, a fim de assegurar a qualidade dos resultados obtidos. Desta forma, paralelamente às análises de hidrocarbonetos aromáticos e alifáticos, foram analisados os seguintes controles de qualidade: brancos de frascaria, brancos de campo, com intuito de verificar possível interferência das condições de amostragem; brancos de método; amostras fortificadas, para avaliar a perda de cada composto e precisão do método; controle de curva de calibração, para verificar e validar a curva; e branco de sistema cromatográfico, para avaliar as condições do equipamento (Tabela IV.4.2.2.2-3).

Tabela IV.4.2.2.2-3 – Controles de qualidade analítica adotados no presente estudo e respectiva descrição/frequência.

Controle	Descrição / periodicidade
Branco do Sistema Cromatográfico (BSC)	Injeção de n-hexano no início de cada lote e a cada 20 análises a fim de verificar a presença de interferentes no sistema que comprometam a quantificação da amostra
Controle da Curva de Calibração (QC)	Checagem diária da estabilidade das curvas com a injeção de um ponto de concentração intermediária. O padrão intermediário injetado utilizado foi de outra marca ou lote diferente do utilizado para fazer a curva.
Branco do Método (BrM)	Análise de 2 brancos por lote de amostras entregue, seguindo procedimento analítico idêntico ao adotado para as amostras, sem a amostra propriamente dita, para cada parâmetro (1 no início e 1 no final do processamento do lote)
Branco de Campo (BrC)	Fornecido um branco de campo por lote de amostras entregues para cada parâmetro e cada matriz. O branco de campo seguiu procedimento do BM
Branco de Frascaria (BrF)	Branco de frasco de coleta utilizados por lote de amostras entregues para cada matriz. O branco de frascaria seguiu o procedimento do BM
Amostra Controle do Laboratório (ACL)	Análise de 2 amostras controle (material de referência certificado de matriz similar ao da amostra – MRC e/ou amostra fortificada – AF) por lote de amostras entregues, seguindo procedimento analítico idêntico ao adotado para as amostras, para cada parâmetro (1 no início e 1 no final do processamento do lote) e reinjeção a cada 15 leituras

O branco do sistema cromatográfico não apresentou interferentes em todo o processo analítico. O branco de método (4 amostras) variou de 1,8 a 4,1 ng L⁻¹ (2,95 ± 0,96 ng L⁻¹) para HPAs e de 0,68 a 2,43 µg L⁻¹ (1,44 ± 0,89 µg L⁻¹) para os hidrocarbonetos alifáticos. O branco de campo (4 amostras), por sua vez, variou de 3,90 a 5,50 ng L⁻¹ (4,87 ± 0,68 ng L⁻¹) para HPAs e de 0,08 a 2,37 µg L⁻¹ (0,96 ± 0,98 µg L⁻¹) para os hidrocarbonetos alifáticos. Foram realizados apenas dois brancos de frascaria, com valores de 5,4 e 2,9 ng L⁻¹ para HPAs e de 1,83 e 2,43 µg L⁻¹ para alifáticos.

Embora não exista diferença significativa nos brancos de campo e laboratório (método) considerando os hidrocarbonetos alifáticos, os compostos aromáticos foram mais proeminentes no branco de campo. O branco de método apresentou menor variabilidade e pode ser associado a um erro sistemático, fácil de ser eliminado. Os brancos de campo, dada sua maior variabilidade e aleatoriedade, são considerados erros não sistêmicos. Desta forma, optou-se por descontar apenas o branco de método, sistemático e com menor desvio, dos resultados encontrados para as amostras. A abordagem adotada foi conservativa uma vez que o desconto do branco de campo, de maior valor e variabilidade, poderia acarretar em valores subdimensionados de concentração.

Os controles da curva de calibração injetados apresentaram recuperações próximos a 100%, com pequeno desvio. A variação encontrada para os quatro controles efetuados durante as análises foi de 82 a 120% considerando todos os HPAs analisados (106 ± 9%) e de 82 a 120% para os *n*-alcanos (101 ± 11%).

Assim como o controle de curva, as amostras fortificadas apresentaram recuperações próximas a 100%. A variação das quatro amostras fortificadas foi de 62 a 120% para HPAs (média = 99 ± 15%) e de 52 a 119% para os *n*-alcanos (média = 97 ± 15%), sendo que os valores abaixo de 60% foram obtidos com o padrão mais leve entre os *n*-alcanos (*n*-C₁₂d). O desvio padrão relativo das amostras fortificadas para cada composto, utilizado para avaliar perdas e precisão do método (critério: desvio percentual menor que 25%), variou de 0 a 24,2% para os compostos alifáticos e de 0 a 23,7% para aromáticos. Todos os controles realizados apresentaram valores considerados satisfatórios e garantiram a qualidade das análises realizadas.

IV.4.2.3 – Metodologia de Tratamento de Dados

As informações sobre os métodos aplicados para o tratamento de dados (estatística descritiva, correlações, NMDS, análises fatoriais não-paramétricas, entre outras) e os procedimentos nos quais foram realizados os agrupamentos dos dados do compartimento água podem ser encontrados no Capítulo III, item III.3.2 – MÉTODOS DE TRATAMENTO DE DADOS.

De maneira a otimizar a apresentação de resultados e permitir uma melhor exploração dos dados, as variáveis analisadas foram agrupadas conforme detalhado na Tabela IV.4.2.3-1.

Tabela IV.4.2.3-1 – Apresentação das variáveis de hidrocarbonetos analisadas em amostras de água

Variáveis e unidades	Legenda	Tipo de Análise	Descrição
Σ 16 HPAs (ng/L)	16HPA	Univariada (apenas o somatório)	Somatório dos compostos considerados prioritários pela EPA*
Σ 37 HPAs (ng/L)	37HPA	Univariada (somatório), bivariada (junto com os ATs) e multivariadas (considerando cada HPA individual)	Inclui o Σ 16HPAs, mais alquilados [C1-C4-naftaleno, C1-C3-fluoreno, C1-C3-dibenzotiofeno, C1-C4-fenantreno, C1-C2-pireno, C1-C2-criseno], além de dibenzotiofeno, perileno e benzo(e)pireno]
Σ n-Alcanos (μ g/L)	n-ALC	Univariada (apenas somatório) e multivariada (compostos individuais + pristano e fitano)	Somatório de n-alcanos entre dez (n-C ₁₀) e quarenta (n-C ₄₀) átomos de carbono, além de pristano e fitano
Σ hidrocarbonetos resolvidos do petróleo (μ g/L)	HRP	Univariada (apenas somatório)	Somatório de todos os compostos com picos bem definidos (resolvidos) no cromatograma. Inclui todos os n-alcanos e isoprenóides, além de outros compostos não identificáveis
Σ Alifáticos (μ g/L)	AT	Univariada (somatório) e bivariada (junto com Σ 37HPAs)	Representa o somatório de compostos resolvidos (HRP) e de mistura complexa não-resolvida (MCNR)**

*naftaleno, acenaftileno, acenafteno, fluoreno, fenantreno, antraceno, fluoranteno, pireno, benzo(a)antraceno, criseno, benzo(b)fluoranteno, benzo(k)fluoranteno, benzo(a)pireno, indeno[1,2,3-cd]pireno, dibenzo(a,h)antraceno e benzo(ghi)perilneo

** a MCNR não foi quantificada em nenhuma amostra do presente relatório.

Devido à grande diferença entre os valores (concentrações) das variáveis do grupo Hidrocarbonetos, foi adotada a normalização dos dados pelos valores totais, por variável. Nesse método, os valores de cada variável no conjunto das amostras

são somados e todos eles são divididos por esse total, de forma a promover um equilíbrio nas contribuições de variáveis que diferem de forma intrínseca em até 3 ordens de grandeza — i.e., HPAs em ng L^{-1} e ATs em $\mu\text{g L}^{-1}$ — para o conjunto de amostras analisadas.

A escolha de analisar estatisticamente as concentrações totais de alifáticos (ATs) e de HPAs ($\Sigma 37\text{HPAs}$) foi tomada após realizar alguns testes com as demais variáveis ($\Sigma 16\text{HPAs}$, *n*-alcanos, hidrocarbonetos resolvidos) e considerando que (i) alta incidência (80,5%) de HPAs individuais entre a lista de 37 analisados abaixo do limite de detecção, e os demais compostos detectados estavam presentes em níveis muito próximos ao limite de quantificação do método; (ii) os *n*-alcanos predominam entre os alifáticos, e assim poderia ser usado o AT ou a soma de *n*-alcanos; (iii) numericamente, as concentrações de HRP e AT são iguais em todas as amostras, e isso se deve ao fato que em nenhuma amostra foi detectada a presença de mistura complexa não-resolvida (MCNR).

Em adição às análises estatísticas univariada e bivariada ($\Sigma 37\text{HPAs}$ e ATs), como descrito na Tabela IV.4.3.2-1, e cujo detalhamento já foi descrito no Capítulo III, item III.3.2, foram ainda realizadas análises multivariadas. Mais especificamente, foi realizada uma Análise de Agrupamento (método de Ward e distância Euclidiana) entre os HPAs individuais (lista de 37 compostos) e entre os *n*-alcanos individuais, pristano e fitano. Nesse análise, foram considerados dados normalizados através da divisão pelos totais por variável — como realizado nas análises uni- e bi-variadas — e depois cada concentração normalizada foi transformada pelo cálculo do z-score. Essa transformação faz com todas as variáveis tenham média 0 e variância constante 1, permitindo uma melhor comparação entre as variáveis. O objetivo da Análise de Agrupamento multivariada foi aprofundar na análise da origem dos HPAs (pirolítica, petrogênica ou natural) e dos alcanos (petrogênica ou biogênica) e, portanto, tem um enfoque qualitativo (origem) e não quantitativo (nível de contaminação).

Nas análises inferenciais utilizadas para comparar dados dos projetos PMAR-BC e PCR-BC, foram seguidos os procedimentos descritos no capítulo III, item III.3.2.

IV.4.3 – RESULTADOS

IV.4.3.1 – Distribuição e composição de hidrocarbonetos aromáticos e alifáticos

Os resultados resumidos das diferentes classes de hidrocarbonetos nas águas analisadas no presente relatório estão apresentados na Tabela IV.4.3.1-1, que traz os valores nos estratos, províncias e áreas da 1ª Campanha do PMAR-BC.

Para os hidrocarbonetos policíclicos aromáticos, o parâmetro $\Sigma 37\text{HPAs}$ tem mediana geral (conjunto de áreas e profundidades) de $4,39 \text{ ng L}^{-1}$ na plataforma, e de $2,24 \text{ ng L}^{-1}$ no talude. Já entre o $\Sigma 16\text{HPAs}$, as concentrações são semelhantes entre plataforma (mediana = $1,39 \text{ ng L}^{-1}$) e talude (mediana = $1,33 \text{ ng L}^{-1}$). A amplitude de concentração de $\Sigma 16\text{HPAs}$ e $\Sigma 37\text{HPAs}$ no conjunto de todas as amostras de cada província varia cerca de duas ordens de grandeza, sendo de $0,13 - 37,8 \text{ ng L}^{-1}$ ($\Sigma 16\text{HPAs}$) e $<LQ - 39,2 \text{ ng L}^{-1}$ ($\Sigma 37 \text{HPAs}$) na plataforma, e de $0,43 - 16,5 \text{ ng L}^{-1}$ ($\Sigma 16\text{HPAs}$) e de $0,45 - 20,5 \text{ ng L}^{-1}$ ($\Sigma 37\text{HPAs}$), no talude.

Entre os hidrocarbonetos alifáticos, na Tabela IV.4.3.1-1 observa-se que as concentrações de ATs (alifáticos totais) no conjunto de amostras na plataforma ($1,49 \mu\text{g L}^{-1}$, mediana) são superiores às das amostras do talude ($0,98 \mu\text{g L}^{-1}$). Os *n*-alcanos são a fração mais representativa – com ao menos 90% de contribuição – para o total de alifáticos. Além disso, a concentração de ATs é numericamente igual à de HRP nas amostras agrupadas por províncias, áreas ou profundidades. Isso ocorre porque em nenhuma amostra foi detectada a feição chamada de mistura complexa não-resolvida (MCNR), que somada ao HRP representa o total de alifáticos (ATs).

Tabela IV.4.3.1-1 – Resultados de hidrocarbonetos nas amostras da 1ª Campanha do PMAR-BC: valores médios, desvio padrão (DP), medianos, mínimos (Mín.) e máximos (Máx.)

Parâmetro		PLATAFORMA									TALUDE				
		GERAL	ÁREAS									GERAL	ÁREAS		
			SUL			CENTRO			NORTE				SUL	CENTRO	NORTE
S	M	F	S	M	F	S	M	F	S	S	S	S			
∑16HPAs (ng/L)	Média	2,81	1,64	6,95	2,27	1,93	3,05	2,05	1,47	1,96	4,02	3,45	1,21	6,93	2,22
	DP	5,40	1,25	15,2	3,08	1,26	3,95	1,43	0,85	1,17	4,25	4,94	1,15	6,95	3,33
	Mediana	1,39	0,95	0,91	1,23	1,35	1,56	1,56	1,39	1,99	1,60	1,33	0,66	3,75	0,64
	Mín.	0,13	0,63	0,13	0,33	0,83	0,73	0,65	0,63	0,43	0,85	0,43	0,43	1,33	0,43
	Máx.	37,8	3,43	37,9	8,45	3,90	11,0	4,25	3,05	3,75	10,1	16,5	3,45	16,5	8,85
∑37HPAs (ng/L)	Média	5,74	2,75	8,16	4,11	6,56	9,25	7,40	3,26	3,90	6,24	4,97	1,64	10,33	2,95
	DP	6,02	2,03	15,4	3,38	2,91	5,75	3,02	1,81	2,62	4,35	6,43	1,31	8,26	4,26
	Mediana	4,39	1,74	1,44	3,23	6,04	7,44	6,48	2,65	3,91	6,45	2,24	0,94	7,90	1,15
	Mín.	<LQ	0,98	<LQ	0,78	3,23	3,18	4,28	1,13	1,23	1,05	0,45	0,73	2,18	0,45
	Máx.	39,2	5,60	39,2	8,95	10,9	19,2	12,3	5,90	8,60	11,6	20,5	4,05	20,5	11,50
n-ALC (µg/L)	Média	2,15	0,06	0,11	0,16	1,59	1,36	5,96	4,75	2,96	2,42	1,21	0,22	0,58	2,82
	DP	2,87	0,04	0,12	0,31	0,56	1,24	4,71	3,79	2,36	0,84	1,33	0,46	0,29	0,97
	Mediana	1,16	0,05	0,05	0,03	1,71	0,83	4,30	4,43	2,14	2,32	0,76	0,03	0,60	2,95
	Mín.	<LQ	0,01	0,02	<LQ	0,77	0,23	2,16	0,82	1,15	1,34	<LQ	<LQ	0,21	1,25
	Máx.	14,8	0,12	0,32	0,79	2,24	3,35	14,8	10,1	7,27	3,65	3,99	1,16	0,97	3,99
ATs (= HRP) (µg/L)*	Média	2,32	0,24	0,29	0,34	1,86	1,49	6,37	4,78	3,00	2,55	1,34	0,41	0,78	2,84
	DP	2,88	0,04	0,12	0,31	0,58	1,25	4,64	3,80	2,35	1,06	1,26	0,50	0,31	0,96
	Mediana	1,49	0,23	0,23	0,21	1,91	1,18	5,09	4,44	2,16	2,32	0,98	0,21	0,79	2,97
	Mín.	0,18	0,19	0,20	0,18	0,82	0,26	2,19	0,87	1,19	1,34	0,18	0,18	0,39	1,25
	Máx.	14,8	0,30	0,50	0,97	2,43	3,41	14,8	10,2	7,31	4,36	3,99	1,43	1,19	3,99

Legenda: S: superfície; M: meio; F: fundo. ∑16HPA: somatório dos 16HPAs prioritários pela US-EPA; ∑37HPA: soma dos 16HPAs, dibenzotiofeno, perileno, benzo(e)pireno e compostos alquilados de naftaleno, fluoreno, dibenzotiofeno, fenantreno+antraceno, pireno+fluoranteno e criseno; n-ALC: soma de alcanos lineares entre C₁₀ e C₄₀; HRP: soma de compostos com picos resolvidos no cromatograma; AT: soma de alifáticos totais, inclui HRP e mistura complexa não-resolvida (MCNR).
* ATs = HRP devido à ausência de MCNR em todas as amostras analisadas

Considerando-se o conjunto de amostras das duas províncias (colunas ‘geral’ na Tabela IV.4.3.1-1), todos os parâmetros entre os hidrocarbonetos apresentam medianas de concentração com valores mais baixos do que as respectivas concentrações médias. Além disso, o desvio-padrão em todos esses casos — quando se considera o conjunto total de amostras das províncias plataforma e talude — é superior ao valor da respectiva concentração média. Essas diferenças apontam para uma distribuição assimétrica nas concentrações de hidrocarbonetos entre as estações. Por esse motivo, nesse relatório serão sempre consideradas as concentrações medianas de hidrocarbonetos para um determinado conjunto de amostras.

No caso do $\Sigma 37$ HPAs, as estações de superfície na área central de plataforma e talude apresentam as maiores concentrações medianas e a maior dispersão de valores (Figura IV.4.3.1-1). Isso é ocasionado pelas concentrações de $\Sigma 37$ HPAs nas estações TC03-superfície e TC06-superfície, que se situam na faixa entre 15 e 42 ng L⁻¹; e, também, mas em menor grau, pelas amostras PC01, PC02, PC04 e PC06 (todas de superfície), que têm $\Sigma 37$ HPAs entre 8,1 e 15,2 ng L⁻¹ (Figura IV.4.3.1-2) — as amostras de superfície PN02, PS01 e TS01 também ficam nessa mesma categoria, mas a distribuição aleatória delas não sugere nenhuma tendência de distribuição. Entre as amostras de meia-água e fundo sobre a plataforma, observa-se que também para a área central há uma ocorrência mais frequente de $\Sigma 37$ HPAs na faixa entre 8,1 e 15,2 ng L⁻¹ — com exceção de duas amostras PC01-meio e PN01-meio, na faixa superior ($\Sigma 37$ HPAs = 15,3 a 42 ng L⁻¹). Interessante notar que quase a metade das amostras de fundo das áreas norte e sul tem concentrações intermediárias (8,1 a 15,2 ng L⁻¹) de $\Sigma 37$ HPAs.

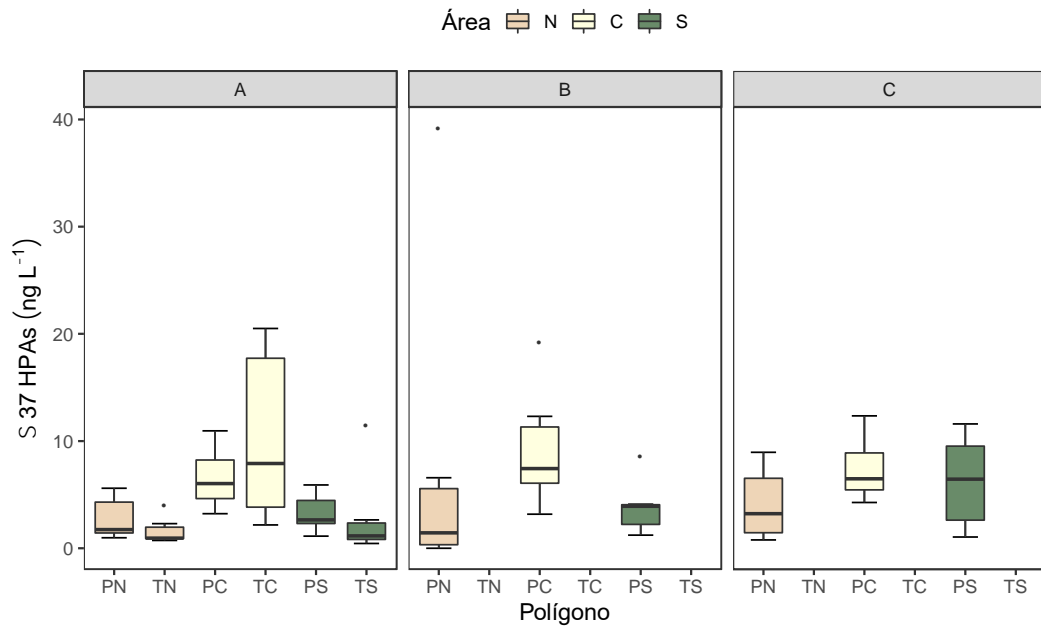


Figura IV.4.3.1-1 – Variação dos dados de $\Sigma 37\text{HPAs}$ (ng L⁻¹) nos polígonos amostrados na área de coleta do PMAR-BC. Dados agrupados por estações na superfície (A), meia água (B) e próximo ao fundo (C). Legenda: barra horizontal = mediana; caixas = 25º e 75º percentis; whisker = limites $\pm 1,5$ vezes a faixa interquartil; ponto preto = valor extremo.

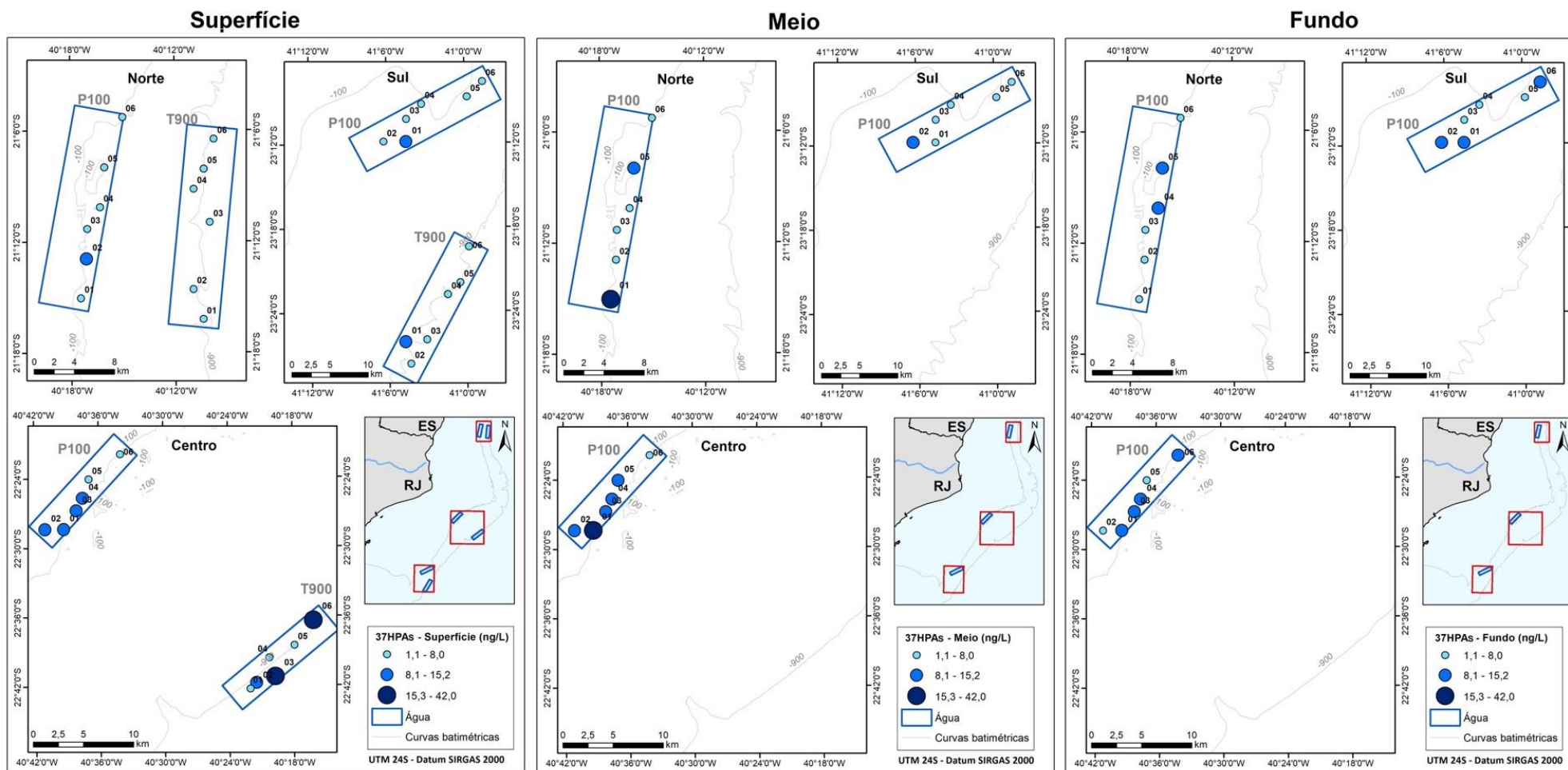


Figura IV.4.3.1-2 – Mapas de distribuição espacial do $\Sigma 37\text{HPAs}$ (ng L^{-1}) nas amostras de água coletadas no PMAR-BC.

A distribuição espacial das concentrações de ATs — o que, na prática, representa a distribuição dos *n*-alcanos, visto esses serem a principal fração entre os alifáticos, como já destacado — mostra um padrão distinto do descrito antes para os HPAs. Entre os ATs, foram medidas concentrações altas nas amostras de superfície da área sul (Figura IV.4.3.1-3), sendo que na plataforma (mediana ATs = 4,44 $\mu\text{g L}^{-1}$) o resultado é causado por duas amostras (PS05 e PS06), enquanto no talude (mediana ATs = 2,97 $\mu\text{g L}^{-1}$), cinco entre seis amostras da área sul têm ATs na faixa entre 3,6 e 7,3 $\mu\text{g L}^{-1}$ (Figura IV.4.3.1-4). Também se destacam as amostras de fundo da área central da plataforma, onde foi medido o máximo de 14,8 $\mu\text{g L}^{-1}$ de ATs. Pelo outro lado, todas as amostras de plataforma norte (incluindo superfície, meio e fundo) e de talude, as concentrações medianas de ATs são $<0,21 \mu\text{g L}^{-1}$, as menores de todas as áreas estudadas.

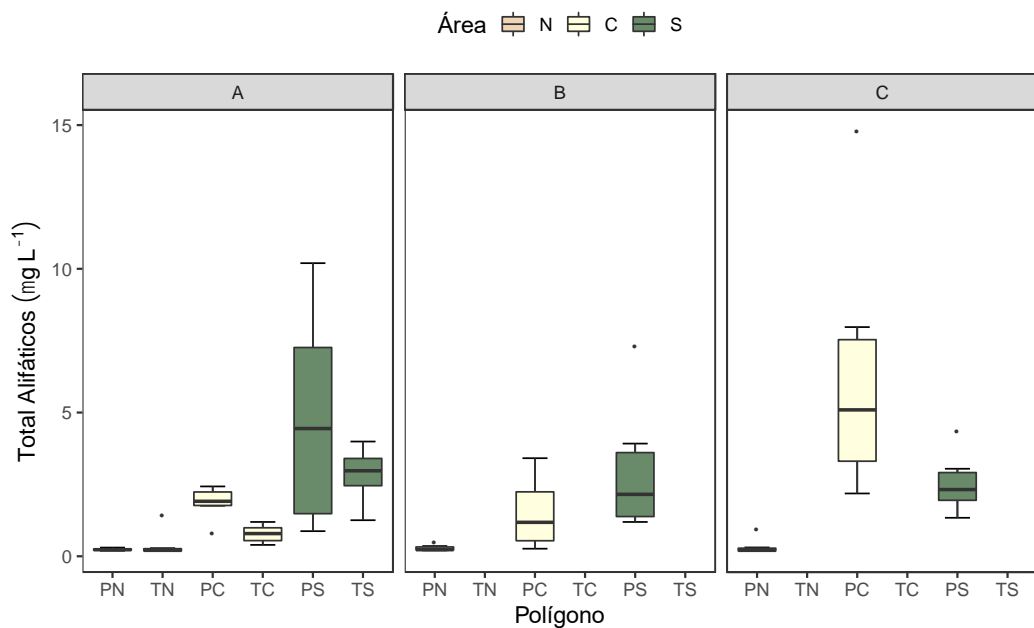


Figura IV.4.3.1-3 – Variação dos dados de hidrocarbonetos alifáticos totais (AT; $\mu\text{g L}^{-1}$) nos polígonos amostrados na área de coleta do PMAR-BC. Dados agrupados por estações na superfície (A), meia água (B) e próximo ao fundo (C). Legenda: barra horizontal = mediana; caixas = 25º e 75º percentis; whisker = limites $\pm 1,5$ vezes a faixa interquartil; ponto preto = valor extremo.

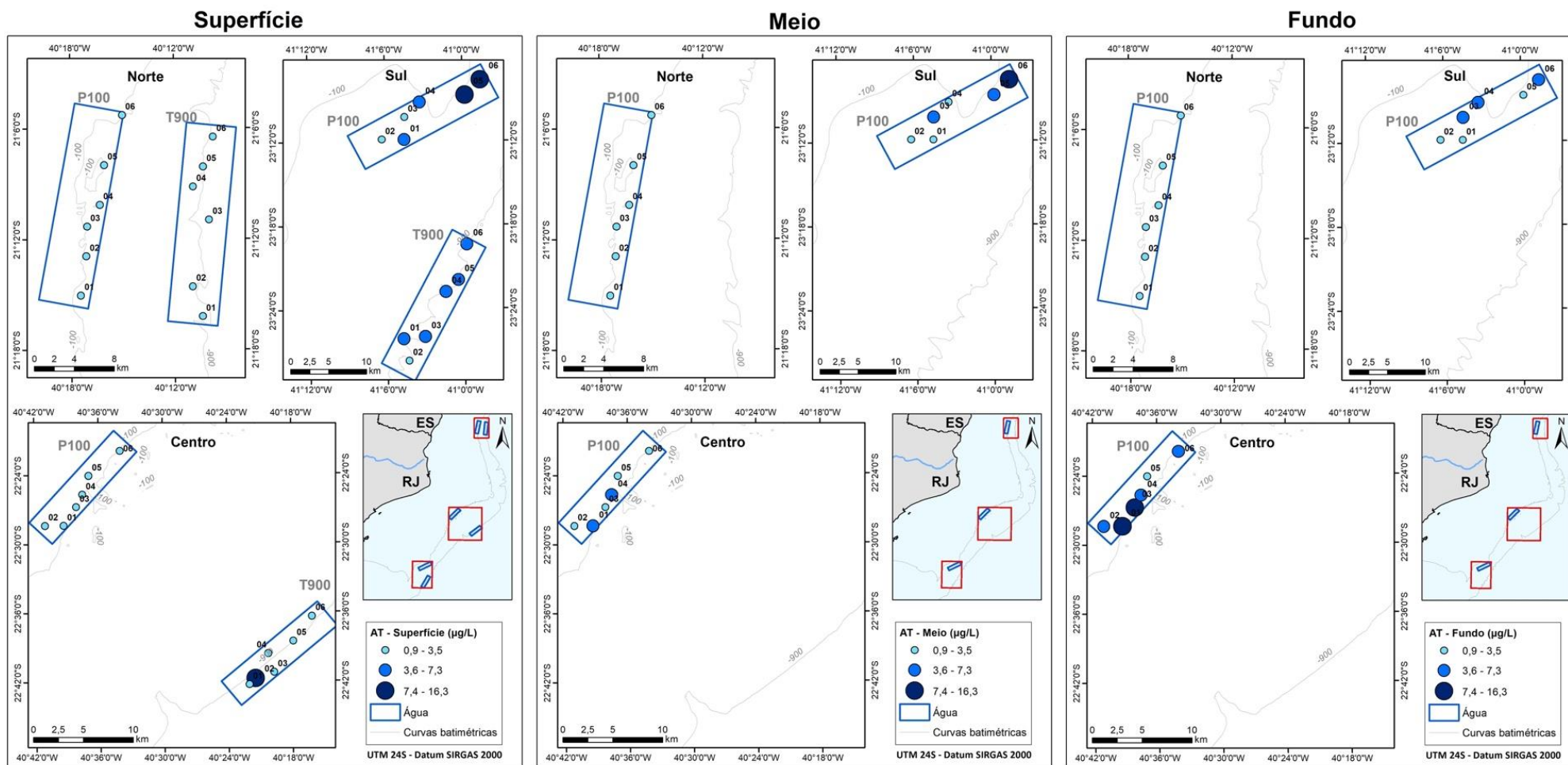


Figura IV.4.3.1-4 – Mapas de distribuição espacial do AT ($\mu\text{g L}^{-1}$) nas amostras de água coletadas no PMAR-BC.

IV.4.3.2 – Análises estatísticas bivariadas com base nos resultados de hidrocarbonetos em água

A comparação estatística a partir da distribuição de hidrocarbonetos entre os diferentes conjuntos de amostras — províncias, áreas e profundidades — foi feita com base nas concentrações totais de HPAs ($\Sigma 37$ HPAs) e de alifáticos (ATs), como descrito no item IV.4.2.3.

IV.4.3.2.1 – Comparações entre as águas superficiais da plataforma e do talude nas três áreas da Bacia de Campos

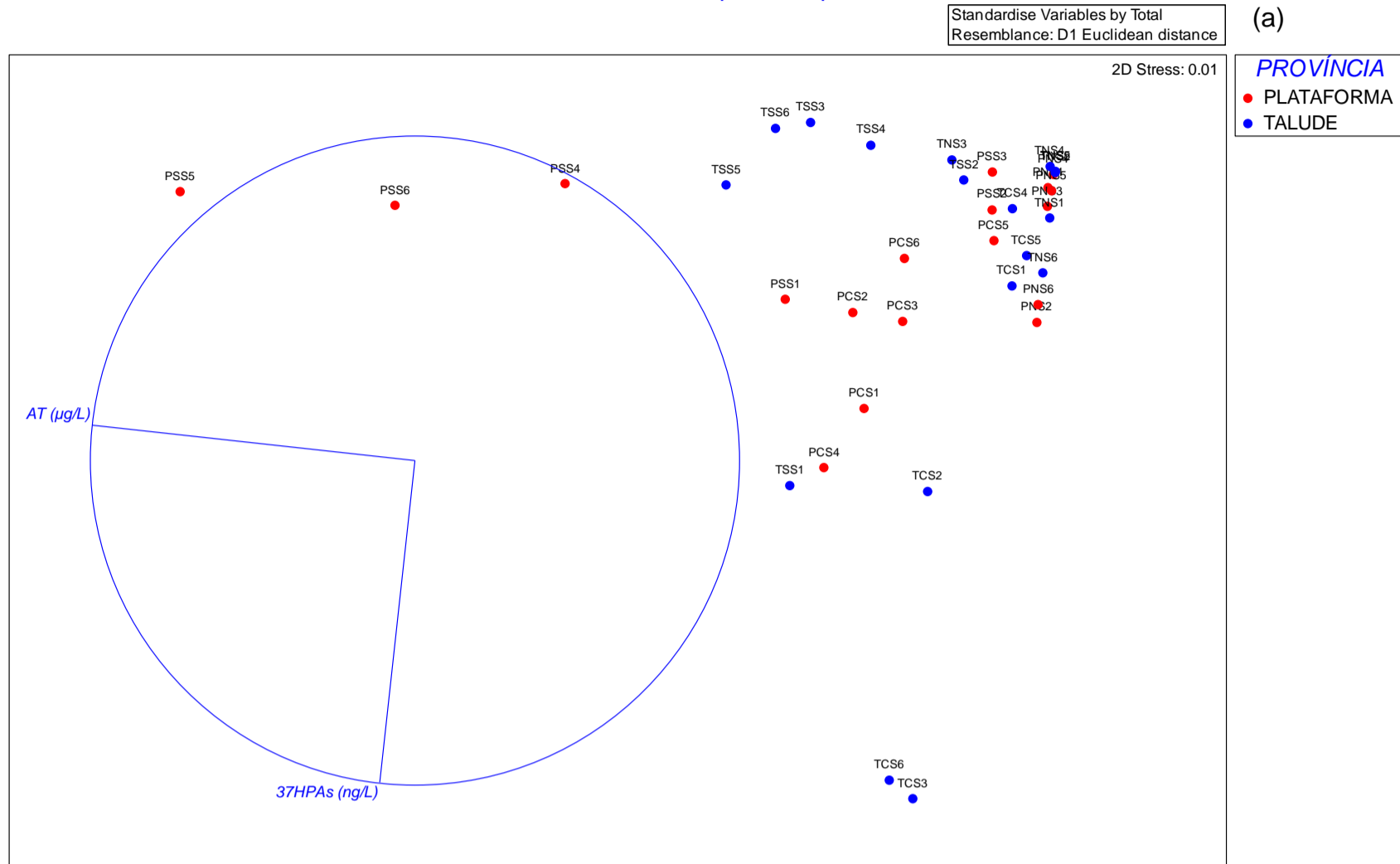
- **Análises exploratórias bivariadas**

Dois testes estatísticos foram considerados. Inicialmente, foi feita uma análise de agrupamento, cujos resultados não foram significativos de acordo com a análise complementar SIMPROF.

O segundo teste estatístico considerado foi a análise de escalonamento multidimensional não-métrico (NMDS). Nesse teste, os eixos representam as correlações de Spearman das duas variáveis de hidrocarbonetos (dados normalizados), sendo consideradas todas as amostras de superfície ($n = 36$). Com a análise por NMDS das amostras de superfície, pode-se observar que há amostras deslocadas no eixo bi-dimensional na direção do vetor representado pelo $\Sigma 37$ HPAs. A área central é a mais influenciada nesse caso, com cinco amostras na plataforma (PC01, PC02, PC03, PC04 e PC06) e outras três no talude (TC02, TC03 e TC06) — assim como duas amostras na área sul (PS01 e TS01). O mapa de distribuição espacial confirma que essas amostras de superfície claramente apresentam concentrações para $\Sigma 37$ HPAs mais elevadas em comparação com as demais (Figura IV.4.3.1-2).

O NMDS com as amostras de superfície da Figura IV.4.3.2-1 apresenta ainda um outro conjunto, formado pelas amostras PS04, PS05 e PS06, assim como, em menor grau, as amostras TS03, TS04, TS05 e TS06, estão “deslocadas” no plano dimensional para a esquerda. Portanto, essas amostras são influenciadas pela variável ATs. Isso é consistente com o mapa de distribuição da Figura IV.4.3.1-4, que revela maiores concentrações de ATs nessas amostras.

PMAR - Superfície (P+T)
Dados estandardizados pelo total por variável



PMAR - Superfície (P+T)
Dados estandardizados pelo total por variável

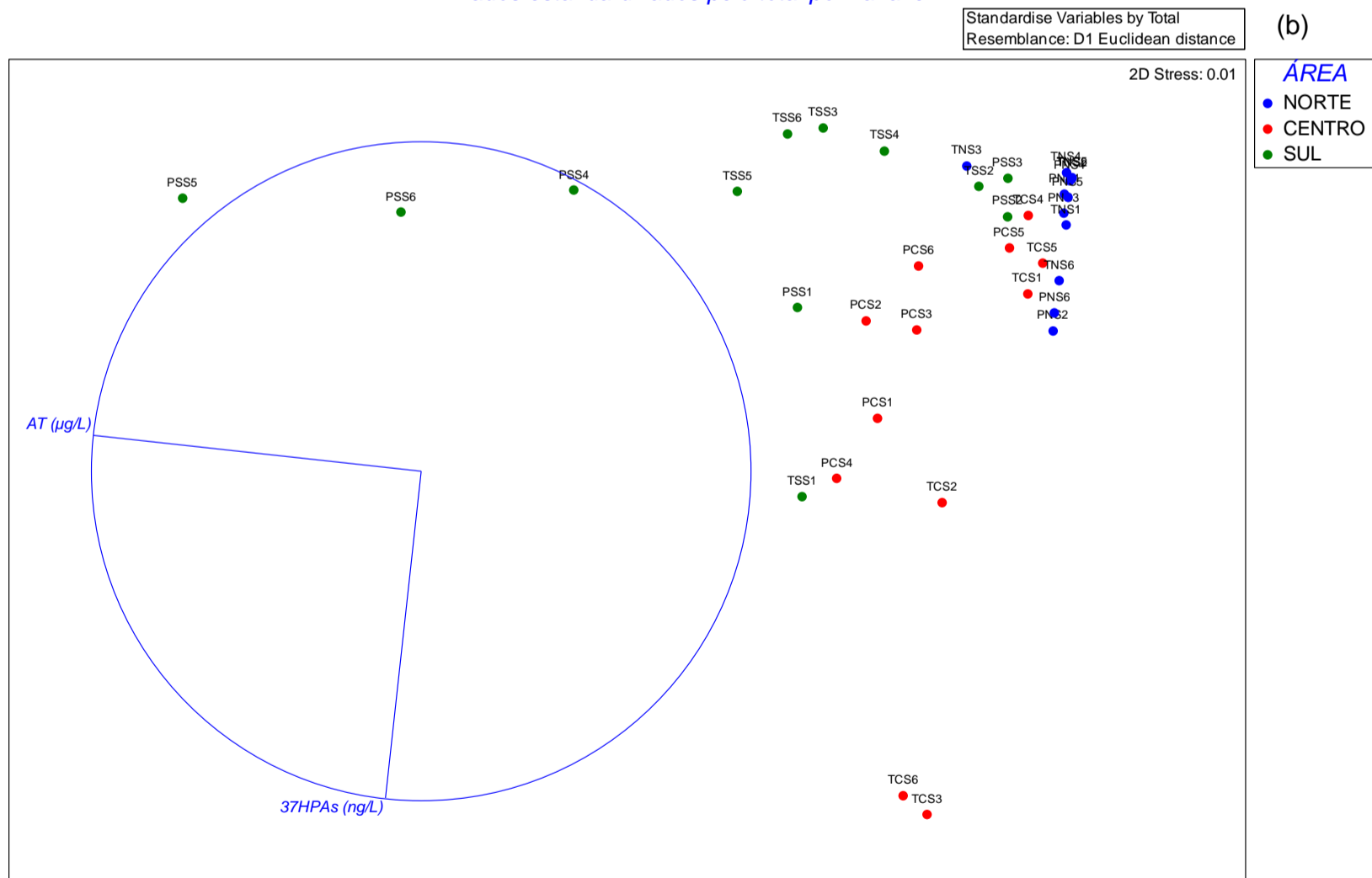


Figura IV.4.3.2.1-1 – Representação da escalação não métrica de distâncias (NMDS) em que os eixos representam as correlações de Spearman dos parâmetros de Hidrocarbonetos – apenas AT e 37HPAs – nas amostras de superfície, incluindo (a) província (plataforma vermelho; talude azul) e (b) áreas (norte azul, centro vermelho e sul verde). Discriminação entre as amostras no espaço bi-dimensional ocorre na horizontal e crescendo à esquerda pelo AT e na vertical e crescendo para baixo pelo 37HPAs.

- **Análises inferenciais bivariadas**

Os resultados do teste de inferência PERMANOVA são apresentados na Tabela IV.4.3.2.1-1, com base nas $\Sigma 37$ HPAs e ATs das amostras de superfície. Com isso, podemos afirmar, com base nas duas hipóteses nulas definidas para as amostras coletadas no Projeto PMAR-BC:

- As áreas (sul, centro e norte), no conjunto das duas províncias, apresentam diferenças significativas ($p = 0,0001$) entre si em relação aos hidrocarbonetos. A comparação pareada (*pair wise teste*) revelou que na plataforma a área norte difere das demais áreas (centro e sul), mas não há diferenças significativas entre as áreas centro e sul. Já no talude, todas as áreas pareadas (centro e norte; centro e sul; e norte e sul) são diferentes entre si a $p < 0,05$;
- A comparação entre as duas províncias (plataforma e talude) para o conjunto de áreas não apresenta diferença significativa entre elas ($p = 0,1905$)

Tabela IV.4.3.2.1-1 – Resultados dos testes de inferência PERMANOVA para as amostras de superfície considerando comparações entre área e província do PMAR-BC, em relação às variáveis do grupo Orgânicos ($\Sigma 37$ HPAs e ATs)

PERMANOVA – Main Effects

PERMANOVA table of results							
Source	df	SS	MS	Pseudo-F	P(perm)	Uniques	P(MC)
Província	1	3,9466	3,9466	1,7356	0,1819	9954	0,1905
Área	2	51,517	25,785	11,34	0,0001	9951	0,0001
Província x Área	2	5,6046	2,8023	1,2324	0,322	9950	0,3005
Res	30	68,218	2,2739				
Total	35	129,34					

PERMANOVA – Pair Wise Tests

PAIR-WISE TESTS				
Term "Província x Área" for pairs of levels of factor "Província"				
Within level "Centro" of factor "Área"				
Groups	t	P(Perm)	Uniques	P(MC)
PLATAFORMA, TALUDE	1,301	0,2388	461	0,2175
Within level "Norte" of factor "Área"				
Groups	t	P(Perm)	Uniques	P(MC)
PLATAFORMA, TALUDE	1,073	0,2555	454	0,322
Within level "Sul" of factor "Área"				
Groups	t	P(Perm)	Uniques	P(MC)
PLATAFORMA, TALUDE	1,1119	0,3047	461	0,2923

PAIR-WISE TESTS				
Term "Província x Área" for pairs of levels of factor "Área"				
Within level "Plataforma" of factor "Província"				
Groups	t	P(Perm)	Uniques	P(MC)
CENTRO, NORTE	3,6547	0,0074	462	0,002
CENTRO, SUL	1,9182	0,0777	462	0,0684
NORTE, SUL	2,8333	0,0016	461	0,0139
Within level "Talude" of factor "Província"				
Groups	t	P(Perm)	Uniques	P(MC)
CENTRO, NORTE	2,5168	0,0092	461	0,0305
CENTRO, SUL	2,3284	0,0374	462	0,0309
NORTE, SUL	3,0447	0,0047	461	0,0024

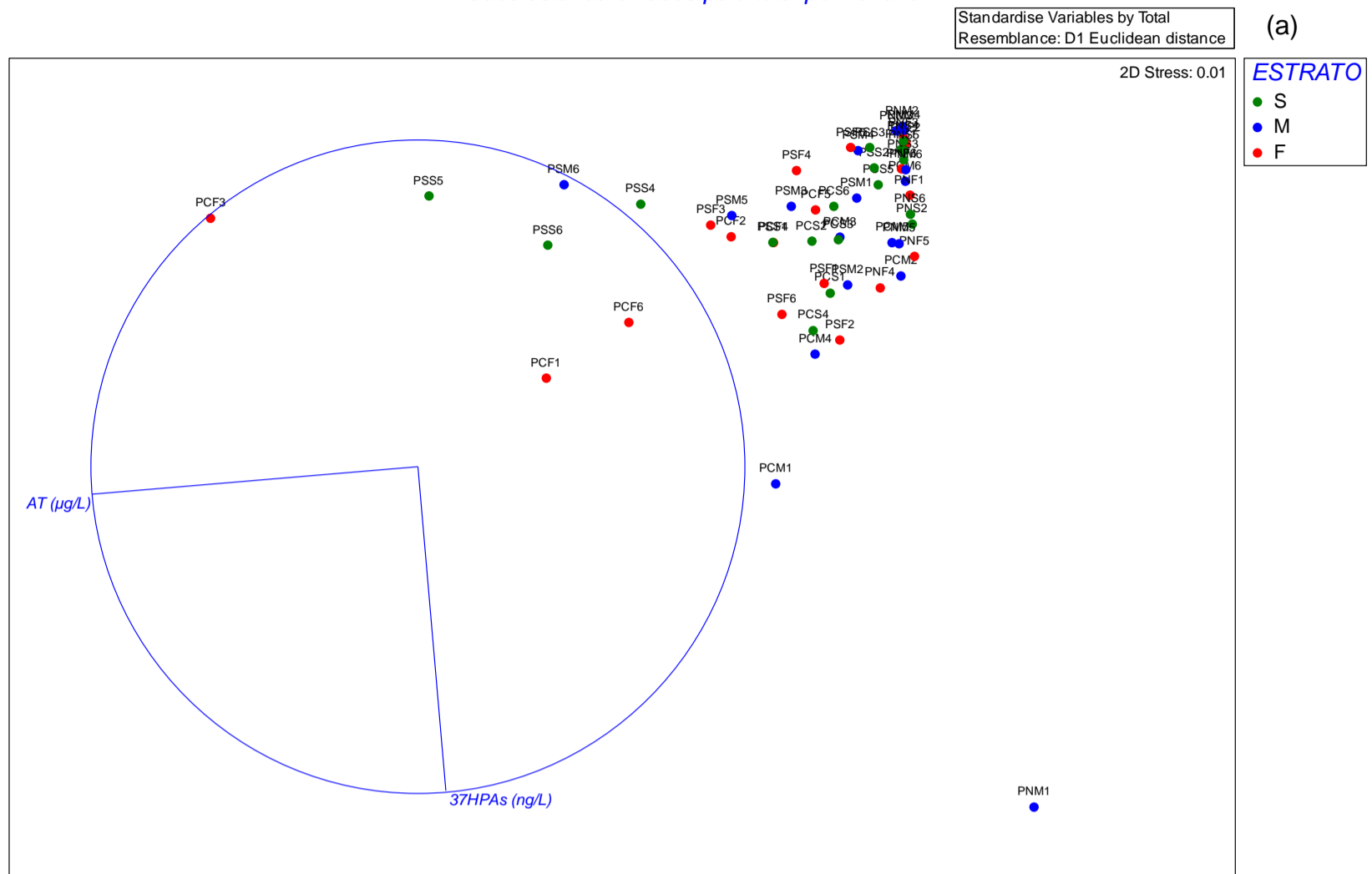
IV.4.3.2.2 – Comparações entre as profundidades de coleta da plataforma nas três áreas da Bacia de Campos

- **Análises exploratórias bivariadas**

Da mesma forma que realizado com as amostras de superfície (IV.4.3.2.1), foram realizados os mesmos testes estatísticos com as amostras em perfil de profundidade (superfície, meio e fundo) na plataforma. A análise de agrupamento, em conjunto com a análise SIMPROF, não revela nenhum agrupamento significativo, seja em relação às profundidades no conjunto das áreas ou em relação às áreas no conjunto das profundidades.

Os resultados da análise de NMDS do conjunto de amostras em perfil de profundidade na plataforma destacam — em adição às tendências já apontadas pelo NMDS com as amostras superficiais detalhadas na seção IV.4.3.2.1 — os seguintes pontos (Figura IV.4.3.2-4): (i) as amostras PC01-meio e PN01-meio são fortemente deslocadas em direção ao vetor representado pelo $\Sigma 37\text{HPAs}$. Isso é consistente com as concentrações mais altas dessas duas estações, respectivamente $19,2 \text{ ng L}^{-1}$ e $39,1 \text{ ng L}^{-1}$, sendo esse último considerado um valor extremo (Figura IV.4.3.1-1); (ii) amostra PC03-fundo, com forte influência do vetor ATs, devido à alta concentração desse parâmetro ($\text{ATs} = 14,8 \text{ } \mu\text{g L}^{-1}$), sendo, inclusive, um resultado considerado extremo (Figura IV.4.3.1-3); (iii) amostras PC01-fundo e PC06-fundo se descolam devido aos dois vetores ($\Sigma 37\text{HPAs}$ e ATs). De fato, essas duas amostras apresentam concentrações que são acima dos valores medianos de HPAs e alifáticos — PC01-fundo: $\Sigma 37\text{HPAs} = 12,3 \text{ ng L}^{-1}$ e $\text{ATs} = 7,97 \text{ } \mu\text{g L}^{-1}$; PC06-fundo: $\Sigma 37\text{HPAs} = 9,5 \text{ ng L}^{-1}$ e $\text{AT} = 6,22 \text{ } \mu\text{g L}^{-1}$.

PMAR - Plataforma (Estratos)
Dados estandardizados pelo total por variável



PMAR - Plataforma (Estratos)
Dados estandardizados pelo total por variável

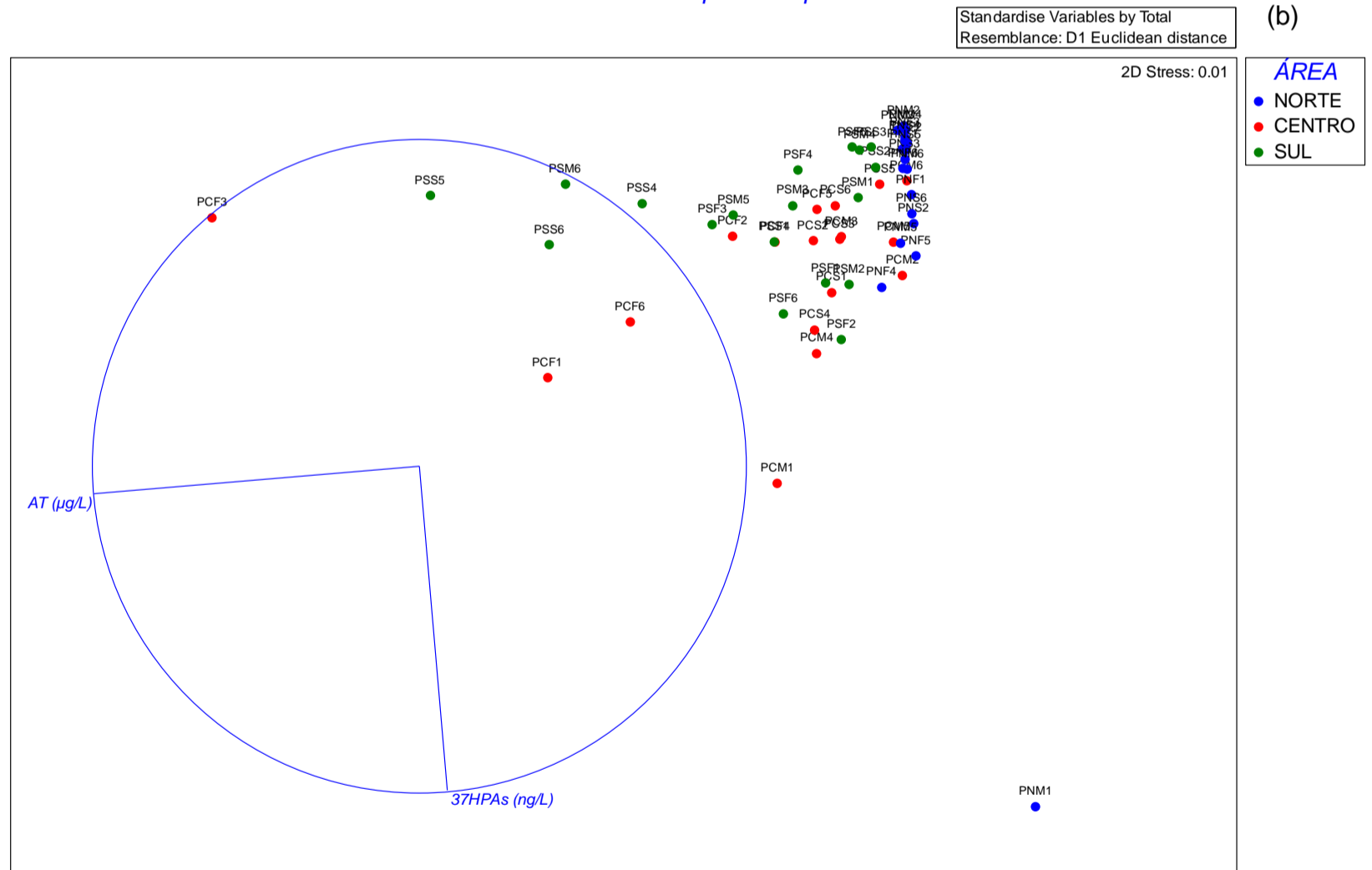


Figura IV.4.3.2.2-1 – Representação da escalação não métrica de distâncias (NMDS) em que os eixos representam as correlações de Spearman dos parâmetros de Hidrocarbonetos – apenas AT e 37HPAs – nas diferentes profundidades de coleta na plataforma, com (a) estratos na coluna d'água (superfície verde, meio azul e fundo vermelho) e (b) áreas (norte azul, centro vermelho e sul verde).

De forma geral, no painel inferior da Figura IV.4.3.2-2, com as amostras identificadas por cores, pode-se observar que as amostras da área sul (verde) sobre a plataforma tendem a se descolar em direção à variável ATs, as amostras da área central (vermelho) são mais influenciadas pelo $\Sigma 37\text{HPAs}$ e as amostras da região norte (azul) ficam todas agrupadas e distantes das duas variáveis. Esse posicionamento das amostras da área norte é consistente com as suas baixas concentrações para as duas variáveis (Figuras IV.4.3.1-1 e IV.3.1-3).

- **Análises inferenciais bivariadas**

A análise PERMANOVA com as amostras em perfil de profundidade na plataforma, considerando as variáveis $\Sigma 37\text{HPAs}$ e ATs, revela os seguintes pontos (Tabela IV.4.3.2-2):

- (i) No conjunto das amostras em profundidade na plataforma, não há diferenças entre as profundidades ($p = 0,2046$), mas há diferença entre as áreas ($p = 0,0004$) e na comparação profundidade \times área ($p = 0,0283$);
- (ii) Na comparação entre as profundidades, na área centro há diferença significativa entre fundo e meio ($p = 0,035$) e entre fundo e superfície ($p = 0,0427$), mas não entre meio e superfície ($p = 0,3784$). Já na área norte e na área sul, não há diferença entre as profundidades ($p > 0,05$);
- (iii) Na comparação entre as áreas, na superfície a área norte é diferente do centro ($p = 0,0016$) e do sul ($p = 0,0157$), mas centro e sul não são distintas ($p = 0,0722$); no meio, nenhuma área se diferencia; no fundo, repete o resultado das amostras de superfície, com o norte diferente do sul ($p = 0,0137$) e do centro ($p = 0,082$), mas centro e sul não se diferenciam ($p = 0,083$).

Tabela IV.4.3.2.2-1 – Resultados dos testes de inferência PERMANOVA para as amostras nos estratos (superfície, meio e fundo) coletados na plataforma do PMAR-BC, em relação às variáveis do grupo Orgânicos (Σ 37HPAs e ATs)

PERMANOVA – Main
Effects

PERMANOVA table of results							
Source	df	SS	MS	Pseudo-F	P(perm)	Uniques	P(MC)
Estrato	2	13,817	6,9083	1,5284	0,1884	9950	0,2046
Área	2	57,023	28,511	6,3078	0,0002	9936	0,0004
Estrato x Área	4	42,448	10,612	2,3478	0,0159	9925	0,283
Res	45	203,4	4,52				
Total	53	316,69					

PERMANOVA – Pair Wise Tests

PAIR-WISE TESTS				
Term "Estrato x Área" for pairs of levels of factor "Estrato"				
Within level "Centro" of factor "Área"				
Groups	t	P(Perm)	Uniques	P(MC)
F, M	2,2414	0,016	462	0,035
F, S	2,248	0,0085	462	0,0427
M, S	0,94496	0,3895	462	0,3784
Within level "Norte" of factor "Área"				
Groups	t	P(Perm)	Uniques	P(MC)
F, M	0,63283	0,8773	459	0,5445
F, S	0,84202	0,4247	462	0,418
M, S	0,8568	0,7094	461	0,4038
Within level "Sul" of factor "Área"				
Groups	t	P(Perm)	Uniques	P(MC)
F, M	0,75415	0,6127	462	0,5569
F, S	1,4137	0,1666	462	0,1723
M, S	0,94895	0,3923	462	0,3702
PAIR-WISE TESTS				
Term "Estrato x Área" for pairs of levels of factor "Área"				
Within level "F" of factor "Estrato"				
Groups	t	P(Perm)	Uniques	P(MC)
CENTRO, NORTE	3,0466	0,002	462	0,0082
CENTRO, SUL	1,8289	0,0587	462	0,0836
NORTE, SUL	2,4572	0,0145	460	0,0137
Within level "M" of factor "Estrato"				
Groups	t	P(Perm)	Uniques	P(MC)
CENTRO, NORTE	0,4959	0,7721	462	0,06702
CENTRO, SUL	1,7256	0,0347	462	0,0721
NORTE, SUL	1,2254	0,1554	461	0,2495
Within level "S" of factor "Estrato"				
Groups	t	P(Perm)	Uniques	P(MC)
CENTRO, NORTE	3,6547	0,0065	462	0,0016
CENTRO, SUL	1,9182	0,0813	462	0,0722
NORTE, SUL	2,8333	0,0025	461	0,0157

IV.4.3.2.3 – Comparações entre os projetos PMAR-BC e PCR-BC

- **Análises exploratórias bivariadas**

A análise exploratória de NMDS com as variáveis $\Sigma 37\text{HPAS}$ e ATs obtidas no PMAR-BC e com as amostras selecionadas no PCR-BC (detalhes podem ser encontrados no Capítulo III, item III.3.2 – MÉTODOS DE TRATAMENTO DE DADOS), mostrou que há três amostras que se diferenciam de todo o restante das amostras (Figura IV.4.3.2.3-1). Essas amostras são do projeto PCR-BC, e possuem as seguintes concentrações: C3 (plataforma sul) com 2,71 ng L⁻¹ ($\Sigma 37\text{HPAs}$) e 313 µg L⁻¹ (ATs); F3 (plataforma central) com 143 ng L⁻¹ ($\Sigma 37\text{HPAs}$) e 3,44 µg L⁻¹ (ATs); D6 (talude sul) com 39,9 ng L⁻¹ ($\Sigma 37\text{HPAs}$) e 553 µg L⁻¹ (ATs). Como se tratam de concentrações elevadas, se tomada como base a Tabela IV.4.3.1-1 (resultados PMAR-BC), a análise NMDS foi refeita excluindo-se essas três amostras. No entanto, mesmo sendo refeita a análise, o que se observa (Figura IV.4.3.2.3-2) são amostras aleatórias deslocadas em direção ao vetor $\Sigma 37\text{HPAs}$ ou em direção ao vetor ATs, não sendo possível identificar tendências na distribuição de hidrocarbonetos em função da localização (província e área) dos dois projetos considerados.

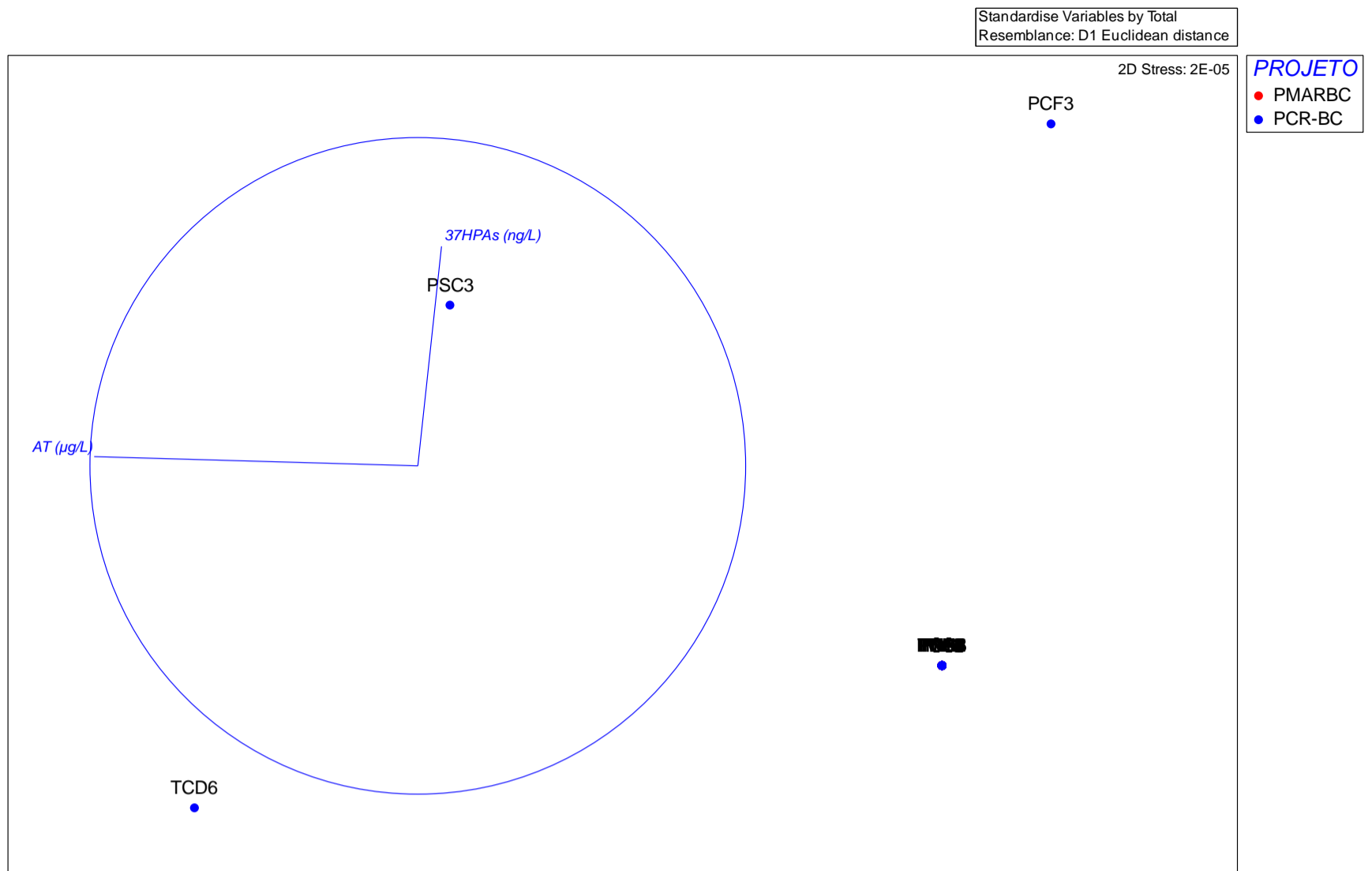


Figura IV.4.3.2.3-1 – Representação da escalação não métrica de distâncias (NMDS) em que os eixos representam as correlações de Spearman dos parâmetros de hidrocarbonetos – apenas AT e 37HPAs – considerando os resultados do PMAR-BC e do PCR-BC (amostras selecionadas).

PMAR + PCR - Superfície (sem PCF3, TCD6 e PSC3)
 Dados estandardizados pelo total por variável

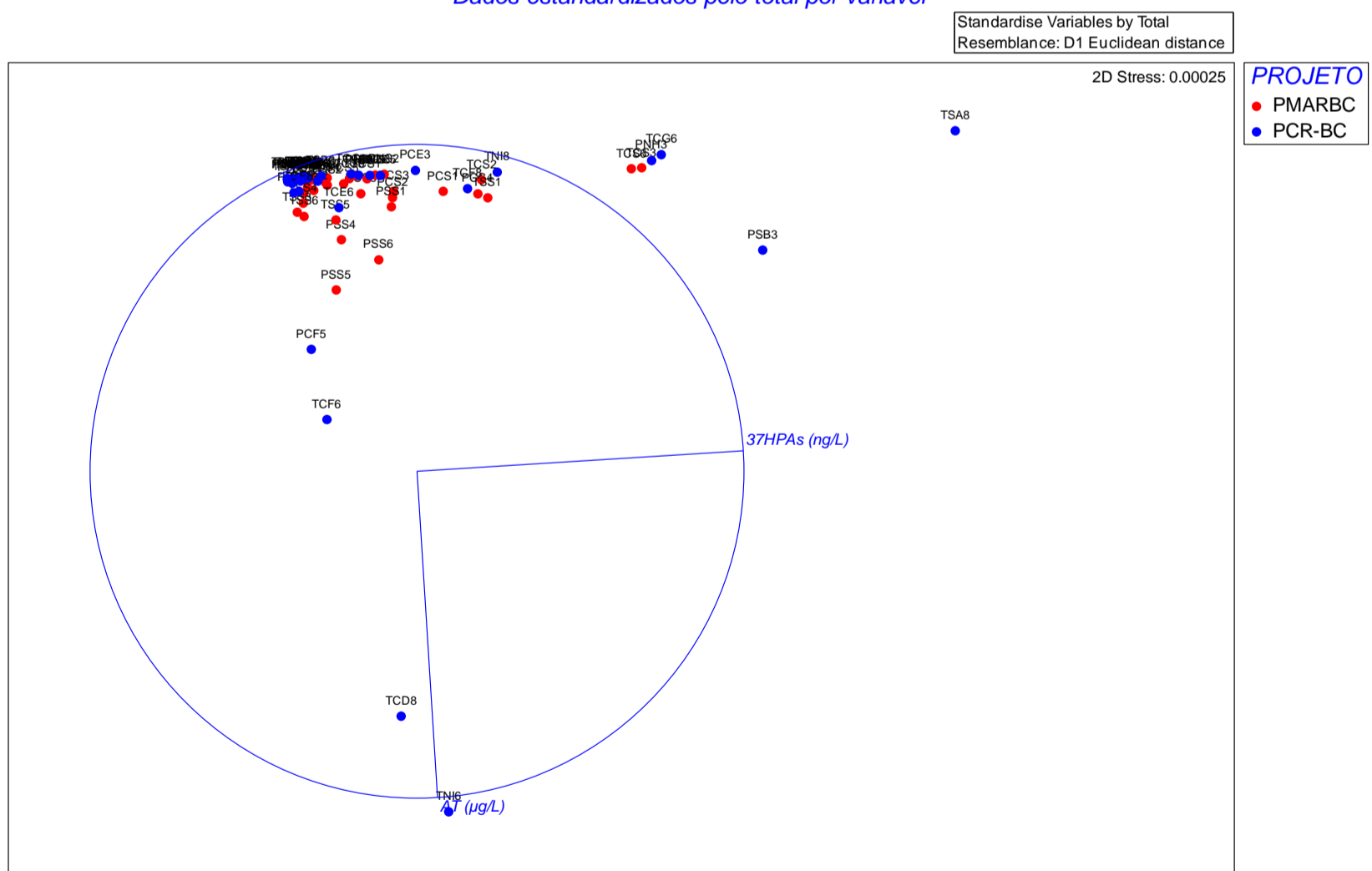


Figura IV.4.3.2.3-2 – Representação da escalação não métrica de distâncias (NMDS) em que os eixos representam as correlações de Spearman dos parâmetros de hidrocarbonetos – apenas AT e 37HPAs – considerando os resultados do PMAR-BC e do PCR-BC (amostras selecionadas), excluindo as amostras destacadas na Figura IV.4.3.3-1

- **Análises inferenciais bivariadas**

A análise PERMADISP, com os dados padronizados de $\Sigma 37$ HPAS e ATs para os conjuntos de estações do PMAR-BC e as escolhas em polígonos correspondentes com as amostras PCR-BC, apresentou como resultado uma diferença significativa para o fator 'projeto' ($p = 0,0001$). Portanto, a dispersão dos dados de cada projeto são diferentes e, nesse caso, particularmente por se tratar de uma comparação de dados não-balanceada (malhas amostrais com número diferentes de estações), os resultados da análise PERMANOVA, caso sejam significativos, podem representar tanto diferenças entre a dispersão dos dados quanto as tendências centrais dos grupos comparados.

Nesse sentido, os resultados da análise PERMANOVA (Tabela IV.4.3.3-1) revelam que a comparação entre os efeitos principais (*main effects*) foram não significativos ($p > 0,005$) para todas as comparações realizadas: projeto, província, área, projeto x província, projeto x área, província x área e projeto x província x área. Da mesma forma, a comparação par-a-par (pair wise tests) também não revelou nenhuma diferença significativa para a comparação projeto x província e projeto x área, ambos em relação ao fator 'projeto' (Tabela IV.4.4.3-1, parte inferior).

Dessa forma, pela análise estatística inferencial, a hipótese nula elaborada para comparar os dois projetos — não há variação para HPAs e hidrocarbonetos alifáticos entre PMAR-BC e PCR-BC — não pode ser descartada. Ou seja, pelo desenho amostral construído para comparar os dois projetos a partir de províncias e áreas sobrepostas, não há evidência estatística de diferença significativa nos resultados de HPAs e hidrocarbonetos alifáticos nos dois projetos.

Tabela IV.4.4.3-1 – Resultados dos testes de inferência PERMADISP e PERMANOVA para as amostras nos estratos (superfície, meio e fundo) coletados na plataforma do PMAR-BC, em relação às variáveis do grupo Orgânicos ($\Sigma 37$ HPAs e ATs)

PERMANOVA – Main Effects

PERMANOVA table of results							
Source	df	SS	MS	Pseudo-F	P(perm)	Uniques	P(MC)
PROJETO	1	72,713	72,713	1,5535	0,2402	9957	0,211
PROVÍNCIA	1	4,2885	4,2885	0,091622	0,9082	9954	0,8713
ÁREA	2	40,249	20,125	0,42995	0,8127	9946	0,7084
PROJETO x PROVÍNCIA	1	6,4049	6,4049	0,13684	0,873	9951	0,8154
PROJETO x ÁREA	2	22,173	11,087	0,23686	0,9117	9951	0,8656
PROVÍNCIA x ÁREA	2	98,254	49,127	1,0496	0,405	9943	0,3563
PROJETO x PROVÍNCIA x ÁREA	2	98,821	49,411	1,0556	0,4007	9964	0,3607
Res	60	2808,4	46,805				
Total	71	3209,6					

PERMANOVA – Pair Wise Tests

PAIR-WISE TESTS				
Term "Projeto x Província" for pairs of levels of factor "Projeto"				
Within level "Plataforma" of factor "Província"				
Groups	t	P(Perm)	Uniques	P(MC)
PMAR, PCR-BC	0,88618	0,5929	9949	0,4543
Within level "Talude" of factor "Província"				
Groups	t	P(Perm)	Uniques	P(MC)
PMAR, PCR-BC	0,9343	0,4845	9949	0,3607
PAIR-WISE TESTS				
Term "Projeto x Área" for pairs of levels of factor "Projeto"				
Within level "Centro" of factor "Área"				
Groups	t	P(Perm)	Uniques	P(MC)
PMAR, PCR-BC	0,94837	0,5138	9943	0,3718
Within level "Norte" of factor "Área"				
Groups	t	P(Perm)	Uniques	P(MC)
PMAR, PCR-BC	1,355	0,1342	9949	0,1743
Within level "Sul" of factor "Área"				
Groups	t	P(Perm)	Uniques	P(MC)
PMAR, PCR-BC	0,89044	0,5842	9946	0,3955

IV.4.4 – DISCUSSÃO

IV.4.4.1 – Distribuição e nível de contaminação de hidrocarbonetos alifáticos e policíclicos aromáticos totais na água

Uma abordagem comum na avaliação sobre a distribuição e o nível de contaminação por hidrocarbonetos é comparar as concentrações das variáveis mais representativas ($\Sigma 37$ HPAs e ATs) em uma determinada região oceânica com aquelas de outras áreas sob forçantes naturais e/ou antrópicas semelhantes. Essa abordagem sempre deve ser feita com cautela, devido às diferenças de metodologia de cada trabalho, que apresentam variações no número de compostos analisados e, no caso de água, da análise com amostras filtradas, ou seja, apenas os compostos dissolvidos (fração não retida em membrana), ou com amostras não-filtradas, que inclui compostos dissolvidos e dispersos (BERROJALBIZ; DACHS; OJEDA; VALLE *et al.*, 2011; GONZÁLEZ-GAYA; MARTÍNEZ-VARELA; VILA-COSTA; CASAL *et al.*, 2019; LOHMANN; GIOIA; JONES; NIZZETTO *et al.*, 2009; NIZZETTO; LOHMANN; GIOIA; JAHNKE *et al.*, 2008).

Nesse sentido, as concentrações medianas obtidas no atual trabalho para as amostras analisadas em duas províncias (plataforma e talude), três áreas (norte, centro e sul) e em perfil de profundidade na plataforma (superfície, meio e fundo) podem ser resumidas em: $\Sigma 37$ HPAs = 4,01 ng L⁻¹ e ATs = 1,22 µg L⁻¹, para o conjunto total de amostras (n = 72). Se consideramos apenas as amostras coletadas na superfície (n = 36), temos como medianas de concentração os valores de 2,78 ng L⁻¹ para $\Sigma 37$ HPAs e de 0,98 µg L⁻¹ para ATs. Esses valores podem ser comparados com diversos outros trabalhos já realizados na margem continental brasileira e em outras regiões do mundo que utilizaram metodologias semelhantes às do presente trabalho (Tabela IV.4.4-1).

As concentrações medianas de $\Sigma 37$ HPAs e AT nas amostras de água do PMAR-BC são comparáveis com dados pretéritos na própria Bacia de Campos (i.e., projetos Habitats e OceanProf) e, até mesmo, com outras regiões na margem continental brasileira (Bacia Potiguar e Bacia do Ceará; Tabela IV.4.4-

1). Em outras margens continentais no mundo, apenas em relação aos HPAs, visto que ATs são menos regularmente considerados, a comparação de dados já é mais restrita devido às diferenças de métodos e número de compostos de cada estudo (Tabela IV.4.4.1-1). Mas, de forma geral, observamos que regiões com maior sinal antrópico, seja por aporte continental (como no Mar da China, com 42,1 ng L⁻¹), por atividade acentuada de E&P (plataforma continental da Noruega, máximo de 350 ng L⁻¹) e/ou por vazamento de óleo no ambiente marinho (Golfo do México, com 32 ng L⁻¹ entre 2-10 km da explosão da plataforma Deepwater Horizon), os níveis de HPAs em água são superiores aos do presente relatório.

Tabela IV.4.4.1-1 – Concentrações típicas de $\Sigma 37$ HPAs e hidrocarbonetos alifáticos totais (ATs) em amostras de água de diferentes regiões da margem continental brasileira. Somente dados obtidos por análise de compostos individuais através de cromatografia em fase gasosa

Águas Oceânicas (número amostras)	$\Sigma 37$ HPAs# (ng L ⁻¹)	ATs (μ g L ⁻¹)	Referência
Brasil			
PMAR-BC (n = 72)	4,01	1,22	Presente Estudo
PMAR-BC (n = 36), amostras superficiais	2,78	0,98	Presente Estudo
PCR-BC Projeto Habitats (n = 144) ¹	1,10	2,20	(WAGENER; FARIAS; NUDI; CARREIRA <i>et al.</i> , 2017)
Bacia de Campos Projeto OceanProf	5,50	1,43	(WAGENER, A. L. R.; CARREIRA, R. S.; HAMACHER, C.; SCOFIELD, A. L. <i>et al.</i> , 2005)
Bacia Potiguar (RN)	4,00*	1,42	(WAGENER; CARREIRA; HAMACHER; SCOFIELD <i>et al.</i> , 2011)]
Bacia do Ceará (CE)	<1 – 36	6,23	(WAGENER, A. D. L. R.; CARREIRA, R. S.; HAMACHER, C.; SCOFIELD, A. D. L. <i>et al.</i> , 2005)
Outras áreas no mundo			
Plataforma continental Noruega, até 1 km de plataforma produção	25 – 350*	–	(BEYER; GOKSØYR; HJERMANN; KLUNGSØYR, 2020)
Sul do Mar da China	10-93**	–	(LIU; HU; LIN; KE <i>et al.</i> , 2021)
Plataforma continental Noruega, 5-10 km jusante plataforma produção	4 – 8*	–	(BEYER; GOKSØYR; HJERMANN; KLUNGSØYR, 2020)
Golfo do México, após vazamento da DeepWater Horizon			(BOEHM; MURRAY; COOK, 2016)
- 0 a 37 km distante (n = 5000)	69***	–	
- 2 a 10 km distante	32***	–	

¹amostras de superfície, de duas campanhas em nove perfis e oito profundidades

#exceto indicado: * $\Sigma 16$ HPAs; ** $\Sigma 14$ HPAs; *** $\Sigma 50$ HPAs

As concentrações baixas de HPAs medidas nas amostras de água do presente relatório também são atestadas quando comparadas com limites máximos permitidos pela Resolução CONAMA 357/2005 para águas salinas classe 1 que tenham finalidade de cultivo. Nessa resolução, há valor limite de 18 ng L⁻¹ (0,018 µg L⁻¹) para cinco HPAs: benzo(a)pireno, benzo(b)fluoranteno, benzo(k)fluoranteno, criseno e dibenzo(a,h)antraceno. O critério da resolução CONAMA 357/2005 foi focar nos HPAs de maior peso molecular (5 e 6 anéis), visto serem os compostos mais tóxicos e, portanto, de maior preocupação ambiental (NISBET; LAGOY, 1992). Nas amostras do PMAR-BC analisadas aqui, três dos cinco HPAs de interesse não foram detectados em nenhuma amostra, e apenas o benzo(b)fluoranteno foi mais representativo (36% do total de amostras analisadas), mas com faixa de concentração (<LQ a 0,80 ng L⁻¹; Tabela IV.4.4.1-2) bem abaixo da norma CONAMA correspondente.

Tabela IV.4.4.1-2 – Concentrações médias (\pm desvio-padrão e faixa de variação) de hidrocarbonetos policíclicos aromáticos nas águas coletadas na campanha 1 do PMAR-BC. Número de amostras com concentração acima do limite de quantificação é indicado. Comparação com dados da legislação brasileira

Parâmetro	Água PMAR-BC ^a (ng L ⁻¹)	Amostras acima do LQ ^b (n / total analisado)	CONAMA n.357/2005 classe 1 ^c (ng L ⁻¹)
Benzo(a)pireno	<LQ	0 / 72 (0%)	18
Benzo(b)fluoranteno	0,09 \pm 0,14 (<LQ – 0,80)	26 / 72 (36%)	18
Benzo(k)fluoranteno	0,003 \pm 0,024 (<LQ – 0,20)	1 / 72 (1,4%)	18
Criseno	<LQ	0 / 72 (0%)	18
Dibenzo(a,h)antraceno	<LQ	0 / 72 (0%)	18

^a soma das frações dissolvida e particulada

^b LQ = limite de quantificação

^c específico para águas marinhas onde houver pesca ou cultivo de organismos

As diretrizes (*guidelines*) de qualidade de água para HPAs — e outros contaminantes orgânicos — são definidas em outros países com base em critérios toxicológicos e estatísticas que diferem daquelas usadas na resolução CONAMA 357/2005 e, por isso, são encontradas outras concentrações recomendadas para garantir a qualidade da água. Dois exemplos de tais diretrizes incluem aquelas adotadas pela Holanda, em relação a concentrações máximas permitidas (CMP) para HPAs individuais (CROMMENTUIJN; SIJM; BRUIJN; LEEUWEN *et al.*, 2000; KALF; CROMMENTUIJN; PLASSCHE, 1997). Outro exemplo são os critérios da NOAA/Estados Unidos, baseados em efeitos agudos (LOEL ou *lowest observable effect leves*) ou crônicos, tanto para HPAs individuais como para o somatório de HPAs (BUCHMAN, 2008). Um resumo desses valores encontra-se na Tabela IV.4.4.1-3, sendo que a falta de dados ecotoxicológicos impede definir valores de referência para muitos HPAs (CROMMENTUIJN; SIJM; BRUIJN; LEEUWEN *et al.*, 2000). Desta forma, a comparação dos resultados obtidos para HPAs individuais no PMAR-BC revela que se tratam de concentrações muito inferiores às diretrizes internacionais de qualidade da água marinha.

Tabela IV.4.4.1-3 – Diretrizes de qualidade de água no exterior para HPAs, e comparação com valores medianos obtidos nas águas da campanha 1 do PMAR-BC

HPA	Concentração máxima permitida em água ^a (ng L ⁻¹)	NOAA SQuiRT ^b (ng L ⁻¹)	Águas PMAR-BC (mediana; ng L ⁻¹)
Naftaleno	1.200	1.400*	0,40
Antraceno	70	-	<LQ
Fenantreno	300	-	0,43
Fluoranteno	300	40.000*	0,10
Benzo(a)antraceno	10	-	<LQ
Criseno	340	-	<LQ
Benzo(k)fluoranteno	40	-	<LQ
Benzo(a)pireno	50	-	<LQ
Benzo(ghi)perileno	30	-	<LQ
Dibenzo(a,h)antraceno	40	-	<LQ
Total HPAs**	-	300.000**	4,02

^a CROMMENTUIJN et al (2000) após KALF et al. (1997). Unidade original (µg L⁻¹) recalculada para ng L⁻¹

^b (BUCHMAN, 2008). Unidade original (µg L⁻¹) recalculada para ng L⁻¹. * Valores para efeitos crônicos.

** Valor efeito agudo para a classe química, sem especificar compostos individuais

Ao longo desse item, os resultados de HPAs e hidrocarbonetos alifáticos foram confrontados com dados pretéritos na própria Bacia de Campos e em outras bacias brasileiras e do exterior, assim como em relação a diretrizes de qualidade de água adotadas no Brasil e em outras partes do planeta. Sob todos os critérios avaliados, é evidente que as águas coletadas no PMAR-BC apresentam uma característica geral de terem baixas concentrações de hidrocarbonetos. Não se pode dizer que sejam concentrações de referência regional, uma vez que as áreas amostradas no presente trabalho já apresentam um histórico de atividades de E&P, mas são valores que caracterizam águas com nível baixo ou com ausência de contaminação, que estão algumas ordens de grandeza abaixo de valores indicativos de risco ambiental.

A despeito do quadro geral de hidrocarbonetos em baixas concentrações — sejam policíclicos aromáticos ou alifáticos — nas amostras de água aqui consideradas, os resultados das análises estatísticas exploratória e inferencial bivariadas ($\Sigma 37$ HPAs e ATs; seção IV.4.3) revelaram três tendências principais na distribuição quantitativa dos hidrocarbonetos. Em primeiro lugar, foi possível identificar que a área central se diferencia das demais em função das maiores concentrações de $\Sigma 37$ HPAs, sendo válido de forma consistente tanto para a plataforma (4 amostras – PC01, PC02, PC03, PC04 e PC06) como para o talude (3 amostras - TC02, TC03 e TC06). Em segundo lugar, a análise estatística mostra que a área sul é diferenciada das demais em relação à distribuição de ATs, devido às maiores concentrações dessa variável. Por fim, a área norte se diferencia das demais por apresentar as menores concentrações tanto de HPAs como de ATs. Esses três resultados fazem com que uma das hipóteses nulas do projeto — não haver diferença entre as áreas para os polígonos estabelecidos — seja inválida. Mas, para inferir sobre os possíveis fatores que expliquem as diferenças entre as áreas em relação aos hidrocarbonetos, é importante avaliar a distribuição qualitativa desses compostos, i.e., a composição individual de HPAs e alifáticos, como será detalhado na seção IV.4.4.2.

Por fim, destaca-se que os valores mais altos de $\Sigma 37$ HPAs em relação ao $\Sigma 16$ HPAs revela a importância de ampliar o espectro de compostos, com a inclusão de alquilados e outros HPAs representativos, na avaliação dessa classe

de contaminante na região de estudo. Esse resultado corrobora a importância de se analisar, em estudos de contaminação por hidrocarbonetos antrópicos, um conjunto mais amplo de compostos do que os ditos “prioritários”, como tem sido apontado em diversos trabalhos sobre a contaminação por hidrocarbonetos (ANDERSON; ACHTEN, 2015; ANDERSSON; ACHTEN, 2015; BOEHM; PIETARI; COOK; SABA, 2018; STOUT; EMSBO-MATTINGLY; DOUGLAS; UHLER *et al.*, 2015).

IV.4.4.2 – Origem dos hidrocarbonetos com base nos perfis de composição individual das frações de alifáticos e HPAs

A análise da composição detalhada das frações de HPAs e hidrocarbonetos alifáticos permite fazer inferências sobre a origem (aspectos qualitativos) — petrogênica, pirolítica ou natural — dos hidrocarbonetos em ambientes aquáticos. Essa análise ajudará a compreender as diferenças na distribuição das concentrações de hidrocarbonetos entre as áreas, como discutido na seção IV.4.4.1.

Para isso, foi realizada uma análise de agrupamento considerando os resultados padronizados (ver seção IV.4.2.3) da composição individual de *n*-alcanos (*n*-C₁₀ a *n*-C₄₀, pristano e fitano) e HPAs (parentais e alquilados). Essa análise resultou em três grupos (Figura IV.4.4.2-1), caracterizados pelas seguintes distribuições de hidrocarbonetos:

- grupo 1: distribuição de *n*-alcanos relativamente pesados e sem predomínio de cadeias par/ímpar na faixa entre *n*-C₂₃ a *n*-C₃₃ (maior abundância entre *n*-C₂₇ a *n*-C₃₀) e de *n*-C₃₉ a *n*-C₄₀, além de pristano. Esse é um perfil típico da presença de alcanos derivados de petróleo (ABOUL-KASSIM; SIMONEIT, 1996; READMAN; FILLMANN; TOLOSA; BARTOCCI *et al.*, 2002). A Figura IV.4.4.2-2a traz o perfil médio de *n*-alcanos, pristano e fitano para o conjunto de amostras nesse grupo. Para os HPAs do grupo 1, poucos compostos foram encontrados acima do limite de detecção, mas há predomínio de naftalenos com uma distribuição do tipo ‘sino’, i.e., com C1N e C2N mais abundantes em relação aos outros homólogos do naftaleno (Figura IV.4.4.2-

- 2b). Essa distribuição dos naftalenos é típica em petróleo e derivados com HPAs não intemperizados (WANG; FINGAS; PAGE, 1999);
- grupo 2: distribuição de *n*-alcanos semelhante ao do grupo 1, embora com maior abundância de compostos mais leves (*n*-C₂₅ a *n*-C₂₇; Figura IV.4.4.2-2a); HPAs com distribuição um pouco diferente em relação ao grupo 1, pois não se observa a forma de ‘sino’ entre os naftalenos e há maior contribuição relativa de fenantreno e pireno (Figura IV.4.4.2-2b). Aqui também a análise da origem dos HPAs é limitada pois muitos compostos estão abaixo do limite de quantificação, mas o perfil dos compostos detectados sugere a presença de HPAs mais intemperizados em relação ao grupo 1, devido à presença em proporções semelhantes dos homólogos alquilados de C1 a C4 do naftaleno (BOEHM; PIETARI; COOK; SABA, 2018).
 - grupo 3: praticamente não são detectados *n*-alcanos e há um sinal bem fraco de naftalenos com predomínio na série C₀>C₁>C₂>C₃>C₄ (Figura IV.4.4.2-2). Como as concentrações de alcanos e HPAs são extremamente baixas, não se pode fazer maiores inferências sobre a origem dos hidrocarbonetos nesse grupo de amostras.

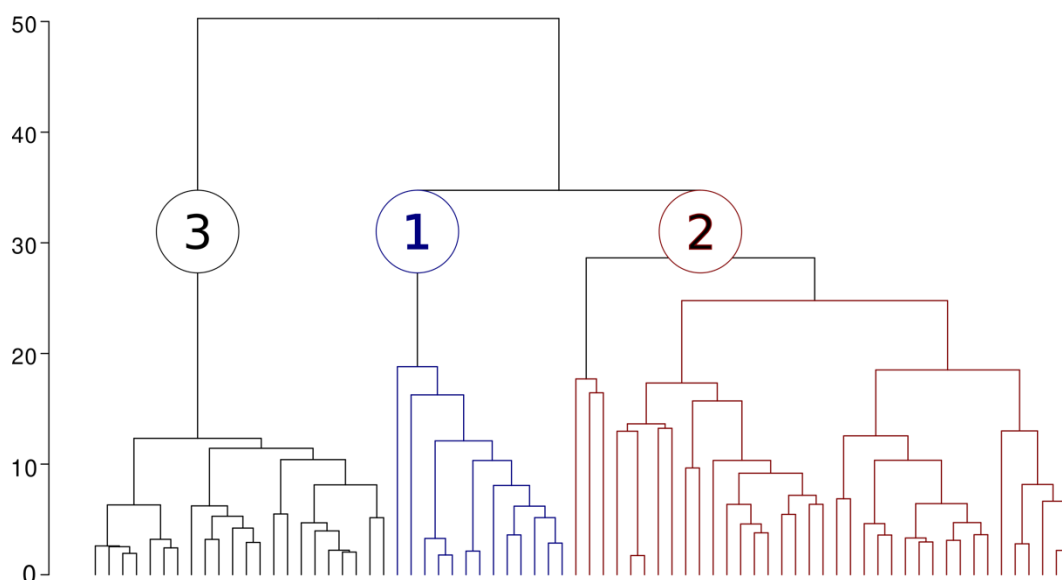


Figura IV.4.4.2-1 – Resultado da análise de agrupamento considerando as concentrações de alifáticos – *n*-alcanos individuais (*n*-C₁₀ a *n*-C₄₀), pristano e fitano – e HPAs individuais, incluindo parentais e alquilados em todas as amostras de água coletadas na campanha PMAR-BC.

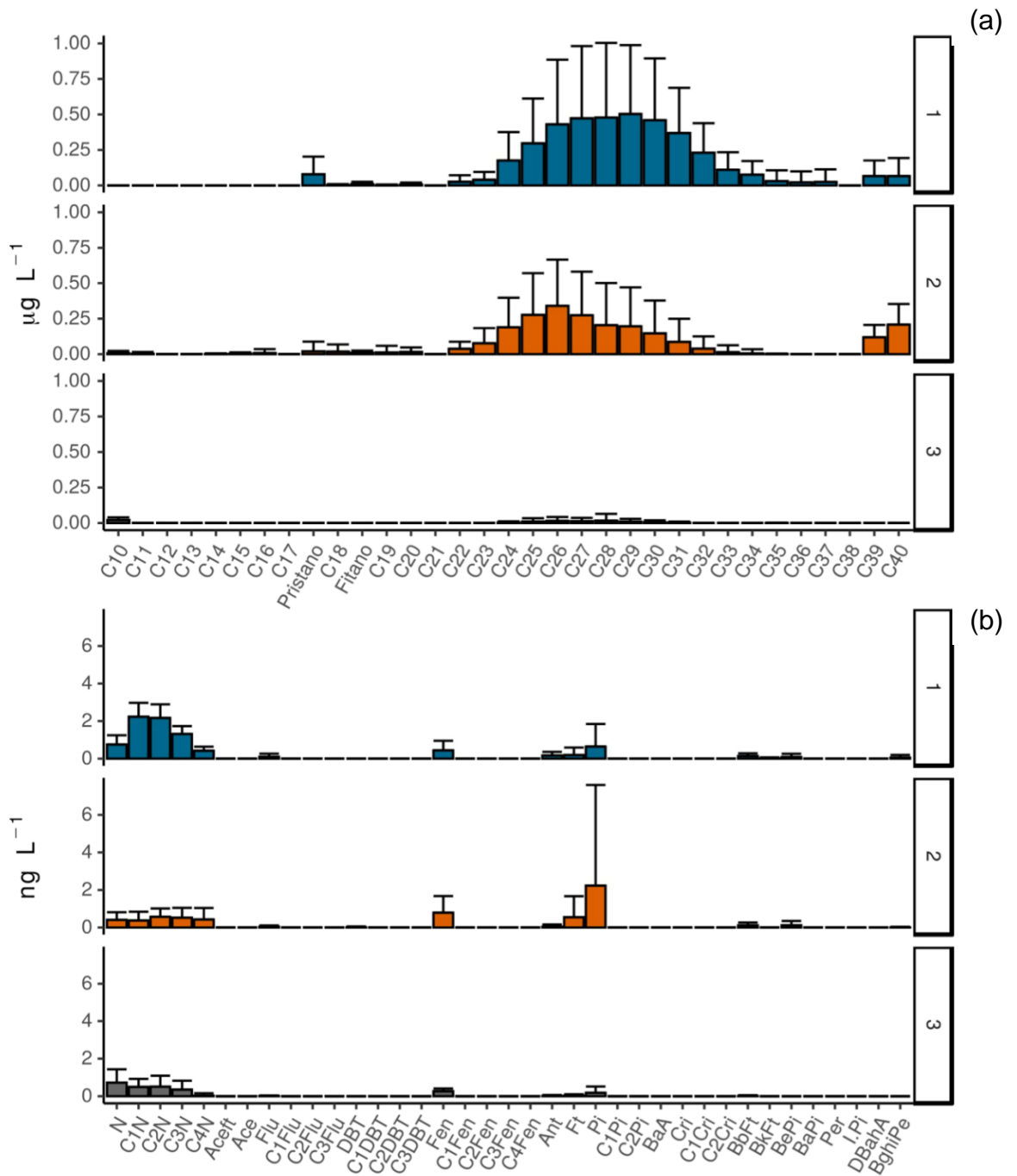


Figura IV.4.4.2-2 – Perfis de distribuição de n-alcenos e isoprenóides (a) e de HPAs individuais (b) de acordo com os 3 grupos definidos na análise de agrupamento considerando as concentrações individuais de hidrocarbonetos em todas as amostras de água do PMAR-BC/campanha 1 (ver Figura IV.4.4-1).

Em resumo, o resultado da análise de agrupamento com os compostos individuais (*n*-alcanos, pristano, fitano e os 37 HPAs) sugerem grupos de amostras com maior sinal de hidrocarbonetos petrogênicos (grupo 1), amostras com sinal de hidrocarbonetos degradados (grupo 2) e amostras sem presença significativa de hidrocarbonetos (grupo 3).

A Tabela IV.4.4.2-1 lista a contagem de observações das amostras que se dividem entre os três grupos definidos pela análise de agrupamento, e assim é possível discutir a prevalência de uma determinada fonte nas áreas e províncias que contêm essas amostras. Em primeiro lugar, destacam-se as 12 amostras na plataforma/área central posicionadas no grupo 1 (*n* = 13), ou seja, o que tem o maior sinal de hidrocarbonetos petrogênicos. Portanto, a indicação da estatística NMDS (Figura IV.4.3.2-2), de que as águas superficiais da área central são influenciadas pela variável $\sum 37\text{HPAs}$, se deve ao aporte de hidrocarbonetos petrogênicos. Já o grupo 2 é o que contém mais amostras (*n* = 37), revelando que na região estudada há sinais predominantes de hidrocarbonetos — sempre em concentrações relativamente baixas — que apresentam intemperismo. Aqui, destacam-se as amostras da região sul (72,9% de ocorrência no grupo 2), cuja influência de ATs foi apontado pela NMDS (Figura IV.4.3.2.3-2). Por fim, o grupo 3 (*n* = 22) é formado quase exclusivamente pelas amostras da região norte (> 86%), ou seja, sem presença significativa de hidrocarbonetos alifáticos ou aromáticos.

Tabela IV.4.4.2-1 – Contagem das observações obtidas pela análise de agrupamento apresentada na Figura IV.4.4-1

Áreas	Grupo 1 (n=13)		Grupo 2 (n=37)		Grupo 3 (n=22)	
Norte	0	Plataforma Talude 0 0	5	Plataforma Talude 3 2	19	Plataforma Talude 15 4
Centro	12	Plataforma Talude 12 0	9	Plataforma Talude 6 3	3	Plataforma Talude 0 3
Sul	1	Plataforma Talude 1 0	23	Plataforma Talude 17 6	0	Plataforma Talude 0 0

A despeito das indicações sobre a presença de HPAs e hidrocarbonetos alifáticos na área central, com apenas uma campanha de amostragem não há evidências inequívocas de que esse resultado seja decorrente das atividades de E&P nessa área. Isso porque a distribuição de contaminantes na água é muito influenciada pela hidrodinâmica local/regional, e os dados podem refletir uma situação em particular. No caso específico, é interessante notar no capítulo sobre Sensoriamento Remoto (ver Capítulo VI.2) que durante a pernada 6 (coleta de amostras nas áreas central e sul) foi observado um padrão de meandramento da Corrente do Brasil com frentes termais no sul e águas relativamente mais frias na área central (Figura IV.2.3.1-2). Portanto, não se pode descartar que o resultado de HPAs nas águas da região central na plataforma reflita a presença de água costeira, sendo que o mesmo tipo de água não se encontrava nas áreas sul e norte durante a coleta. No entanto, essa hipótese não explica os resultados de HPAs na área central no talude, visto que foram amostras coletadas na pernada 7, quando a mesma feição de estrutura térmica da água superficial não era a mesma da pernada 6. Assim, essa tendência observada para os HPAs na área central poderá ser verificada com a continuidade do monitoramento.

IV.4.4.3 – Comparação de hidrocarbonetos entre PMAR-BC e PCR-BC

A análise estatística exploratória e inferencial revelou não ser possível apontar diferenças na distribuição de HPAs e hidrocarbonetos alifáticos obtida no PMAR-BC (esse relatório) e no PCR-BC. Portanto, uma das hipóteses estabelecidas no projeto — de que não haveria variação nos níveis de hidrocarbonetos entre os dois projetos — foi confirmada. A única variação encontrada foi relacionada à dispersão dos dados entre os projetos.

Em parte, esse resultado pode representar apenas a limitação em responder à hipótese formulada em função das diferenças das malhas amostrais, tanto em termos de localização quanto do número de estações de cada projeto. Mas, por outro lado, a comparação dos resultados obtidos nos dois projetos (PMAR-BC e PCR-BC) de acordo com as províncias (plataforma e talude) e áreas (norte, central e sul) revela uma semelhança grande nas concentrações medianas e faixas de variação na grande maioria das comparações possíveis (Tabela IV.4.4.3-1), o que sugere que não houve variação expressiva nos níveis gerais

de hidrocarbonetos entre os projetos PMAR-BC e PCR-BC. No entanto, cabe destacar que nas áreas central, tanto na plataforma quanto no talude (assim como na área sul apenas na plataforma), os resultados de $\Sigma 37$ HPAs são mais altos nas amostras do PMAR-BC em relação às daquelas do PCR-BC (Tabela IV.4.4.3-1). Considerando que nesse relatório foi demonstrado que os HPAs na área central do PMAR-BC têm origem petrogênica predominante e, embora os níveis sejam muito inferiores aos estabelecidos na legislação nacional de coleta de água, essa tendência deve ser acompanhada ao longo do tempo para verificar se ela se mantém. Essa mesma tendência não é observada em relação aos hidrocarbonetos alifáticos (ATs) — na realidade, os níveis de ATs no PCR-BC são superiores, que pode ser explicado pelo fato que os alifáticos têm fontes distintas dos HPAs, principalmente quando se comparam valores muito próximos aos níveis de referência natural para esses compostos — como já discutido em detalhes ao longo desse relatório.

Por fim, considerações adicionais sobre a origem dos hidrocarbonetos com base em razões diagnósticas entre compostos específicos entre os HPAs (TOBISZEWSKI; NAMIEŚNIK, 2012; WANG; FINGAS; PAGE, 1999; YUNKER; MACDONALD; VINGARZAN; MITCHELL *et al.*, 2002) e entre os alifáticos (ABOUL-KASSIM; SIMONEITT, 1995), instrumento utilizado na análise dos dados do PCR-BC (WAGENER; FARIAS; NUDI; CARREIRA *et al.*, 2017), não foi possível de ser realizado com os dados do PMAR-BC devido à alta frequência de compostos abaixo do limite de quantificação da metodologia.

Tabela IV.4.4.3-1 – Comparação das concentrações de $\Sigma 37$ HPAs e ATs nas águas superficiais nas províncias (plataforma e talude) e áreas (norte, central e sul) definidas nos projetos PMAR-BC e PCR-BC

Província	Área	Projeto	$\Sigma 37$ HPAs		ATs	
			mediana	min-max	mediana	min-max
Plataforma	Norte	PMAR-BC	1,74	0,98 – 5,6	0,23	0,19 – 0,30
		PCR-BC	2,66	0,29 – 21,1	0,20	0,13 – 0,38
	Central	PMAR-BC	6,04	3,23 – 11,0	1,95	0,82 – 2,43
		PCR-BC	2,80	<LQ – 144	0,25	0,02 – 15,4
	Sul	PMAR-BC	2,65	1,13 – 5,9	4,45	0,87 – 10,2
		PCR-BC	0,41	<LQ – 27,2	0,34	0,07 – 314
Talude	Norte	PMAR-BC	0,94	0,73 – 4,05	0,21	0,18 – 1,43
		PCR-BC	0,74	<LQ – 7,25	0,35	0,03 – 57,1
	Central	PMAR-BC	7,90	2,18 – 20,5	0,79	0,39 – 1,19
		PCR-BC	4,22	0,62 – 39,9	2,45	<LQ – 553
	Sul	PMAR-BC	1,16	0,45 – 11,5	2,97	1,25 – 3,99
		PCR-BC	1,40	<LQ – 38,8	0,24	<LQ – 0,44

IV.4.5 – CONCLUSÕES

No presente relatório foi considerado um conjunto amplo de hidrocarbonetos — policíclicos aromáticos e alifáticos — para avaliar os efeitos potenciais das atividades de exploração e produção de petróleo sobre a qualidade da água em províncias (plataforma e talude) e áreas (norte, centro e sul) estabelecidas pelo PMAR-BC.

As concentrações de HPAs ($\Sigma 37$ HPAs) e de alifáticos (ATs) na campanha 1 do PMAR-BC caracterizam águas com níveis baixos ou ausentes de contaminação. Isso porque são comparáveis com dados pretéritos em outras bacias sedimentares na margem continental do Brasil (p.ex., Ceará e Potiguar) que receberam a mesma classificação. Além disso, os HPAs individuais incluídos na resolução CONAMA 357/2005 estiveram em concentrações — quando detectados — que são ao menos uma ordem de grandeza inferiores ao critério estabelecido para enquadramento como águas salinas classe 1 e com finalidade de cultivo. O mesmo é válido se forem considerados critérios internacionais, cujo leque de HPAs é maior do que definido pela legislação nacional.

A despeito das concentrações baixas, análises estatísticas exploratórias e inferenciais uni-, bi- e multivariadas permitiram identificar que há diferenças na distribuição de hidrocarbonetos entre as diferentes localidades monitoradas. Nesse sentido, a hipótese de que não há diferença estatística nos hidrocarbonetos entre as áreas deve ser refutada, visto que: (i) a área norte na plataforma se diferencia das demais pelas concentrações mais baixas de hidrocarbonetos; (ii) a área central sobre a plataforma e o talude se diferencia das demais por ter maiores concentrações de HPAs e (iii) a área sul se diferencia por ter os maiores valores de ATs. A segunda hipótese do projeto — comparação entre polígonos sobre a área central — foi validada, visto que não houve diferença estatisticamente significativa entre a plataforma e o talude para o conjunto de hidrocarbonetos considerados. Por fim, o desenho amostral estabelecido para comparar os dados do PMAR-BC e do PCR-BC revelou que não há evidência estatística de diferença significativa entre os dois projetos em relação aos níveis de hidrocarbonetos na água.

Em relação à área central, que contém níveis mais altos de hidrocarbonetos e significativamente diferentes das outras áreas, tanto na plataforma quanto no talude, a análise estatística multivariada revelou que essa influência é devida à presença de compostos petrogênicos. Enquanto isso pode indicar que há maior influência — mesmo que em níveis que não representam risco ambiental — da atividades de E&P na área central, é necessário ratificar se essa tendência se mantém com a continuidade do monitoramento pelo PMAR-BC.

IV.4.6 – REFERÊNCIAS

ABOUL-KASSIM, T. A. T.; SIMONEIT, B. R. T. Lipid geochemistry of surficial sediments from the coastal environment of Egypt I. Aliphatic hydrocarbons - characterization and sources. **Marine Chemistry**, 54, p. 135-158, 1996.

ABOUL-KASSIM, T. A. T.; SIMONEITT, B. R. T. Petroleum hydrocarbon fingerprinting and sediment transport assessed by molecular biomarker and multivariate statistical analyses in the eastern harbour of Alexandria, Egypt. **Marine Pollution Bulletin**, 30, n. 1, p. 63-73, 1995.

ACHTEN, C.; ANDERSSON, J. T. Overview of Polycyclic Aromatic Compounds (PAC). **Polycycl Aromat Compd**, 35, n. 2-4, p. 177-186, Mar 15 2015.

ANDERSON, J. T.; ACHTEN, C. Time to say goodbye to the 16 EPA PAHs? Toward an up-to-date use of PACs for environmental purposes. **Polycyclic Aromatic Compounds**, 35, p. 330-354, 2015.

ANDERSSON, J. T.; ACHTEN, C. A Critical Look at the 16 EPA PAHs. **Polycyclic Aromatic Compounds**, 35, n. 2-4, p. 143-146, 2015.

BERROJALBIZ, N.; DACHS, J.; OJEDA, M. J.; VALLE, M. C. *et al.* Biogeochemical and physical controls on concentrations of polycyclic aromatic hydrocarbons in water and plankton of the Mediterranean and Black Seas. **Global Biogeochemical Cycles**, 25, n. 4, p. n/a-n/a, 2011.

BEYER, J.; GOKSØYR, A.; HJERMANN, D. Ø.; KLUNGSØYR, J. Environmental effects of offshore produced water discharges: A review focused on the Norwegian continental shelf. **Marine Environmental Research**, 162, p. 105155, 2020.

BOEHM, P. D.; MURRAY, K. J.; COOK, L. L. Distribution and Attenuation of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons in Gulf of Mexico Seawater from the Deepwater Horizon Oil Accident. **Environmental Science & Technology**, 50, n. 2, p. 584-592, 2016.

BOEHM, P. D.; PIETARI, J.; COOK, L. L.; SABA, T. Improving rigor in polycyclic aromatic hydrocarbon source fingerprinting. **Environmental Forensics**, 19, n. 3, p. 172-184, 2018/07/03 2018.

BOULOUBASSI, I.; FILLAUX, J.; SALIOT, A. Hydrocarbons in surface sediments from the Changjiang (Yangtze River) estuary, East China Sea. **Marine Pollution Bulletin**, 42, n. 12, p. 1335-1346, 2001.

BUCHMAN, M. F. **NOAA Screening Quick Reference**. Coastal Protection and Restoration Division, National Oceanic and Atmospheric Administration. Seattle, p. 12. 2008.

CROMMENTUIJN, T.; SIJM, D.; BRUIJN, J. d.; LEEUWEN, K. v. *et al.* Maximum permissible and negligible concentrations for some organic substances and pesticides. **Journal of Environmental Management**, 58, p. 297-312, 2000.

GONZÁLEZ-GAYA, B.; MARTÍNEZ-VARELA, A.; VILA-COSTA, M.; CASAL, P. *et al.* Biodegradation as an important sink of aromatic hydrocarbons in the oceans. **Nature Geoscience**, 12, n. 2, p. 119-125, 2019/02/01 2019.

KALF, D. F.; CROMMENTUIJN, T.; PLASSCHE, E. J. V. D. Environmental Quality Objectives for 10 Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (PAHs). **Ecotoxicology and Environmental Safety**, 36, p. 89-97, 1997.

KILLOPS, S. D.; KILLOPS, V. J. **An introduction to organic geochemistry**. 2a edição ed. Blackwell Publishing, 2005. 406 p.

LIU, M.; HU, J.; LIN, Y.; KE, H. *et al.* Full-depth profiles of PAHs in the Western South China Sea: Influence of Upwelling and Mesoscale Eddy. **Chemosphere**, 263, p. 127933, 2021.

LOHMANN, R.; GIOIA, R.; JONES, K. C.; NIZZETTO, L. *et al.* Organochlorine Pesticides and PAHs in the Surface Water and Atmosphere of the North Atlantic and Arctic Ocean. **Environmental Science & Technology**, 43, n. 15, p. 5633-5639, 2009.

MEADOR, J. P.; STEIN, J. E.; REICHERT, W. L.; VARANASI, U. Bioaccumulation of polycyclic aromatic hydrocarbons. *In*: WARE, G. W. (Ed.). **Reviews of environmental contamination and toxicology**. Berlin: Springer, 1995. v. 143, p. 79-166.

NEFF, J. M. **Bioaccumulation in marine organisms: effects of contaminants from oil well produced water**. Amsterdam: Elsevier, 2002. 453 p.

NISBET, I. C. T.; LAGOY, P. K. Toxic equivalency factors (TEFs) for polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs). **Regulatory Toxicology and Pharmacology**, 16, n. 3, p. 290-300, 1992/12/01/ 1992.

NIZZETTO, L.; LOHMANN, R.; GIOIA, R.; JAHNKE, A. *et al.* PAHs in air and seawater along a north-south Atlantic transect: trends, processes and possible sources. **Environmental Science & Technology**, 42, n. 5, p. 1580-1585, 2008.

NRC. **Oil in the Sea - inputs, fates and effects**. 2 ed. Washington: National Academy Press, 2003. 265 p. 0-309-03479-5.

OHIOZEBAU, E.; TENDLER, B.; CODLING, G.; KELLY, E. *et al.* Potential health risks posed by polycyclic aromatic hydrocarbons in muscle tissues of fishes from the Athabasca and Slave Rivers, Canada. **Environ Geochem Health**, 39, n. 1, p. 139-160, Feb 2017.

OLIVA, A. L.; LA COLLA, N. S.; ARIAS, A. H.; BLASINA, G. E. *et al.* Distribution and human health risk assessment of PAHs in four fish species from a SW Atlantic estuary. **Environmental Science and Pollution Research**, 24, n. 23, p. 18979-18990, 2017/08/01 2017.

PATIN, S. **Environmental impact of the offshore oil and gas industry**. Tradução CASCIO, E. New York: EcoMonitor Publishing, 1999. 425 p.

PROTECTION, G. I. F. U.-I. U. W. I. U. U. J. G. o. E. o. t. S. A. o. M. E. **Impact of oil and related chemicals and wastes on the marine environment**. p. 180. 1993. (Report and Studies n.50).

READMAN, J. W.; FILLMANN, G.; TOLOSA, I.; BARTOCCHI, J. *et al.* Petroleum and PAH contamination of the Black Sea. **Marine Pollution Bulletin**, 44, n. 1, p. 48-62, 2002/1 2002.

STORELLI, M. M.; BARONE, G.; PERRONE, V. G.; STORELLI, A. Risk characterization for polycyclic aromatic hydrocarbons and toxic metals associated with fish consumption. **Journal of Food Composition and Analysis**, 31, n. 1, p. 115-119, 2013.

STOUT, S. A.; EMSBO-MATTINGLY, S. D.; DOUGLAS, G. S.; UHLER, A. D. *et al.* Beyond 16 Priority Pollutant PAHs: A Review of PACs used in Environmental Forensic Chemistry. **Polycyclic Aromatic Compounds**, 35, n. 2-4, p. 285-315, 2015.

TOBISZEWSKI, M.; NAMIEŚNIK, J. PAH diagnostic ratios for the identification of pollution emission sources. **Environmental Pollution**, 162, n. 0, p. 110-119, 2012.

WAGENER, A. d. L. R.; CARREIRA, R. S.; HAMACHER, C.; SCOFIELD, A. d. L. *et al.* Hydrocarbon composition and distribution in a coastal region under influence of oil production in northeast Brazil. **Marine Pollution Bulletin**, 62, n. 8, p. 1877-1882, 2011.

WAGENER, A. d. L. R.; CARREIRA, R. S.; HAMACHER, C.; SCOFIELD, A. d. L. *et al.* **Avaliação das condições físico-químicas da água - Hidrocarbonetos. Relatório Integrador do Projeto de Monitoramento da Bacia do Ceará.** PETROBRAS. Rio de Janeiro, p. 64. 2005.

WAGENER, A. L. R.; CARREIRA, R. S.; HAMACHER, C.; SCOFIELD, A. L. *et al.* **Avaliação das condições físico-químicas da água - hidrocarbonetos. Em: Relatório Integrador do Projeto de Caracterização Ambiental das Águas Profundas na Bacia de Campos.** PUC-Rio e UERJ. Rio de Janeiro, p. 56. 2005.

WAGENER, A. L. R.; FARIAS, C. O.; NUDI, A. H.; CARREIRA, R. S. *et al.* Avaliação de contaminantes orgânicos em águas superficiais da Bacia de Campos. *In: FALCÃO, A. P. C.; WAGENER, A. L. R., et al (Ed.). Química Ambiental: caracterização ambiental regional da Bacia de Campos, Atlântico Sudoeste.* Rio de Janeiro: Elsevier, 2017. v. 7, p. 157-178.

WANG, Z.; FINGAS, M.; PAGE, D. S. Oil spill identification. **Journal of Chromatography A**, 843, n. 1-2, p. 369-411, 1999.

WENZL, T.; ZELINKOVA, Z. Polycyclic Aromatic Hydrocarbons in Food and Feed. *In: MELTON, L.; SHAHIDI, F., et al (Ed.). Encyclopedia of Food Chemistry.* Oxford: Academic Press, 2019. p. 455-469.

YUNKER, M. B.; MACDONALD, R. W.; VINGARZAN, R.; MITCHELL, R. H. *et al.* PAHs in the Fraser River basin: a critical appraisal of PAH ratios as indicators of PAH source and composition. **Organic Geochemistry**, 33, p. 489-515, 2002.

IV.4.7 – ANEXOS

Lista de Anexos:

ANEXO IV.4.7-1 – Cromatogramas e histogramas das amostras.

IV.5 – PRODUTIVIDADE PRIMÁRIA

Coordenadores

Mário Sérgio Ximenez

*Biólogo, Doutor em Zoologia da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), Nº
CTF IBAMA 204221, Diretor Bioconsult Ambiental Ltda*

ximenez@bioconsultambiental.com.br

Cristina Falcão

*Bióloga, Doutora em Ecologia da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), Nº
CTF IBAMA 24023, Vice Diretora Técnica Bioconsult Ambiental Ltda*

cfalcao@bioconsultambiental.com.br

Equipe Bioconsult Ambiental Ltda

Eliane Gonzalez Rodriguez – Consultora Bioconsult Ambiental Ltda

*Bióloga, Doutora em Oceanografia Biológica, Pesquisadora Titular do Instituto de
Estudos do Mar Almirante Paulo Moreira - IEAPM. eliane.gonzalez@marinha.mil.br*

Dagles Viana dos Reis

Técnica em Química CRQ nº 03414288 – dagles@marinha.mil.br

Érika Nina

Técnica em Química CRQ 03427377- erikaninna19@gmail.com

Colaboradores

Wanderson Fernandes de Carvalho

*Biólogo, Doutor em Ecologia Aquática. Professor Adjunto 3 do Departamento de
Ecologia e Recursos Marinhos - UNIRIO. wanderson.carvalho@unirio.br*

Mariana Dantas Alberto

*Bióloga, Mestre em Biologia Marinha vinculada ao Instituto de Pesca da Universidade
Veiga de Almeida. dantasmari@gmail.com*

RESUMO

A produção primária é o processo pelo qual organismos sintetizam compostos de alta energia a partir de compostos inorgânicos e energia luminosa (fotossíntese) ou química (quimiossíntese). Esta é a base das teias tróficas, e por isso controla a disponibilidade de matéria e energia em toda a biosfera. Entre os meses de março e abril de 2019 foram realizadas duas pernas oceanográficas, no âmbito do Projeto de Monitoramento Ambiental Regional da Bacia de Campos (PMAR-BC), a fim de amostrar três áreas (Sul, Centro e Norte) da Bacia de Campos, na plataforma Continental (isóbata de 100 m) e no talude (isóbata de 900 m). Este esforço teve como finalidade avaliar o estado trófico da Bacia de Campos, em dois estratos (superfície e profundidade do pico de fluorescência da Clorofila *a*) nas três áreas; e comparar a produtividade primária tanto entre as estações amostrais, como com estudos anteriores. A produtividade primária foi avaliada por meio de experimentos *in situ* simulados para construir as curvas de luz-fotossíntese e, conseqüentemente, estimar os parâmetros fotossintéticos, que foram utilizados para o cálculo da produtividade primária. Sobre a plataforma, as menores médias de produtividade primária foram observadas na área Sul ($0,3 \pm 0,4 \text{ mgC m}^{-3} \text{ h}^{-1}$ na superfície e $0,05 \pm 0,06 \text{ mgC m}^{-3} \text{ h}^{-1}$ na profundidade do pico de fluorescência - PF), enquanto as maiores médias ocorreram na área Norte, na superfície ($2,0 \pm 0,2 \text{ mgC m}^{-3} \text{ h}^{-1}$) e PF ($1,63 \pm 0,08 \text{ mg C m}^{-3} \text{ h}^{-1}$). Sobre o talude, a área Sul também foi a menos produtiva nos dois estratos ($0,47 \pm 0,3$ e $0,10 \pm 0,14 \text{ mg C m}^{-3} \text{ h}^{-1}$, superfície e PF, respectivamente), enquanto a mais produtiva foi a área Centro, com $2,86 \pm 0,88 \text{ mg C m}^{-3} \text{ h}^{-1}$ na superfície e $0,60 \pm 0,31 \text{ mg C m}^{-3} \text{ h}^{-1}$ no PF. No geral, a produtividade foi baixa, tanto na plataforma continental quanto no talude, refletindo o domínio da Água Tropical na coluna d'água de toda a região, como indica a assinatura termohalina. As taxas mais elevadas de fixação de carbono observadas nas áreas Centro e Norte tiveram, provavelmente, a influência da foz do rio Paraíba do Sul e do Cabo de São Tomé, que é uma região sujeita a processos hidrográficos que aportam nutrientes na camada fótica. Com a ausência da Água Central do Atlântico Sul (ACAS), a área Sul, próxima a Cabo Frio, foi a menos produtiva. Em termos de produtividade primária, a região da Bacia de Campos manteve o status oligotrófico observado durante as comissões do PCR-BC/HABITATS, especialmente quando não há ressurgências das águas ricas da ACAS.

IV.5.1 – INTRODUÇÃO

A produção primária é a base das teias tróficas e, por isso, controla o fluxo de energia e matéria disponível para biosfera como um todo (Buitenhuis *et al.* 2013; Chavez *et al.* 2011). Diversos organismos realizam produção primária através da fotossíntese ou da quimiossíntese, e ambas contribuem para a produtividade primária dos oceanos. Contudo, fotossíntese oxigênica é, sem dúvidas, o processo dominante em termos de quantidade de carbono e energia fixados em compostos orgânicos (Thornton, 2012).

Nos oceanos, o fitoplâncton domina a base das teias tróficas quanto ao número de espécies, diversidade filogenética e contribuição para a produção primária global (Falkowski *et al.* 2004; Thornton, 2012). Praticamente toda a fotossíntese oxigênica realizada nos sistemas oceânicos é realizada por algas eucarióticas ou cianobactérias (Thornton, 2012).

A energia total fixada fotossinteticamente é chamada de produção primária bruta (PPB). Ao se descontar a perda pela respiração temos a produção primária líquida (PPL), que seria a energia disponível para os níveis tróficos superiores. Em ambientes aquáticos naturais é praticamente impossível medir a produção primária líquida porque é difícil determinar a contribuição da respiração dos organismos autotróficos para as perdas pela respiração total. As perdas pela respiração incluem a contribuição dos heterotróficos e refletem a respiração total da comunidade (Falkowski e Raven, 2007).

Nos ecossistemas marinhos, a produtividade primária (taxa de fixação) é dependente das características físicas e químicas do ambiente (Eppley, 1972). Dada à dinâmica hídrica dos ambientes pelágicos, suas características físico-químicas estão em constante transformação, em escalas que podem variar de horas a meses. Usualmente, essas características refletem a “assinatura” das massas d’água que se sucedem e, por vezes, dominam os ambientes.

A produção primária pode ser caracterizada por produção primária nova e produção primária regenerada (Dugdale e Goering, 1967) em função da origem dos nutrientes. A produção nova é baseada na entrada de nutrientes “novos” (alóctone) nos ecossistemas pelágicos e a produção regenerada (autóctone) resulta do processo de reciclagem biológica de nutrientes presentes na zona eufótica dos ecossistemas

pelágicos.

Os valores de produtividade primária são uma boa indicação do estado trófico e de conservação de uma região, uma vez que estão intrinsecamente associados às variações físico-químicas do meio. Segundo Falkowski (1981), as taxas de assimilação são afetadas pela disponibilidade de nutrientes, temperatura, tamanho da célula e histórico de luz.

Em resumo, determinar a produção primária de um sistema é fundamental, especialmente considerando o importante papel exercido por esta no controle de matéria e energia disponíveis nos ecossistemas. Este processo é o ponto de entrada dos nutrientes inorgânicos e carbono nas teias tróficas, sendo o fluxo ecossistêmico mais sensível às mudanças antropogênicas nos ciclos biogeoquímicos (Aita *et al.* 2007).

IV.5.1.1. Objetivo Geral

Avaliar três áreas (Norte, Centro e Sul), sobre a Plataforma Continental (isóbata de 100 m) e sobre o Talude (isóbata de 900 m), da Bacia de Campos quanto à produtividade primária e aos fatores físico-químicos mais relevantes em sua determinação.

IV.5.1.1.1. Objetivos Específicos

- I. Estimar a produtividade primária das três áreas (Norte, Centro e Sul) da Bacia de Campos sobre a Plataforma Continental e o Talude;
- II. Estimar a eficiência fotossintética da biomassa fitoplanctônica (Clorofila *a*) presentes nas áreas amostradas;
- III. Determinar a produtividade primária por área (produção integrada) nas três áreas (Norte, Centro e Sul) da Bacia de Campos;
- IV. Determinar a produtividade primária máxima potencial (Pmax) nas três áreas (Norte, Centro e Sul) da Bacia de Campos;
- V. Verificar as diferenças entre a produtividade primária nas três áreas (Norte, Centro e Sul) da Bacia de Campos, considerando a comparação das áreas amostrais posicionadas sobre a mesma isóbata (100 e 900 m);
- VI. Verificar as diferenças entre a produtividade primária nas três áreas (Norte, Centro e Sul) da Bacia de Campos, considerando a comparação das províncias; e
- VII. Verificar se há variação temporal entre os parâmetros físico-químicos e biológicos, considerando a comparação dos resultados do PMAR-BC com os do PCR-BC, sobre as mesmas isóbatas (100 e 900 m).

Hipóteses nulas

- Não há diferença estatística significativa na produtividade primária da água entre as três áreas da Bacia de Campos, considerando as estações amostrais posicionadas sobre a mesma isóbata (100 e 900 m);
- Não há diferença estatística significativa na produtividade primária da água da Bacia de Campos entre duas áreas amostrais posicionadas sobre a isóbata de 100 e 900 m no segmento central da Bacia de Campos;
- Não há variação temporal na produtividade primária, considerando a comparação dos resultados do PMAR-BC com os do PCR-BC, sobre as mesmas isóbatas (100 e 900 m).

IV.5.2 – METODOLOGIAS APLICADAS

A produtividade primária foi medida de acordo com o método *in situ*-simulado desenvolvido por Steeman Nielsen (1952) e descrito por Strickland e Parson (1972). As amostragens para a determinação da produtividade primária (PP) foram realizadas em duas pernadas entre os dias 23/03/2019 e 20/04/2019. Durante este período foram realizadas coletas de água nas províncias da Plataforma Continental (isóbata de 100 m) e Talude (isóbata de 900 m) da Bacia de Campos em seis estações, sendo amostrada sempre a primeira estação de cada polígono: P100N e T900N; P100C e T900C; P100S e T900S (Figura IV.5.2.1-1). As coordenadas geográficas das estações de coleta estão dispostas na tabela IV 5.2-1.

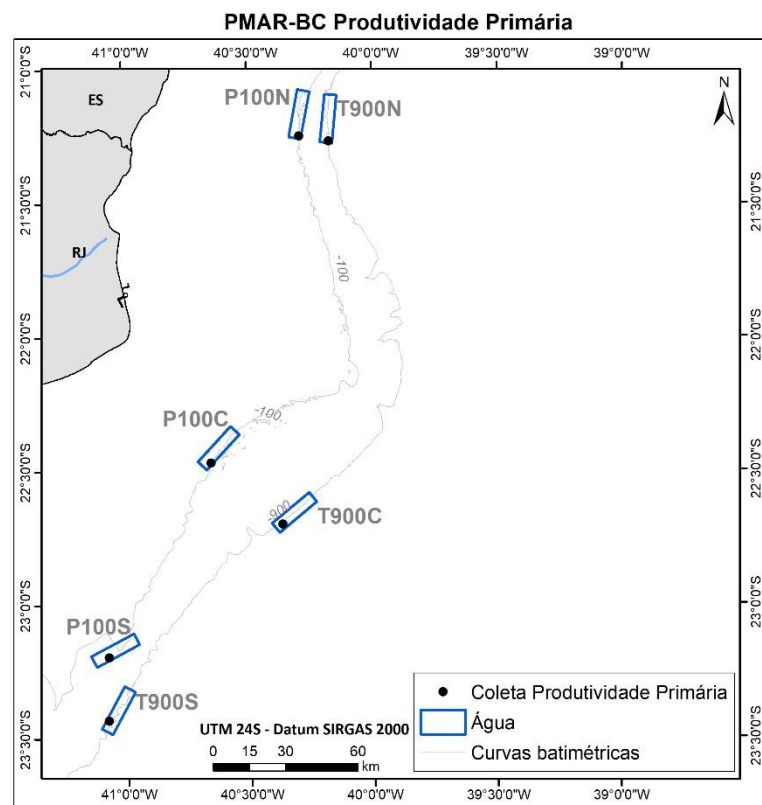


Figura IV.5.2.1-1 – Áreas amostrais para avaliação da produtividade primária da Bacia de Campos, sobre as isóbatas de 100 e 900 m.

Tabela IV.5.2-1. Lista das estações amostrais nos dois estratos: superfície e profundidade do pico de fluorescência.

Amostras	ESTE	NORTE	Profundidade coleta (m)
PMARBC06#P100S01Ag01PP_S	287587.29	7433055.23	3
PMARBC06#P100S01Ag01PP_PF	287587.29	7433055.23	89
PMARBC06#T900S01Ag01PP_S	287600.05	7406708.93	3
PMARBC06#T900S01Ag01PP_PF	287600.05	7406708.93	140
PMARBC06#P100C01Ag01PP_S	329743.60	7513834.22	3
PMARBC06#P100C01Ag01PP_PF	329743.60	7513834.22	39
PMARBC07#T900C01Ag01PP_S	360533.47	7489461.88	1
PMARBC07#T900C01Ag01PP_PF	360533.47	7489461.88	90
PMARBC07#T900N01Ag01PP_S	378284.21	7647465.23	1
PMARBC07#T900N01Ag01PP_PF	378284.21	7647465.23	66
PMARBC07#P100N01Ag01PP_S	366077.56	7649528.61	1
PMARBC07#P100N1Ag01PP_PF	366077.56	7649528.61	47

IV.5.2.1 – Metodologia de Campo

As informações sobre os métodos aplicados durante a amostragem podem ser encontrados no Capítulo III, item III.3.1 – MÉTODOS DE AMOSTRAGEM, em que estão inclusas os procedimentos referentes à metodologia de amostragem do compartimento água.

A metodologia aplicada na realização da coleta, experimento e preservação das amostras para determinação da Produtividade Primária seguiu as normas da CNEN-6.05 Gerencia de Rejeitos Radioativos; CNEN-NN-3.01 Diretrizes Básicas de Proteção Radiológica e CNEN-NE-6.02 Licenciamento de Instalações Radioativas. Foram coletadas 12 amostras de água do mar, sendo duas amostragens por estação, uma na superfície (S) e uma no pico de fluorescência (PF), utilizando garrafa Go-Flo. As amostras foram coletadas entre 8:00 e 09:00 horas, a fim de otimizar a incubação das amostras no período de maior incidência de luz solar.

A produção primária de uma dada área é resultante da produtividade primária realizada dentro da zona eufótica, o que não é constante, pois é dependente da penetração da radiação fotossinteticamente ativa (PAR, *Photosynthetically Active Radiation*), que varia de 100% da luz incidente na

superfície até 1% (iluminação de compensação), cuja profundidade varia em função da transparência da água (profundidade de compensação). Outra consideração sobre a influência da PAR é que, não raro, as maiores produtividades primárias acontecem abaixo da superfície (sub-superfície) devido a fotoinibição na superfície.

Além da disponibilidade de luz, outro fator que determina o pico de produção é a estratificação da coluna d'água com a formação da termoclina, que constitui uma barreira física onde as células fitoplanctônicas se acumulam ao afundarem. Quando esta barreira se forma dentro da zona fótica (acima da profundidade de compensação), não é incomum que o pico de fluorescência, e de produção, sejam coincidentes com a base da termoclina.

Pelas razões descritas acima, a produtividade primária foi medida em duas comunidades fitoplanctônicas, presentes na superfície e na profundidade do pico de fluorescência. Como a coluna d'água está em constante modificação, seja em momentos de estratificação ou mistura causada por fenômenos físicos, as células fitoplanctônicas estão, conseqüentemente, expostas à diferentes percentuais de iluminação, de acordo com a profundidade em que se encontram ao longo do tempo. Portanto, para fazer uma estimativa do potencial fotossintético das regiões, as amostras dos dois estratos foram incubadas em diferentes intensidades de luz, a fim de simular o gradiente de luz da coluna d'água. A partir dessa simulação foi possível ajustar uma curva de produtividade primária em função da luz PAR, determinar em qual profundidade a produtividade máxima foi observada, qual a produtividade máxima potencial (Pmax) e por fim determinar qual comunidade, da superfície ou do PF, foi a mais produtiva.

Assim, dois litros de água do mar foram coletados por profundidade amostrada (superfície e profundidade do pico de fluorescência da clorofila a) e filtrados em rede de 64 µm de abertura de malha para remover o zooplâncton (minimizando os efeitos da pastagem sobre as células fitoplanctônicas). As amostras foram armazenadas em recipientes térmicos e posteriormente transferidas, em alíquotas de 60 mL, para frascos de polietileno. Em seguida, cada frasco foi inoculado com 1 mL de bicarbonato de sódio ($\text{NaH}^{14}\text{CO}_3$), com atividade nominal de $10\mu\text{Ci}^{14}\text{C}$. As amostras foram incubadas por 4 horas em tubos de acrílicos transparentes revestidos com malhas de inox de diferentes

aberturas de malha (para produzir um gradiente luminoso, entre 0 e 100% da radiação incidente (aproximadamente 0, 1, 5, 10, 30, 50, 65, 75 e 100%) (Figura IV.5.2.1-1).

A radiação fotossinteticamente ativa (PAR) foi medida constantemente por um sensor quanta LI-190SA fixado ao convés e acoplado a um *Datalogger* LI-1400 da LI-COR.



Figura IV.5.2.1-1 - Incubador com 8 níveis de luz montado no deck do navio para a determinação da produtividade primária.

Após as 4 horas de incubação, as amostras foram recolhidas e filtradas em membrana de celulose (Millipore, 25 mm de diâmetro e porosidade 0,45 μm), utilizando-se bomba de vácuo (Figura IV.5.2.1-2). As membranas foram conservadas em envelopes de papel absorvente, devidamente identificados, e armazenados em dessecador a temperatura ambiente. Os rejeitos da filtração foram acondicionados em recipiente próprio para posterior descarte. O sistema de filtração foi descontaminado com solução de ácido nítrico (HNO_3) 20%, seguida de água corrente e água destilada.

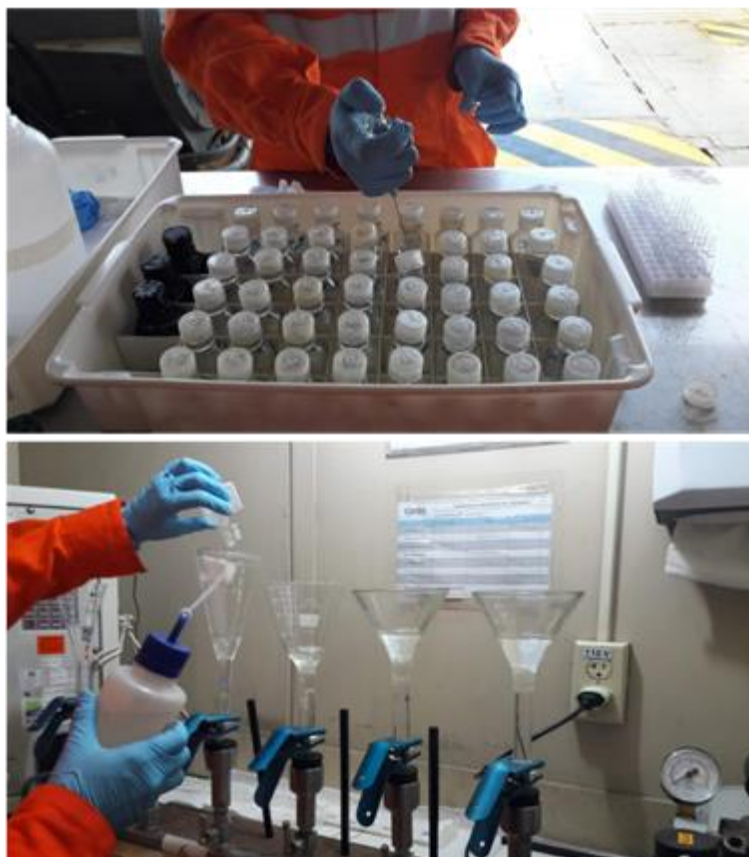


Figura IV.5.2.1-2 - Finalização da incubação e filtragem das amostras da produção primária.

IV.5.2.2 – Metodologia Analítica

A leitura da atividade isotópica retida em cada filtro (equivalente à quantidade de C^{14} assimilado pelas células fitoplanctônicas) foi realizada em detector de cintilação (cintilador líquido - TriCarb 4910 TR) no laboratório de Radioquímica, Divisão de Oceanografia Química do Instituto de Estudos do Mar Alte. Paulo Moreira (IEAPM).

Cada filtro foi colocado com auxílio de uma pinça em um vial de 20 mL com 7 mL de líquido de cintilação (Insta-Gel® Plus), com cuidado para não ficar aderido às paredes do vial. As amostras foram deixadas no líquido de cintilação por 24 h, e posteriormente foram acondicionadas no cintilador líquido para leitura.

IV.5.2.3 – Metodologia de Tratamento de Dados

Para obtenção dos parâmetros fotossintéticos (P_{max} , alfa e beta) (Figura IV.5.2.3-1, painel esquerdo), os ajustes das curvas de fotossíntese-luz (Figura IV.5.2.3-1, painel direito) foram feitos de acordo com os modelos empíricos de Jassby e Platt (1976), utilizando regressão não linear, do programa STATISTICA versão 7.0 (Statsof.Inc.).

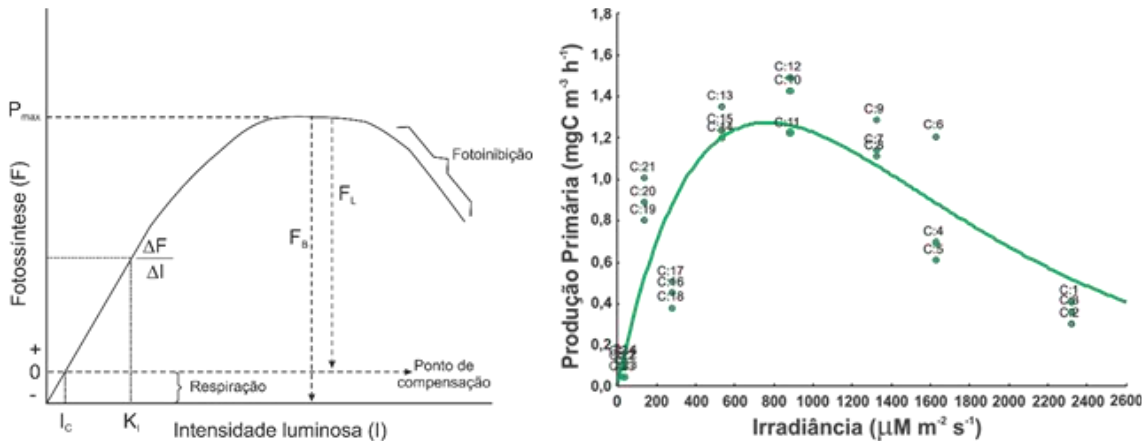


Figura IV.5.2.3-1 - (painel esquerdo - adaptado de Lalli e Parsons, 1997) Modelo de resposta da fotossíntese (F) em respostas às mudanças na intensidade luminosa (I), onde: I_c - iluminação de compensação; K_i - constante de meia saturação; P_{max} - fotossíntese máxima; F_B - fotossíntese bruta; F_L - Fotossíntese líquida; (painel direito) ilustração de um ajuste de curva fotossíntese x luz de acordo com Jassby and Platt, (1976).

Após verificar que os dados ora apresentados não têm distribuição normal, e em função do número de observações, testes estatísticos não paramétricos foram escolhidos para as análises estatísticas subsequentes.

Via de regra, as maiores taxas de produtividade não ocorrem na superfície (100% de luz incidente), em decorrência de fotoinibição na superfície, e sim em profundidades correspondentes a uma iluminação variável de sub-superfície (no presente estudo, iluminações relativas a profundidades entre 2 e 16 m). Dessa forma, os valores de produtividade primária de cada estação, para as comunidades fitoplanctônicas dos dois estratos (superfície e PF) foram descritos para a superfície ($Pp0m$), PP máxima observada em sub-superfície ($PpSub-Sup$) e PP Integrada ($PpInt$) - produção da zona fótica da coluna d'água (da superfície até a profundidade de 1% da luz incidente) expressa por metro quadrado. Além

disso, para determinar qual comunidade tem a maior contribuição relativa para a produtividade local, também foram testadas as eficiências fotossintéticas na superfície (Pp0m/Clor *a*) e na profundidade de ocorrência da PP máxima observada (PpSub_Sup/Clor *a*).

É importante destacar que as amostras das duas comunidades (superfície e PF) foram divididas em subréplicas e incubadas sob o mesmo gradiente de luz (aproximadamente 0, 1, 5, 10, 30, 50, 65, 75 e 100%), resultando em um ajuste de curva PP-Luz, valores de produtividade primária em cada nível de luz e produção integrada da coluna d'água simulada.

As comparações dos resultados de produtividade primária e eficiência fotossintética entre as estações nos diferentes estratos, áreas e províncias foram feitas através do teste de análise de variâncias não paramétrico de Kruskal-Wallis, com um grau de exigência de 95% ($p < 0,05$). Para tanto foram utilizadas as subréplicas ($n=3$) relativas a PP na superfície (Pp0m), PP máxima observada (PpSub_Sup), PP integrada (PpInt), PP máxima potencial (Pmax) e às eficiências fotossintéticas na superfície (Pp0m/Clor *a*) e na profundidade de ocorrência da PP máxima observada (PpSub_Sup/Clor *a*).

Em adição, para verificar qual comunidade fitoplanctônica (superfície ou profundidade do pico de fluorescência) e província (Plataforma Continental ou Talude) foi a mais produtiva, foi realizado um teste de Mann-Whitney U, com um grau de exigência de 95% ($p < 0,05$).

Além da intensidade luminosa, a estrutura físico-química da coluna d'água (temperatura, salinidade, pH e concentração de nutrientes dissolvidos) é um dos principais fatores moderadores da produtividade primária. O fitoplâncton também é altamente sensível às alterações das condições físico-químicas da coluna d'água. Por esta razão, a fim de explicar as variações na produtividade primária nas diferentes áreas, foi utilizada a Correlação de Spearman, com um grau de exigência de 95% ($p < 0,05$), para verificar a influência das variáveis físico-químicas sobre as variações da PP.

Todos os testes foram feitos no software Statística 7.0 (Statsoft, Inc.).

IV.5.3 – RESULTADOS

IV.5.3.1. Plataforma continental

Produtividade Primária (PP) - nas estações da Plataforma Continental (isóbata de 100 m), a produtividade primária média na superfície (Pp0m) variou entre $0,3 \pm 0,0 \text{ mgC m}^{-3} \text{ h}^{-1}$ em **P100S** e $2,0 \pm 0,2 \text{ mgC m}^{-3} \text{ h}^{-1}$ em **P100N**, enquanto as médias de produtividade primária observadas em profundidades de subsuperfície (PpSub_Sup) variaram entre $0,4 \pm 0,0 \text{ mg C m}^{-3} \text{ h}^{-1}$ em **P100S** e $2,5 \pm 0,6 \text{ mg C m}^{-3} \text{ h}^{-1}$ em **P100N** (Figura IV.5.3.1-1). O mesmo padrão de distribuição, isto é, menores PpSub_Sup em **P100S** e maiores em **P100N**, com **P100C** apresentando valores intermediários, também foi observado no estrato PF (Figura IV.5.3.1-1). As taxas médias de fixação de carbono para o PF variaram entre 0,05 e 0,12 $\text{mg C m}^{-3} \text{ h}^{-1}$ (Pp0m e PpSub_Sup, respectivamente) em **P100S**, e 1,6 e 1,9 $\text{mgC m}^{-3} \text{ h}^{-1}$ (Pp0m e PpSub_Sup, respectivamente) em **P100N** (Figura IV.5.3.1-1; Tabela IV.5.3.1-1).

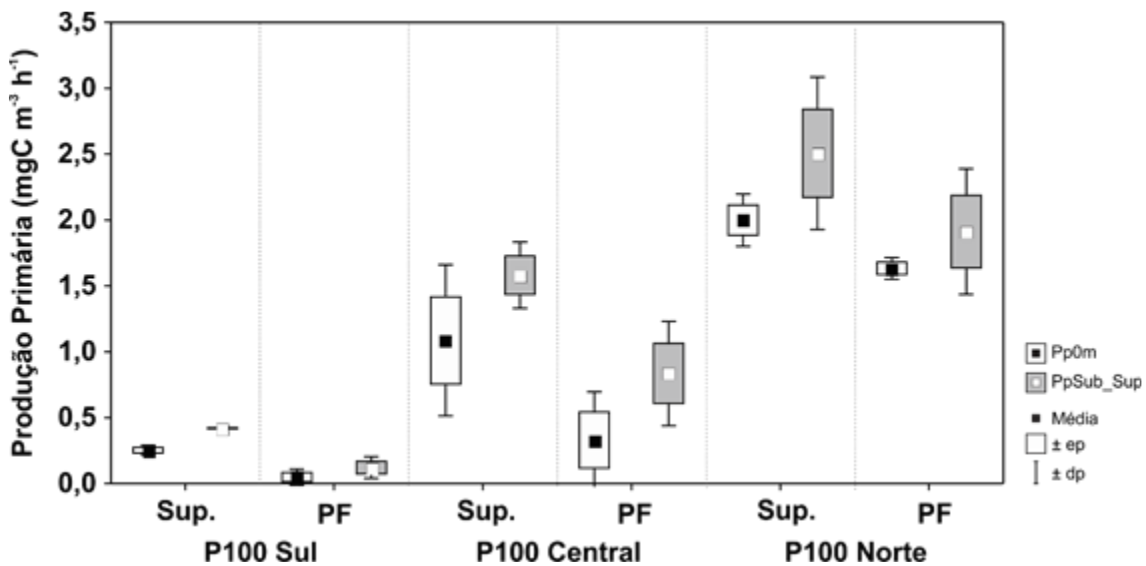


Figura IV.5.3.1-1 - Produtividade primária média (\pm erro padrão [ep]; \pm desvio padrão [dp]) nos dois estratos (superfície [Sup.] e profundidade do pico de fluorescência [PF]) nas três áreas (Sul, Centro e Norte) sobre a Plataforma Continental.

Tabela IV.5.3.1-1 – Valores médios (média e mediana), valores mínimos e máximos, desvio padrão (Desv. Pad.) e coeficiente de variação (Coef. Var.) da produtividade primária ($\text{mgC m}^{-3} \text{h}^{-1}$) nos dois estratos das três áreas (Sul, Centro e Norte) sobre a Plataforma Continental.

Área	Parâmetro	N	Superfície					
			Mínimo	Máximo	Média	Mediana	Desv. Pad.	Coef. Var.
Sul	Pp0m	3	0,20	0,30	0,30	0,20	0,04	14,70
	PpSub_Sup	3	0,40	0,40	0,40	0,40	0,01	1,10
	PP Int.	3	8,40	11,80	9,80	9,30	1,75	17,80
	Pp0m/Clor.a	3	3,00	4,00	3,40	3,30	0,51	14,70
	PpSub_Sup/Clor.a	3	5,60	5,80	5,70	5,70	0,06	1,10
Centro	Pp0m	3	0,42	1,42	1,09	1,42	0,57	52,76
	PpSub_Sup	3	1,39	1,87	1,58	1,49	0,25	15,94
	PP Int.	3	15,31	44,60	30,22	30,76	14,65	48,48
	Pp0m/Clor.a	3	6,90	23,04	17,65	23,01	9,31	52,76
	PpSub_Sup/Clor.a	3	22,51	30,31	25,69	24,24	4,09	15,94
Norte	Pp0m	3	1,80	2,19	2,00	2,01	0,20	9,92
	PpSub_Sup	3	1,91	3,07	2,51	2,54	0,58	23,10
	PP Int.	3	27,31	95,95	71,16	90,22	38,09	53,52
	Pp0m/Clor.a	3	11,50	14,04	12,79	12,84	1,27	9,92
	PpSub_Sup/Clor.a	3	12,23	19,62	16,04	16,27	3,70	23,10
Pico de Fluorescência								
Sul	Pp0m	3	0,00	0,12	0,05	0,03	0,06	125,90
	PpSub_Sup	3	0,03	0,17	0,12	0,16	0,08	67,10
	PP Int.	3	0,47	4,25	2,88	3,92	2,09	72,60
	Pp0m/Clor.a	3	0,00	0,68	0,28	0,16	0,36	125,90
	PpSub_Sup/Clor.a	3	0,16	1,01	0,71	0,96	0,48	67,10
Centro	Pp0m	3	0,10	0,70	0,30	0,20	0,40	112,00
	PpSub_Sup	3	0,40	1,20	0,80	0,90	0,40	47,00
	PP Int.	3	4,60	18,80	12,90	15,40	7,40	58,00
	Pp0m/Clor.a	3	1,70	21,80	9,60	5,20	10,70	112,00
	PpSub_Sup/Clor.a	3	11,90	34,60	24,30	26,50	11,50	47,00
Norte	Pp0m	3	1,58	1,73	1,63	1,60	0,08	5,05
	PpSub_Sup	3	1,47	2,41	1,91	1,86	0,48	24,93
	PP Int.	3	24,40	74,92	54,65	64,63	26,70	48,85
	Pp0m/Clor.a	3	9,10	9,98	9,43	9,21	0,48	5,05
	PpSub_Sup/Clor.a	3	8,46	13,94	11,04	10,72	2,75	24,93

Legenda: Superfície- (Pp0m); máximas observadas em sub-superfície (PpSub_Sup); produção primária integrada (PP Int - mgC m^{-2}); eficiência fotossintética ($\text{mgC mgClo-a m}^{-3} \text{h}^{-1}$)

Na comparação entre as regiões, só houve diferença significativa entre a Pp0m e PpSub_Sup, tanto no estrato superficial quanto no PF, entre as amostras de **P100N** e **P100S** (Kruskal-Wallis, $p < 0,05$; Comparações múltiplas, $p < 0,05$) (Tabela IV.5.3.1-2). Em contraste, na comparação entre os estratos (superfície x PF), não houve diferença significativa na produtividade (Kruskal-Wallis, $p > 0,05$).

Tabela IV.5.3.1-2 – Resultados dos testes Kruskal-Wallis com comparações múltiplas (valor Z) para a produtividade primária ao nível de 100% de luz (Pp0m) e produtividade primária máxima observada em iluminação de sub-superfície (PpSub_Sup), nas três áreas (Sul, Centro e Norte), nos dois estratos (Superfície e Profundidade do Pico de Fluorescência - PF) sobre a Plataforma Continental.

Produtividade Primária - Plataforma						
Kruskal-Wallis: H (2, N = 9) = 7,200, p = 0,027						
Comparações múltiplas						
Pp0m	P100S	P100C	P100N	P100S	P100C	P100N
	R: 2,00	R: 5,00	R: 8,00	R: 2,00	R: 5,00	R: 8,00
	Z	Z	Z	p	p	p
Superfície	P100S					
	P100C	1,34		0,54		
	P100N	2,68	1,34	0,02	0,54	
Kruskal-Wallis: H (2, N= 9) = 7,20, p = 0,027						
Comparações múltiplas						
PpSub_Sup	P100S	P100C	P100N	P100S	P100C	P100N
	R: 2,00	R: 5,00	R: 8,00	R: 2,00	R: 5,00	R: 8,00
	Z	Z	Z	p	p	p
PF	P100S					
	P100C	1,34		0,89		
	P100N	2,53	1,49	0,03	0,41	
Kruskal-Wallis: H (2, N= 9) = 6,49, p = 0,039						
Comparações múltiplas						
Pp0m	P100S	P100C	P100N	P100S	P100C	P100N
	R: 2,33	R: 4,67	R: 8,00	R: 2,33	R: 4,66	R: 8,00
	Z	Z	Z	p	p	p
PpSub_Sup	P100S					
	P100C	1,34		0,54		
	P100N	2,68	1,34	0,02	0,54	

Valores em negrito e fonte em destaque denotam diferenças significativas ($p < 0,05$)

Produção Primária Integrada (PPint) - Ao considerar produção primária integrada média de cada estação (PPint), verificou-se que estas seguiram as mesmas tendências da distribuição horizontal da produtividade primária, isto é, sobre a Plataforma Continental, a estação **P100N** foi a mais produtiva, tanto na amostra de superfície ($71,2 \pm 38,1 \text{ mgC m}^{-2}$), quanto na amostra do PF ($54,7 \pm 26,7 \text{ mgC m}^{-2}$). A PPint da **P100N** foi significativamente maior (Kruskal-Wallis,

$p < 0,05$, comparações múltiplas, $p < 0,05$) do que na **P100S** na superfície ($9,8 \pm 1,8 \text{ mgC m}^{-2}$). Embora alguns valores médios absolutos sejam maiores que outros (Tabela IV.5.3.1-1), as diferenças observadas entre a PPint nas outras amostras (superfície e PF) não foram significativas (Kruskal-Wallis, $p > 0,05$) (Figura IV.5.3.1-2 Tabela IV.5.3.1-3).

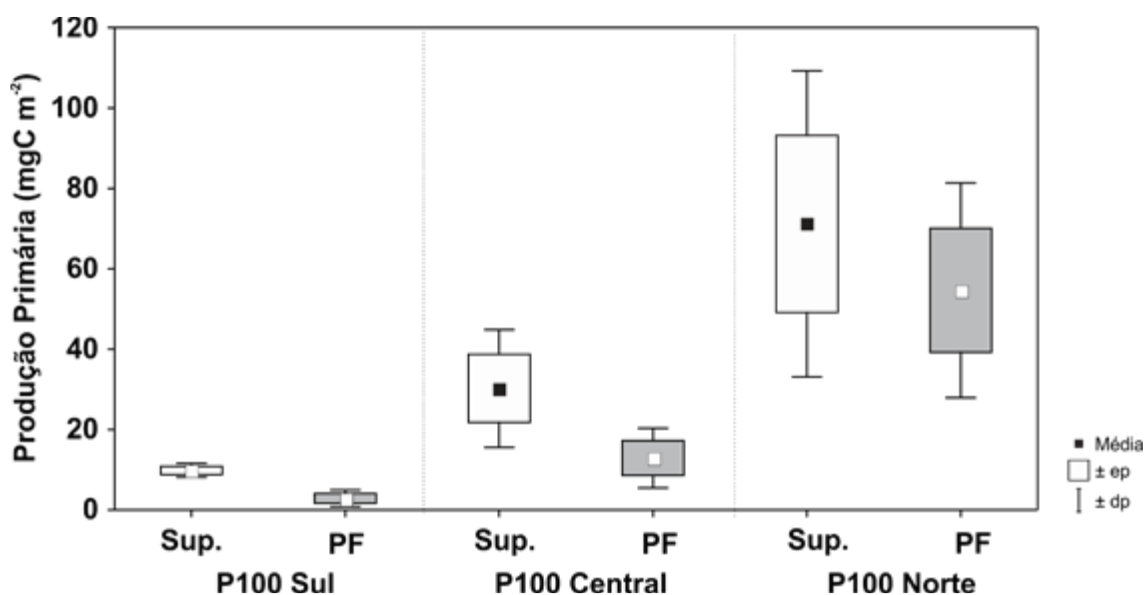


Figura IV.5.3.1-2 - Produção primária integrada média (\pm Erro padrão [ep]; \pm Desvio Padrão [dp]) nos dois estratos (superfície [Sup.] e profundidade do pico de fluorescência [PF]) nas três áreas (Sul, Centro e Norte) sobre a Plataforma Continental.

Tabela IV.5.3.1-3 – Resultados dos testes Kruskal-Wallis com comparações múltiplas (valor Z) para a produtividade primária integrada nas três áreas (Sul, Centro e Norte), nos dois estratos (Superfície e Profundidade do Pico de Fluorescência - PF) sobre a Plataforma Continental.

Produção Primária Integrada - Plataforma						
Kruskal-Wallis: H (2, N = 9) = 5,96, p = 0,051						
Comparações múltiplas						
PpInt	P100S	P100C	P100N	P100S	P100C	P100N
	R: 2,00	R: 5,67	R: 7,33	R: 2,00	R: 5,67	R: 7,33
	Z	Z	Z	p	p	p
P100S						
P100C	1,64			0,30		
P100N	2,39	0,75		0,05	1,00	

Valores em negrito e fonte em destaque denotam diferenças significativas ($p < 0,05$)

Eficiência fotossintética (PP/Clo-a) - quanto à produtividade primária efetuada por unidade de biomassa fitoplanctônica (Clorofila a), isto é, miligrama de Carbono fixado por mg de Clorofila a ($\text{mgC mgClo}^{-1} \text{m}^{-3} \text{h}^{-1}$), considerando a Pp0m e a PpSub_Sup observada nos estratos de cada estação sobre a Plataforma Continental, as maiores razões PP/Clo-a foram observadas na estação **P100C**, tanto na superfície ($\text{Pp0m} = 17,7 \pm 9,3$ e $\text{PpSub_Sup} = 25,7 \pm 4,1 \text{ mgC mgClo}^{-1} \text{m}^{-3} \text{h}^{-1}$) quanto na PF ($\text{Pp0m} = 9,6 \pm 10,7$ e $\text{PpSub_Sup} = 24,3 \pm 11,5 \text{ mgC mgClo}^{-1} \text{m}^{-3} \text{h}^{-1}$) (Tabela IV.5.3.1-1).

Contudo, considerando apenas a Pp0m, a diferença entre a eficiência fotossintética em **P100C** e nas demais estações (**P100S** = $3,4 \pm 0,5$ e $0,3 \pm 0,4 \text{ mgC mgClo}^{-1} \text{m}^{-3} \text{h}^{-1}$; **P100N** = $12,4 \pm 1,3$ e $9,4 \pm 0,5 \text{ mgC mgClo}^{-1} \text{m}^{-3} \text{h}^{-1}$, superfície e PF, respectivamente) não foi significativa (Kruskal-Wallis, $p > 0,05$). Entretanto, ao fazer a mesma comparação usando somente a PpSub_Sup, os valores de PpSub_Sup/Clo-a de **P100C** foram maiores (Kruskal-Wallis, $p < 0,05$, Comparações múltiplas, $p < 0,05$) do que os de **P100S**, tanto na superfície ($5,7 \pm 0,1 \text{ mgC mgClo}^{-1} \text{m}^{-3} \text{h}^{-1}$), quanto na PF ($11,0 \pm 2,8 \text{ mgC mgClo}^{-1} \text{m}^{-3} \text{h}^{-1}$). Já em relação a **P100N**, em ambos os estratos (superfície = $16,0 \pm 3,7$; PF = $11,0 \pm 2,6 \text{ mgC mgClo}^{-1} \text{m}^{-3} \text{h}^{-1}$), a diferença não foi significativa (Kruskal-Wallis, $p > 0,05$, comparações múltiplas, $p > 0,05$) (Tabela IV.5.3.1-4).

Tabela IV.5.3.1-4 – Resultados dos testes Kruskal-Wallis com comparações múltiplas (valor Z) para a eficiência fotossintética nas três áreas (Sul, Centro e Norte), nos dois estratos (Superfície e Profundidade do Pico de Fluorescência - PF) sobre a Plataforma Continental.

Eficiência Fotossintética - Plataforma							
Kruskal-Wallis: H (2, N= 9) = 5,60, p = 0,06							
Comparações múltiplas							
		P100S	P100C	P100N	P100S	P100C	P100N
		R: 2,00	R: 7,00	R: 6,00	R: 2,00	R: 7,00	R: 6,00
		Z	Z	Z	p	p	p
Superfície	P100S						
	P100C	2,24			0,08		
	P100N	1,79	0,45		0,22	1,00	
Kruskal-Wallis: H (2, N= 9) = 7,20, p = 0,027							
Comparações múltiplas							
		P100S	P100C	P100N	P100S	P100C	P100N
		R: 2,00	R: 8,00	R: 5,00	R: 2,00	R: 5,00	R: 8,00
		Z	Z	Z	p	p	p
Superfície	P100S						
	P100C	2,68			0,02		
	P100N	1,34	1,34		0,54	0,54	
Kruskal-Wallis: H (2, N= 9) = 5,60, p = 0,06							
Comparações múltiplas							
		P100S	P100C	P100N	P100S	P100C	P100N
		R: 2,00	R: 6,00	R: 7,00	R: 2,00	R: 6,00	R: 7,00
		Z	Z	Z	p	p	p
PF	P100S						
	P100C	1,79			0,22		
	P100N	2,24	0,45		0,08	1,00	
Kruskal-Wallis: H (2, N= 9) = 6,49, p = 0,04							
Comparações múltiplas							
		P100S	P100C	P100N	P100S	P100C	P100N
		R: 2,00	R: 7,67	R: 5,33	R: 2,00	R: 7,67	R: 5,33
		Z	Z	Z	p	p	p
PF	P100S						
	P100C	2,53			0,03		
	P100N	1,49	1,04		0,41	0,89	

Valores em negrito e fonte em destaque denotam diferenças significativas ($p < 0,05$)

Produtividade Primária Potencial Máxima (Pmax) - Os ajustes de curvas de PP/Clo-a x Luz fornecem uma estimativa de produção primária máxima potencial (Pmax) para uma dada conjuntura ambiental. No caso da Plataforma Continental, a Pmax na superfície variou entre 0,5 e 11,6 mgC m⁻³ h⁻¹ (P100S e P100C, respectivamente). Na profundidade do pico de fluorescência a Pmax da Plataforma Continental variou entre 0,2 e 2,9 mgC m⁻³ h⁻¹ (Tabela IV.5.3.1-5).

Tabela IV.5.3.1-5 – Produtividade Primária Potencial Máxima (P_{max} - $mgC\ m^{-3}\ h^{-1}$) e os parâmetros de ajuste do modelo não linear de produção primária em função da radiação luminosa fotossinteticamente ativa (PAR) nos dois estratos das três áreas sobre a Plataforma Continental.

Área	Estrato	Pmax			R	Variância Explicada (%)
		($mgC\ m^{-3}\ h^{-1}$)	alfa	beta		
Sul	Superfície	0,51	0,00	0,00	0,70	66%
	PF	0,18	0,01	0,00	0,84	70%
Centro	Superfície	11,56	0,01	0,01	0,95	90%
	PF	1,58	0,01	0,00	0,91	83%
Norte	Superfície	4,87	0,01	0,00	0,97	93%
	PF	2,94	0,01	0,00	0,95	90%

Correlações com nutrientes inorgânicos dissolvidos - Dado o número pequeno de observações, as correlações foram feitas por estrato (superfície e profundidade do pico de fluorescência) da Plataforma.

Na superfície, a PP (Pp0m e PpSub_Sup) e a PPint foram significativas ($p < 0,05$) e positivamente correlacionadas com temperatura, salinidade e N Total (soma das três formas de Nitrogênio - NO_3 , NO_2 e NH_3), e negativamente correlacionadas com fósforo (P) total. Um ponto relevante foi a forte correlação positiva ($r = 0,87$) da biomassa fitoplanctônica com NO_3 e negativa com fosfato total (PO_4 Tot) ($r = -0,87$) (Tabela IV.5.3.1-6).

Na profundidade do pico de fluorescência, a forte correlação positiva entre PP (Pp0m e PpSub_Sup) e PPint com N total e a correlação negativa com o P total se mantiveram, ao passo que nesta profundidade também houve uma forte correlação negativa com PO_4 (Tabela IV.5.3.1-6). Em ambos os estratos, superfície e pico de fluorescência, houve forte correlação entre a PP e a PPint com a razão N:P total (Tabela IV.5.3.1-6).

Tabela IV.5.3.1-6 – Resultados das correlações (Spearman) entre Produtividade Primária e os parâmetros físico-químicos medidos nas estações sobre a **Plataforma Continental**, nas diferentes profundidades. Valores em negrito e fonte em destaque denotam correlações significativas ($p < 0,05$).

Parâmetro	N	Superfície					
		Pp0m	PpSub_Sup	Pp0m/Clor.a	PpSub_Sup/Clor.a	PP Int.	Clor.a
Clorfila a	9	0,47	0,47	-0,16	-0,47	0,26	1,00
Temperatura	9	0,95	0,95	0,63	0,47	0,84	0,50
Salinidade	9	0,95	0,95	0,63	0,47	0,84	0,50
pH CTD	9	-0,95	-0,95	-0,63	-0,47	-0,84	-0,50
NO ₃	9	0,82	0,82	0,27	0,00	0,64	0,87
NO ₂	9						
NH ₃	9	0,47	0,47	0,79	0,95	0,58	-0,50
Ntot	9	0,95	0,95	0,63	0,47	0,84	0,50
PO ₄	9	-0,47	-0,47	0,16	0,47	-0,26	-1,00
PO ₄ Tot	9	-0,82	-0,82	-0,27	0,00	-0,64	-0,87
Razão	9	0,47	0,47	-0,16	-0,47	0,26	1,00
Razão Tot	9	0,95	0,95	0,63	0,47	0,84	0,50

Parâmetro	N	Pico de Fluorescência					
		Pp0m	PpSub_Sup	Pp0m/Clor.a	PpSub_Sup/Clor.a	PP Int.	Clor.a
Clorfila a	9	0,53	0,47	0,16	-0,37	0,47	1,00
Temperatura	9	-0,37	-0,47	-0,63	-0,90	-0,47	0,50
Salinidade	9	-0,37	-0,47	-0,63	-0,90	-0,47	0,50
pH CTD	9	-0,90	-0,95	-0,79	-0,53	-0,95	-0,50
NO ₃	9	0,53	0,47	0,16	-0,37	0,47	1,00
NO ₂	9	-0,5	-0,5	-0,2	0,4	-0,5	-1,00
NH ₃	9	-0,53	-0,47	-0,16	0,37	-0,47	-1,00
Ntot	9	0,90	0,95	0,79	0,53	0,95	0,50
PO ₄	9	-0,90	-0,95	-0,79	-0,53	-0,95	-0,50
PO ₄ Tot	9	-0,90	-0,95	-0,79	-0,53	-0,95	-0,50
Razão	9	0,90	0,95	0,79	0,53	0,95	0,50
Razão Tot	9	0,90	0,95	0,79	0,53	0,95	0,50

IV.5.3.2. Talude

No talude (isóbata de 900 m), a área Sul (**T900S**) também foi a menos produtiva nos dois estratos (Superfície e PF), tanto na Pp0m ($0,5 \pm 0,3$ e $0,1 \pm 0,1$ $\text{mgC m}^{-3} \text{h}^{-1}$, superfície e PF, respectivamente) quanto na PpSub_Sup ($0,7 \pm 0,1$ e $0,3 \pm 0,2$ $\text{mgC m}^{-3} \text{h}^{-1}$, superfície e PF, respectivamente). As maiores taxas de produção foram observadas na área central (**T900C**), com uma Pp0m de $2,9 \pm 0,9$ $\text{mgC m}^{-3} \text{h}^{-1}$ para a superfície e $0,6 \pm 0,3$ $\text{mgC m}^{-3} \text{h}^{-1}$ para a PF; e PpSub_Sup de $3,1 \pm 1,1$ e $0,8 \pm 0,2$ $\text{mgC m}^{-3} \text{h}^{-1}$ na superfície e PF, respectivamente. Já a área Norte (**T900N**), que foi a mais produtiva sobre a Plataforma, apresentou produtividade primária intermediária no Talude (superfície Pp0m = $0,7 \pm 0,1$ $\text{mgC m}^{-3} \text{h}^{-1}$ e PpSub_Sup = $1,0 \pm 0,2$ $\text{mgC m}^{-3} \text{h}^{-1}$; PF Pp0m = $0,2 \pm 0,1$ e $0,3 \pm 0,2$ $\text{mgC m}^{-3} \text{h}^{-1}$) (Figura IV.5.3.2-1; Tabela IV.5.3.2-1).

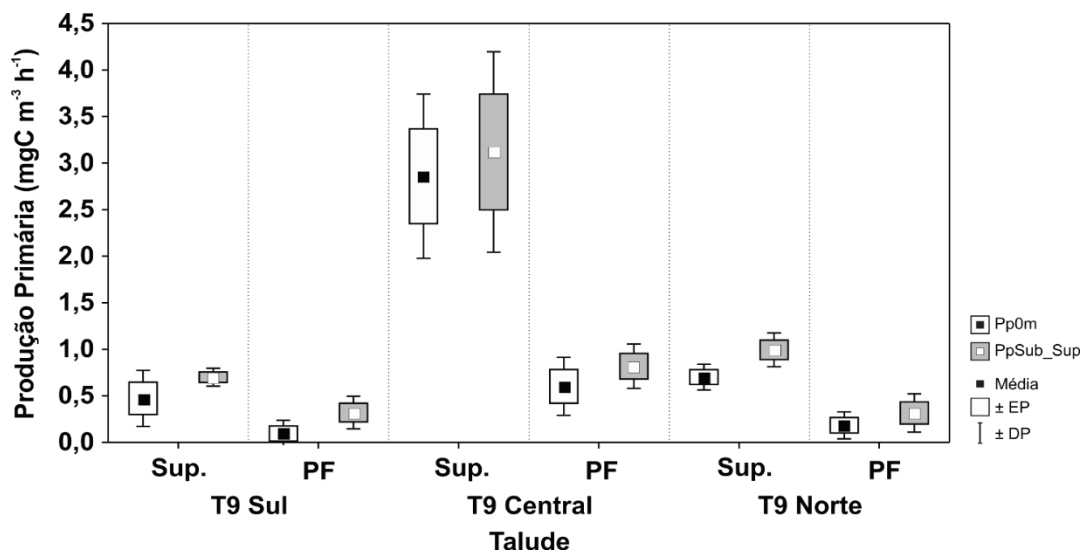


Figura IV.5.3.2-1 - Produção primária média (\pm Erro padrão [ep]; \pm Desvio Padrão [dp]) nos dois estratos (superfície [Sup.] e profundidade do pico de fluorescência [PF]) nas três áreas (Sul, Centro e Norte) sobre o Talude.

Quanto à produtividade primária, a única diferença estatisticamente significativa foi observada em sub-superfície (PpSub_Sup) no estrato superficial das estações **T900C** e **T900S** (Kruskal-Wallis, $p < 0,05$, Comparações múltiplas, $p < 0,05$). Porém, na comparação de Pp0m entre essas duas estações no estrato de superfície, o resultado foi ligeiramente abaixo da significância (Kruskal-Wallis,

$p = 0,051$, Comparações múltiplas, $p = 0,051$). Na profundidade do pico de fluorescência, não houve diferença significativa entre as estações (Kruskal-Wallis, $p > 0,05$) (Tabela IV.5.3.2-2).

Tabela IV.5.3.2-1 – Valores médios (média e mediana), valores mínimos e máximos, desvio padrão (Desv. Pad.) e coeficiente de variação (Coef. Var.) da produtividade primária ($\text{mgC m}^{-3} \text{h}^{-1}$): na superfície (Pp0m) e máximas observadas em sub-superfície (PpSub_Sup); produção primária integrada (PP Int - mgC m^{-2}); eficiência fotossintética ($\text{mgC mgClo-a m}^{-3} \text{h}^{-1}$): na superfície (Pp0m) e máximas observadas em sub-superfície (PpSub_Sup) nos dois estratos das três áreas (Sul, Centro e Norte) sobre o Talude.

Região	Parâmetro	N	Superfície					Coef.Var.
			Mínimo	Máximo	Média	Mediana	Desv. Pad.	
Sul	Pp0m	3	0,13	0,69	0,47	0,60	0,30	63,92
	PpSub_Sup	3	0,59	0,77	0,70	0,74	0,10	13,83
	PP Int.	3	10,32	19,11	13,95	12,41	4,59	32,92
	Pp0m/Clor.a	3	1,77	9,59	6,56	8,31	4,19	63,92
	PpSub_Sup/Clor.a	3	8,20	10,73	9,72	10,24	1,34	13,83
Centro	Pp0m	3	1,95	3,71	2,86	2,93	0,88	30,83
	PpSub_Sup	3	1,88	3,85	3,12	3,63	1,08	34,53
	PP Int.	3	15,88	81,81	57,97	76,21	36,55	63,06
	Pp0m/Clor.a	3	32,69	62,24	48,03	49,17	14,81	30,83
	PpSub_Sup/Clor.a	3	31,61	64,64	52,39	60,93	18,09	34,53
Norte	Pp0m	3	0,61	0,86	0,70	0,64	0,14	19,72
	PpSub_Sup	3	0,88	1,20	0,99	0,90	0,18	18,15
	PP Int.	3	17,80	44,07	31,81	33,58	13,23	41,57
	Pp0m/Clor.a	3	5,05	7,17	5,85	5,32	1,15	19,72
	PpSub_Sup/Clor.a	3	7,35	10,02	8,28	7,49	1,50	18,15
Pico de Fluorescência								
Sul	Pp0m	3	0,01	0,26	0,10	0,02	0,14	147,48
	PpSub_Sup	3	0,15	0,50	0,32	0,32	0,18	54,53
	PP Int.	3	0,98	6,95	3,71	3,21	3,02	81,26
	Pp0m/Clor.a	3	0,04	1,00	0,37	0,08	0,55	147,48
	PpSub_Sup/Clor.a	3	0,57	1,92	1,24	1,24	0,68	54,53
Centro	Pp0m	3	0,25	0,85	0,60	0,70	0,31	51,90
	PpSub_Sup	3	0,55	1,00	0,82	0,91	0,24	29,14
	PP Int.	3	12,18	26,46	17,33	13,35	7,93	45,74
	Pp0m/Clor.a	3	1,29	4,37	3,09	3,60	1,60	51,90
	PpSub_Sup/Clor.a	3	2,81	5,12	4,19	4,66	1,22	29,14
Norte	Pp0m	3	0,09	0,35	0,18	0,11	0,14	78,46
	PpSub_Sup	3	0,12	0,53	0,32	0,30	0,21	65,22
	PP Int.	3	2,95	20,75	10,90	9,01	9,05	82,99
	Pp0m/Clor.a	3	0,60	2,36	1,24	0,76	0,97	78,46
	PpSub_Sup/Clor.a	3	0,79	3,56	2,13	2,02	1,39	65,22

Assim como sobre a Plataforma, não houve diferença entre os estratos quanto a produtividade (Kruskal-Wallis, $p > 0,05$).

Tabela IV.5.3.2-2 – Resultados dos testes Kruskal-Wallis com comparações múltiplas (valor Z) para a produtividade primária ao nível de 100% de luz (Pp0m) e produtividade primária máxima observada em iluminação de sub-superfície (PpSub_Sup), nas três áreas (Sul, Centro e Norte), nos dois estratos (Superfície e Profundidade do Pico de Fluorescência - PF) sobre o Talude.

Produtividade Primária - Talude						
Kruskal-Wallis: H (2, N = 9) = 5,96, p = 0,051						
Comparações múltiplas						
Pp0m	T900S	T900C	T900N	T900S	T900C	T900N
	R: 2,67	R: 8,00	R: 4,33	R: 2,67	R: 8,00	R: 4,33
	Z	Z	Z	p	p	p
Superfície	T900S					
	T900C	2,39		0,05		
	T900N	0,75	1,64	1,00	0,30	
Kruskal-Wallis: H (2, N = 9) = 7,20, p = 0,027						
Comparações múltiplas						
PpSub_Sup	T900S	T900C	T900N	T900S	T900C	T900N
	R: 2,00	R: 8,00	R: 5,00	R: 2,00	R: 8,00	R: 5,00
	Z	Z	Z	p	p	p
PF	T900S					
	T900C	2,68		0,02		
	T900N	1,34	1,34	0,54	0,54	
Kruskal-Wallis: H (2, N = 9) = 3,82, p = 0,148						
Comparações múltiplas						
Pp0m	T900S	T900C	T900N	T900S	T900C	T900N
	R: 3,00	R: 7,33	R: 4,67	R: 3,00	R: 7,33	R: 4,67
	Z	Z	Z	p	p	p
PF	T900S					
	T900C	1,94		0,16		
	T900N	0,75	1,19	1,00	0,70	
Kruskal-Wallis: H (2, N = 9) = 5,42, p = 0,067						
Comparações múltiplas						
PpSub_Sup	T900S	T900C	T900N	T900S	T900C	T900N
	R: 2,00	R: 5,00	R: 8,00	R: 2,00	R: 5,00	R: 8,00
	Z	Z	Z	p	p	p
PF	T900S					
	T900C	1,94		0,16		
	T900N	0,15	2,09	1,00	0,11	

Valores em negrito e fonte em destaque denotam diferenças significativas ($p < 0,05$)

Produção Primária Integrada - quanto a PPint média, a estação mais produtiva sobre Talude foi a **T900C**, tanto na amostra de superfície ($58,0 \pm 36,6$ mgC m⁻²), quanto na amostra do PF ($17,9 \pm 7,9$ mgC m⁻²) (Figura IV.5.3.2-2). Entretanto, a PPint da **T900C** não foi significativamente maior do que na **T900S** ($14,0 \pm 4,6$ mgC m⁻² e **T900N** ($31,8 \pm 13,2$ mgC m⁻²) na superfície e nem na PF, onde a PPint de **T900S** foi $3,7 \pm 3,0$ mgC m⁻² e de **T900N** = $10,9 \pm 9,1$ mgC m⁻² (Kruskal-Wallis, $p > 0,05$) (Tabela IV.5.3.2-3).

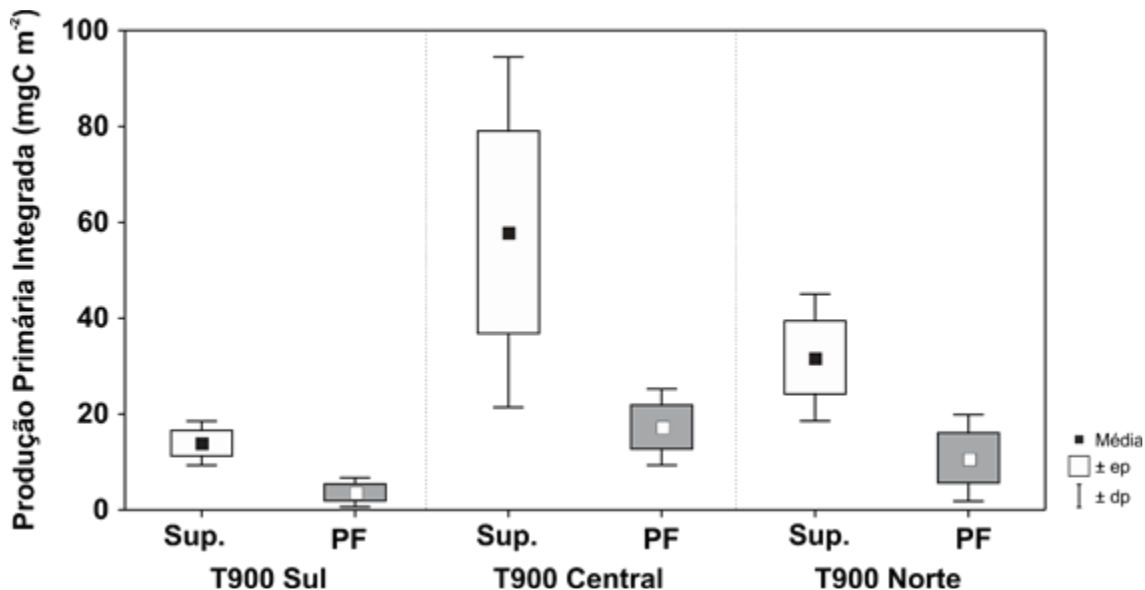


Figura IV.5.3.2-2 - Produção primária integrada média (\pm Erro padrão [ep]; \pm Desvio Padrão [dp]) nos dois estratos (superfície [Sup.] e profundidade do pico de fluorescência [PF]) nas três áreas (Sul, Centro e Norte) sobre o Talude.

Tabela IV.5.3.2-3 – Resultados dos testes Kruskal-Wallis com comparações múltiplas (valor Z) para a produtividade primária integrada nas três áreas (Sul, Centro e Norte), nos dois estratos (Superfície e Profundidade do Pico de Fluorescência - PF), sobre o Talude.

Produção Primária Integrada - Talude						
Kruskal-Wallis: H (2, N= 9) = 3,47, p = 0,177						
Comparações múltiplas						
PpInt	T900S	T900C	T900N	T900S	T900C	T900N
	R: 2,67	R: 6,67	R: 5,67	R: 2,67	R: 6,67	R: 5,67
	Z	Z	Z	p	p	p
T900S						
T900C	1,79			0,22		
T900N	1,34	0,45		0,54	1,00	

Eficiência fotossintética (PP/Clo-a) - assim como observado sobre a Plataforma, as comunidades fitoplanctônicas da área Centro (**T900C**) demonstraram uma maior eficiência fotossintética, tanto em Pp0m quanto em PpSub_Sup, nos dois estratos: superfície (Pp0m/Clo-a = $48,0 \pm 14,8$ e PpSub_Sup = $52,4 \pm 18,1$ mgC mgClo⁻¹ m⁻³ h⁻¹), e PF (Pp0m/Clo-a = $3,1 \pm 1,6$ e PpSub_Sup = $4,2 \pm 1,2$ mgC mgClo⁻¹ m⁻³ h⁻¹). Porém, ao comparar com as outras áreas (**T900S** e **T900N**), a diferença só foi significativa com a área Norte (Kruskal-Wallis, $p < 0,05$; Comparação múltipla, $p < 0,05$) (Tabela IV.5.3.2-4).

Tabela IV.5.3.2-4 – Resultados dos testes Kruskal-Wallis com comparações múltiplas (valor Z) para a eficiência fotossintética nas três áreas (Sul, Centro e Norte), nos dois estratos (Superfície e Profundidade do Pico de Fluorescência - PF) sobre Talude.

Eficiência Fotossintética - Talude						
Kruskal-Wallis: H (2, N= 9) = 5,60, p = 0,061						
Comparações múltiplas						
Pp0m/Clor-a	T900S	T900C	T900N	T900S	T900C	T900N
	R: 4,00	R: 8,00	R: 3,00	R: 4,00	R: 8,00	R: 3,00
	Z	Z	Z	p	p	p
Superfície	T900S					
	T900C	1,79		0,22		
	T900N	0,45	2,24	1,00	0,08	
Kruskal-Wallis: H (2, N= 9) = 6,49, p = 0,039						
Comparações múltiplas						
PpSub_Sup/ Clor-a	T900S	T900C	T900N	T900S	T900C	T900N
	R: 4,67	R: 8,00	R: 2,33	R: 4,67	R: 8,00	R: 2,33
	Z	Z	Z	p	p	p
Superfície	T900S					
	T900C	1,49		0,41		
	T900N	1,04	2,53	0,89	0,03	
Kruskal-Wallis: H (2, N= 9) = 5,07, p = 0,079						
Comparações múltiplas						
Pp0m/Clor-a	T900S	T900C	T900N	T900S	T900C	T900N
	R: 2,67	R: 7,67	R: 4,67	R: 2,67	R: 7,67	R: 4,67
	Z	Z	Z	p	p	p
PF	T900S					
	T900C	2,24		0,08		
	T900N	0,89	1,34	1,00	0,54	
Kruskal-Wallis: H (2, N= 9) = 5,07, p = 0,079						
Comparações múltiplas						
PpSub_Sup/ Clor-a	T900S	T900C	T900N	T900S	T900C	T900N
	R: 2,67	R: 7,67	R: 4,67	R: 2,67	R: 7,67	R: 4,67
	Z	Z	Z	p	p	p
Superfície	T900S					
	T900C	2,24		0,08		
	T900N	0,89	1,34	1,00	0,54	

Valores em negrito e fonte em destaque denotam diferenças significativas ($p < 0,05$)

Produção Primária Potencial Máxima (Pmax) - para o Talude, a Pmax na superfície variou de 1,13 à 4,11 mgC.m⁻³.h⁻¹ (**T900S** e **T900C**, respectivamente). Na profundidade do pico de fluorescência a Pmax variou entre 0,34 e 1,82 mgC m⁻³ h⁻¹ (T900S e T900C, respectivamente) (Tabela IV.5.3.2-5).

Tabela IV.5.3.2-5 – Produtividade Primária Potencial Máxima (Pmax - mgC m⁻³ h⁻¹) e os parâmetros de ajuste do modelo não linear de produção primária em função da radiação luminosa fotossinteticamente ativa (PAR) nos dois estratos das três áreas sobre a Plataforma Continental.

Área	Estrato	Pmax (mgC m ⁻³ h ⁻¹)	alfa	beta	R	Variância Explicada (%)
Sul	Superfície	1,13	0,01	0,00	0,88	77%
	PF	0,34	0,00		0,95	90%
Centro	Superfície	4,11	0,02	0,00	0,86	74%
	PF	1,82	0,02	0,00	0,95	90%
Norte	Superfície	1,57	0,01	0,00	0,90	81%
	PF	0,54	0,00		0,95	91%

Correlações com nutrientes inorgânicos dissolvidos - como não houve amostragem de nutrientes dissolvidos na PF, os testes de correlação foram feitos apenas para a superfície. Neste estrato, as correlações entre a PP (Pp0m e PpSub_Sup) e PP Int. e NO₃ e N Tot. não foram significativas, enquanto a eficiência fotossintética (Pp0m/Clor.a e PpSub_Sup/Clor.a) teve uma correlação negativa significativa, tanto com o NO₃ quanto N Tot (Tabela IV.5.3.2-6). Por outro lado, a correlação entre as medidas de produtividade primária e eficiência fotossintética foi significativamente positiva e forte com o PO₄, mas apenas a eficiência fotossintética foi significativamente correlacionada com o P Tot. Quanto a biomassa fitoplanctônica nesse extrato, a correlação entre Clorofila e PO₄ foi forte, mas negativa (r = -0,95, p < 0,05) (Tabela IV.5.3.2-6).

Tabela IV.5.3.2-6 – Resultados das correlações (Spearman) entre Produtividade Primária e os parâmetros físico-químicos medidos nas estações sobre o **Talude**, nas diferentes profundidades. Valores em negrito e fonte em destaque denotam correlações significativas ($p < 0,05$).

Parâmetro	N	Superfície					
		Pp0m	PpSub_Sup	Pp0m/Clor.a	PpSub_Sup/Clor.a	PP Int.	Clor.a
Clorofila a	9	-0,58	-0,47	-0,79	-0,90	-0,16	1,00
Temperatura	9	-0,84	-0,95	-0,63	-0,53	-0,63	0,50
Salinidade	9	-0,58	-0,47	-0,79	-0,90	-0,16	1,00
pH CTD	9	-0,26	-0,47	0,16	0,37	-0,47	-0,50
NO ₃	9	-0,58	-0,47	-0,79	-0,90	-0,16	1,00
NO ₂	9						
NH ₃	9						
Ntot	9	-0,58	-0,47	-0,79	-0,90	-0,16	1,00
PO ₄	9	0,82	0,82	0,82	0,82	0,46	-0,87
PO ₄ Tot	9	0,58	0,47	0,79	0,90	0,16	-1,00
Razão	9	-0,58	-0,47	-0,79	-0,90	-0,16	1,00
Razão Tot	9	-0,58	-0,47	-0,79	-0,90	-0,16	1,00

IV.5.3.3. Plataforma Continental x Talude

No geral, considerando as áreas amostradas (Plataforma e Talude) quanto sua produtividade primária (Pp0m, PpSub_Sup e PPInt) nos dois estratos, não houve diferenças estatisticamente significativas (Mann-Whitney U, $p > 0,05$) (Figura IV.5.3.3-1).

Embora os resultados não tenham alcançado significância estatística (em virtude do baixo número de observações), em valores absolutos, as maiores taxas de produtividade primária e de produção integrada nas áreas Sul e Centro foram observados sobre o Talude, enquanto na região Norte, a maior produtividade esteve sobre a Plataforma Continental. Além disso, em muitos dos testes, a diferença ficou no limite da significância ($p = 0,05$), tanto na superfície (Figura IV.5.3.3-2), quanto no Pico de Fluorescência (Figura IV.5.3.3-3).

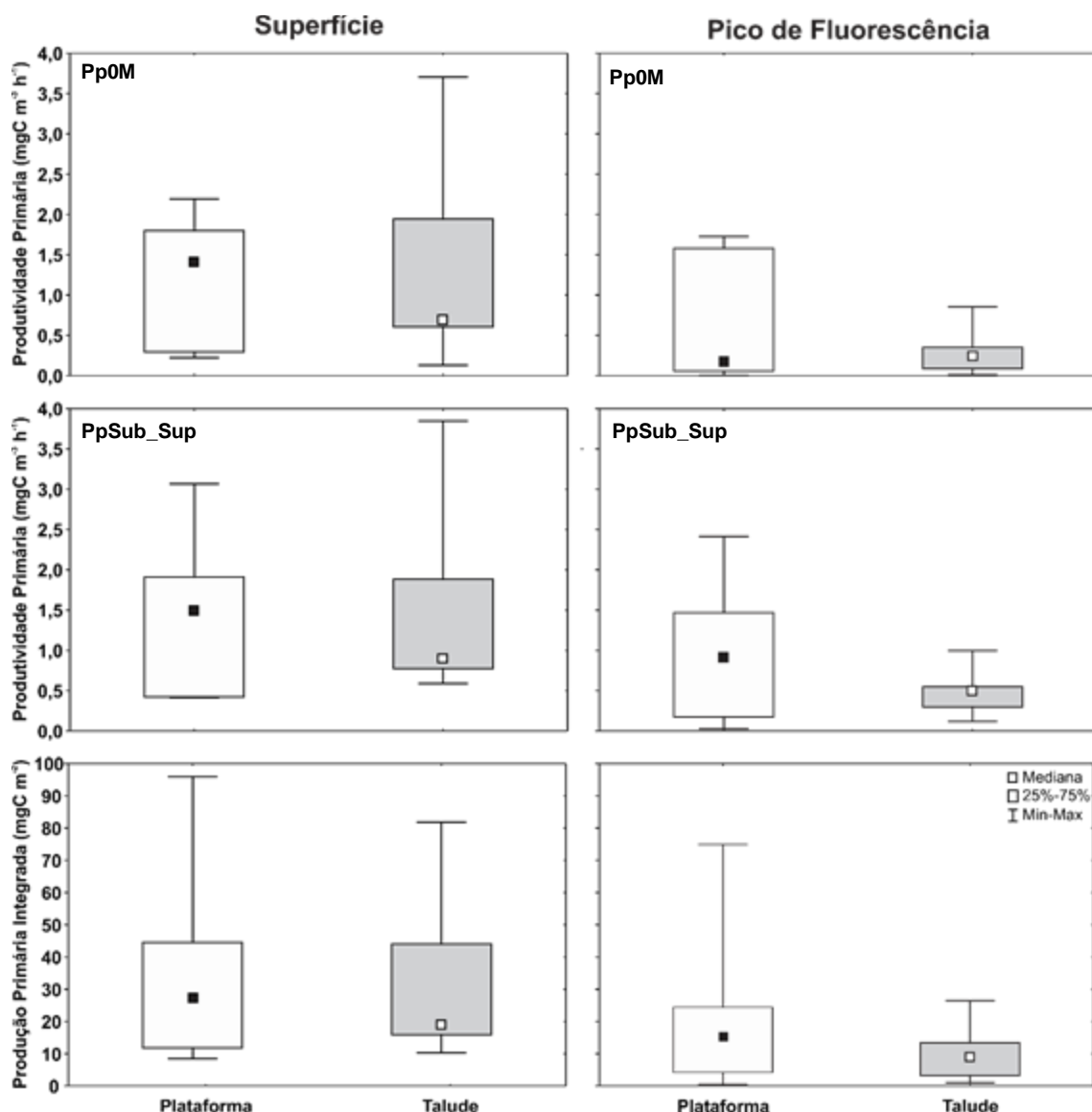


Figura IV.5.3.3-1 - Comparação entre a produtividade primária (Pp0m - **painéis superiores** e PpSub_Sup - **painéis centrais**) e Produção primária integrada (**painéis inferiores**) nos dois estratos (superfície - **painéis esquerdos** e profundidade do pico de fluorescência - **painéis direitos**) sobre a Plataforma Continental e o Talude.

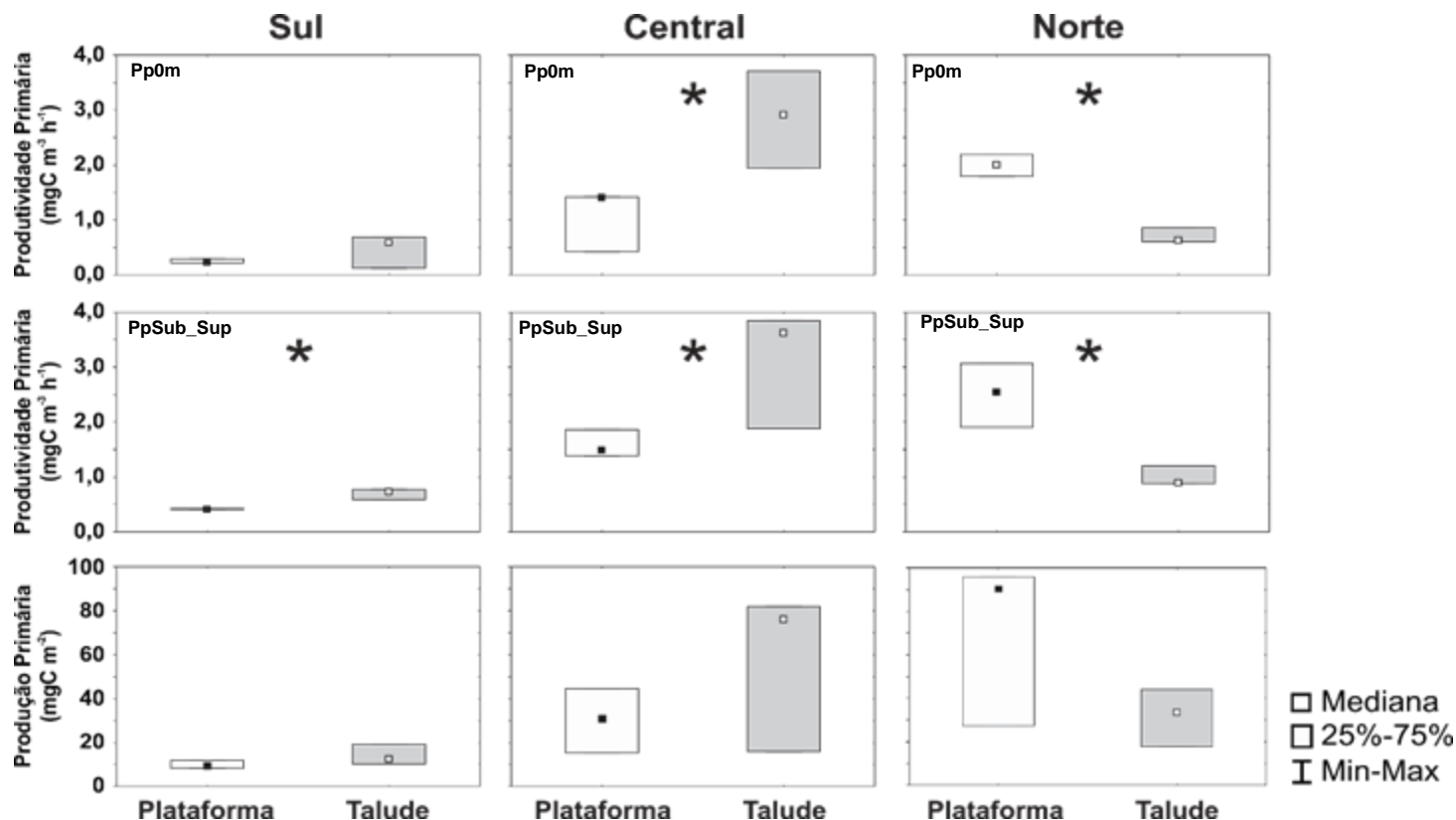


Figura IV.5.3.3-2 - Comparação entre a produtividade primária (Pp0m - **painéis superiores** e PpSub_Sup - **painéis centrais**) e Produção primária integrada (**painéis inferiores**) nas três áreas (Sul - **painéis à esquerda**; Centro - **painéis centrais**; Norte - **painéis à direita**) na superfície sobre a Plataforma Continental e o Talude. * Denota diferenças no limite da significância estatística (Kruskal-Wallis, $p = 0,0495$).

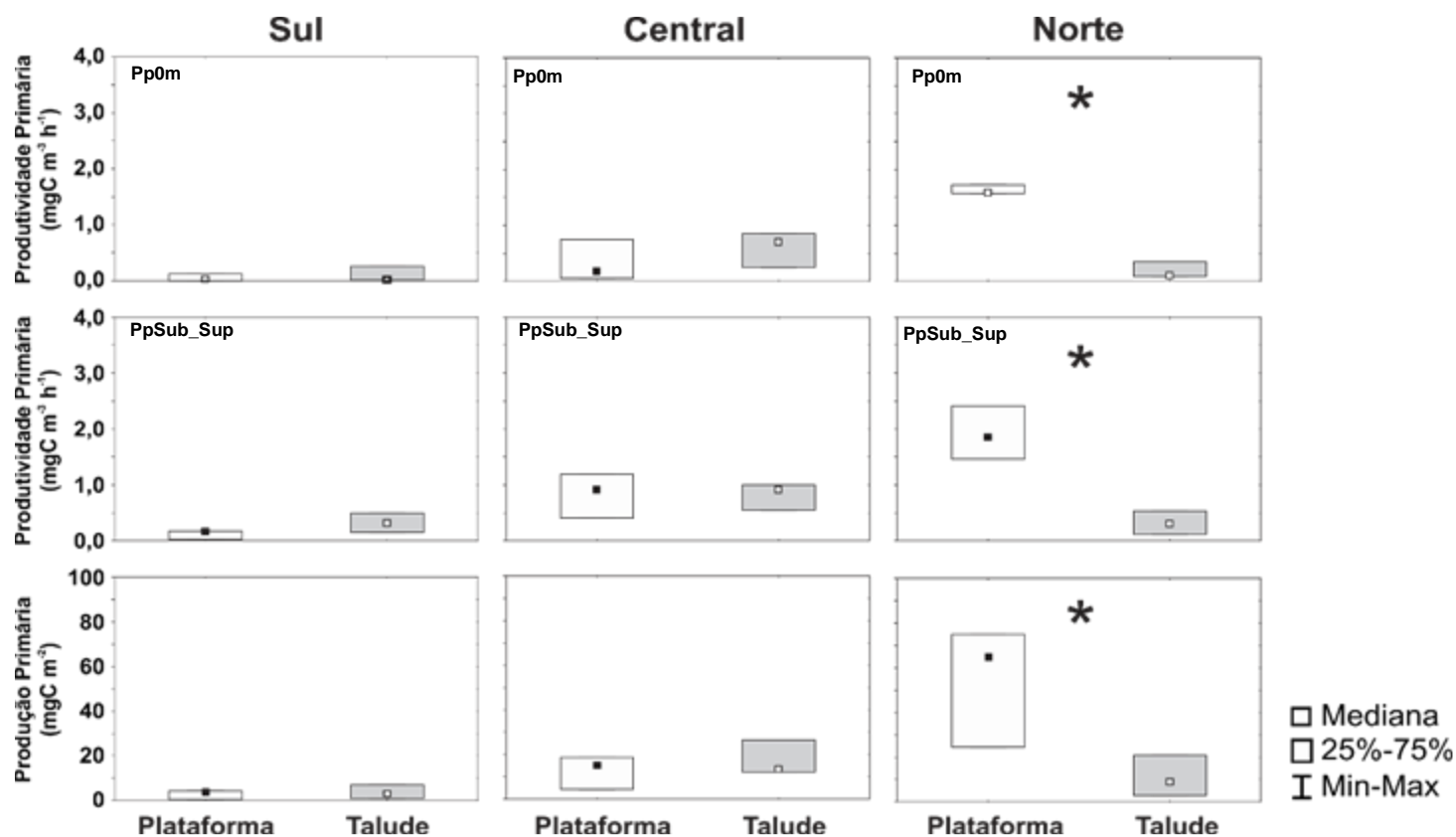


Figura IV.5.3.3-3 - Comparação entre a produtividade primária (Pp0m - painéis superiores e PpSub_Sup - painéis centrais) e Produção primária integrada (painéis inferiores) nas três áreas (Sul - painéis à esquerda; Centro - painéis centrais; Norte - painéis à direita) no pico de fluorescência sobre a Plataforma Continental e o Talude. * Denota diferenças no limite da significância estatística (Kruskal-Wallis, $p = 0,0495$).

Com base nos ajustes de curvas de PP_Luz, no geral, a produtividade primária potencial máxima (Pmax) nas duas províncias foram similares, tanto na superfície quanto no pico de fluorescência, com a área Norte apresentando os maiores valores observados, seguida pelas áreas Centro e Sul (Figura IV.5.3.3-4).

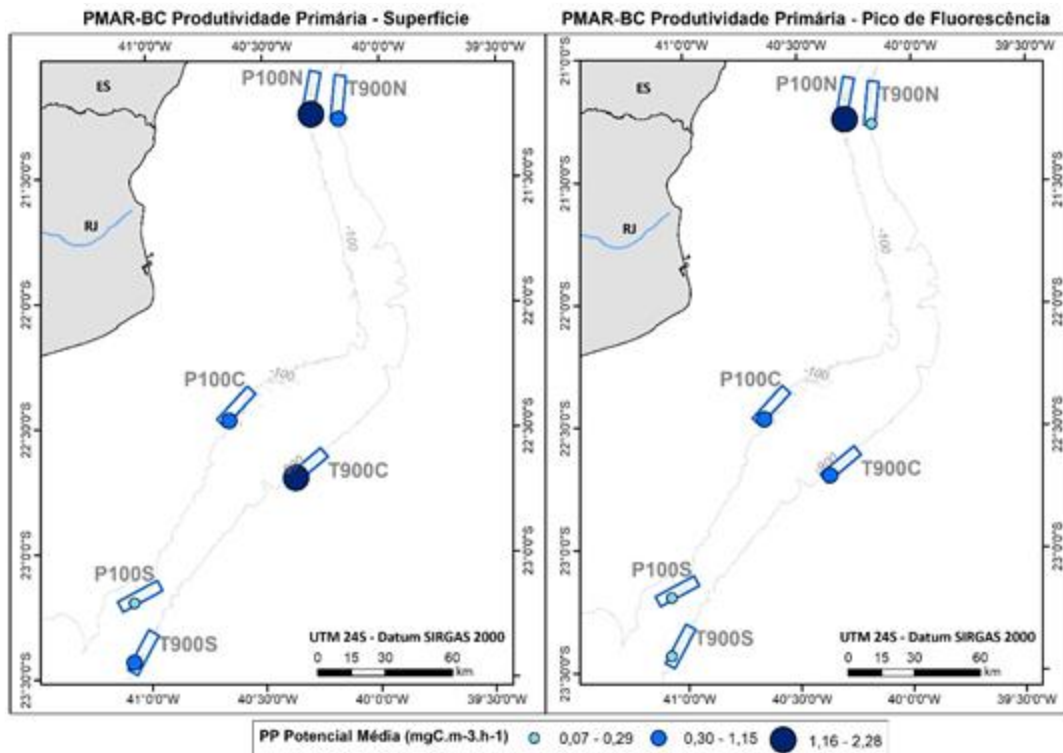


Figura IV.5.3.3-4 – Distribuição da média da produção primária potencial máxima ($\text{mgCm}^{-3}\text{h}^{-1}$) conforme profundidade, na Plataforma Continental e no Talude.

IV.5.3.4. Comparações PMAR-BC x PCR-BC/HABITATS

Ao comparar o potencial produtivo (P_{max}) da Bacia de Campos durante os dois monitoramentos, 1ª campanha do PMAR-BC e no PCR-BC/HABITATS, no geral, foi observada diferença significativa na dispersão das amostras dos dois projetos (PERMDISP, $F = 5,499$, $p = 0,012$), mas não na localização destes pontos (PERMANOVA, Pseudo- $F = 0,988$, $p = 0,335$). Isto indica que a variação de valores do PMAR-BC (dispersão) foi maior que a do PCR-BC, mas os dados não apresentam diferenças de locação (Figura IV.5.3.4-1). Os dados foram insuficientes para comparar, par a par, os resultados para as províncias e áreas nesses dois projetos.

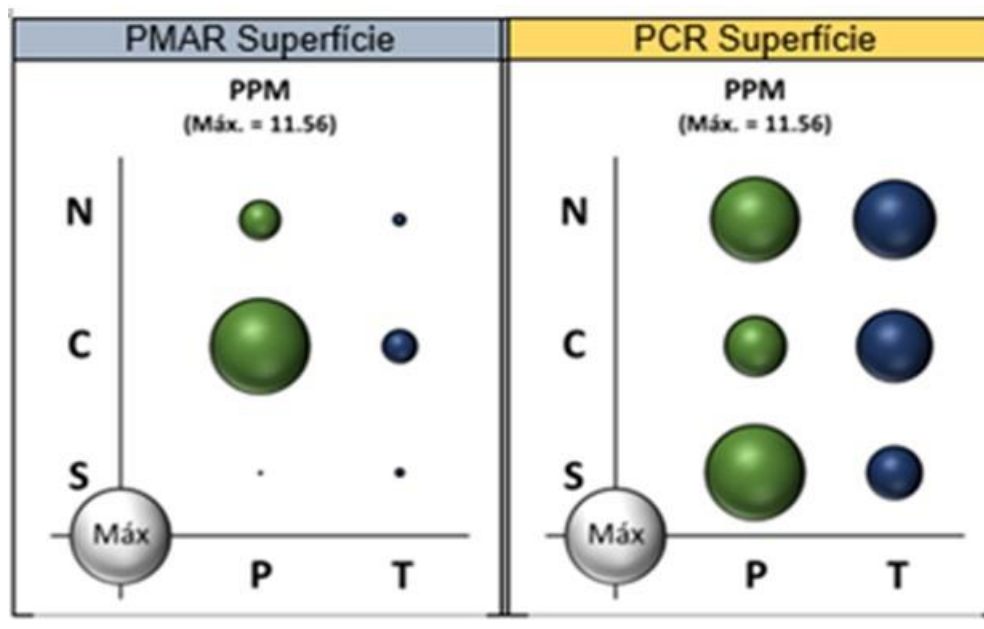


Figura IV.5.3.4-1 - Comparação entre a produtividade primária potencial máxima (P_{max} - $mgCm^{-3}h^{-1}$) estimada durante a 1ª campanha do PMAR-BC (**painel esquerdo**) e no PCR-BC (**painel direito**), por área (Norte - N, Centro - C e Sul - S) e província (Plataforma - P e Talude - T).

IV.5.4 – DISCUSSÃO

A região estudada tem características predominantemente oligotróficas (Suzuki *et al.*, 2015), isto é, baixas concentrações de nutrientes inorgânicos dissolvidos, grande disponibilidade de luz (alta irradiação solar e transparência da água), baixa biomassa fitoplanctônica e conseqüente baixa produtividade primária (Barlow *et al.* 2002; Carreto *et al.* 2008). Nessa região, estas características se alteram quando ocorre a intrusão da Água Central do Atlântico Sul (ACAS), que traz nutrientes para águas costeiras da Plataforma Continental da Bacia de Campos, especialmente nas regiões de Cabo Frio e Cabo de São Tomé (Castro e Miranda, 1998; Calado *et al.*, 2010) e, mais ao Norte, com a influência da foz do rio Paraíba do Sul, que carrega nutrientes, material particulado e poluição para as águas costeiras da região.

O fenômeno de ressurgência da ACAS é mais comum durante a estação seca (setembro - fevereiro), quando as condições meteorológicas são mais favoráveis, apresentando prevalência de ventos de quadrante N-NE e baixa frequência de frentes frias. No período chuvoso (março - julho), as condições são normalmente desfavoráveis à ressurgência e, por isso, a condição oligotrófica descrita acima é mais comum (Castro e Miranda, 1998; Calado *et al.*, 2010, Gonzalez-Rodriguez *et al.* 2017).

As condições oligotróficas foram as predominantes durante as duas pernas de coletas do presente estudo, o que é confirmado pela alta temperatura ($26,4 \pm 3,1$ °C) e a salinidade média ($37,0 \pm 0,5$) das águas superficiais e também no PF ($23,0 \pm 3,0$ °C; $36,7 \pm 0,3$), características da Água Tropical (Castro Filho *et al.*, 2015). O padrão típico de distribuição vertical dos nutrientes dissolvidos ao longo da Bacia de Campos, com valores muito baixos de nutrientes dissolvidos nas camadas superficiais, influência da Água Tropical (Suzuki *et al.*, 2017), também confirma a predominância de condições oligotróficas.

Refletindo as características descritas acima, a produtividade primária na região amostrada foi modesta, o maior valor observado ($3,1 \text{ mgC}\cdot\text{m}^{-3}\cdot\text{h}^{-1}$) foi cinco vezes menor que o observado durante o PCR-BC/HABITATS. Considerando as duas campanhas do PCR-BC/HABITATS (período seco e chuvoso) a PP variou entre 0,33 e $14,98 \text{ mgC}\cdot\text{m}^{-3}\cdot\text{h}^{-1}$ nos períodos

compreendidos entre março e abril (período chuvoso) e agosto e setembro (período seco) de 2009 (Gonzalez-Rodriguez *et al.* 2017).

Ainda comparando com os resultados medidos durante as campanhas do PCR-BC/HABITATS, os maiores valores, tanto na superfície quanto na 2ª profundidade (pico de fluorescência), foram medidos sobre a Plataforma Continental (superfície = $6,1 \pm 2,8$ e segunda profundidade = $5,3 \pm 4,7$ $\text{mgC}\cdot\text{m}^{-3}\cdot\text{h}^{-1}$) (Gonzalez-Rodriguez *et al.* 2017), padrão este que não foi observado no presente estudo, já que não houve diferença entre a produtividade observada sobre a Plataforma e o Talude. De fato, a maior taxa de produção primária observada no Talude equivale a metade da maior PP média observada no PCR-BC/HABITATS (Gonzalez-Rodriguez *et al.* 2017), o que é esperado para o período de subsidência nessa época do ano.

Outra evidência da oligotrofia da região para este período do ano foi a variação da Pmax (produção primária potencial máxima). Os modelos estimaram para as amostras do PMAR-BC uma variação entre 0,5 e 11,6 $\text{mgC m}^{-3} \text{ h}^{-1}$, o que é comparável ao observado em 2009 (0,33 a 14,98 $\text{mgC m}^{-3} \text{ h}^{-1}$) durante o PCR-BC/HABITATS. Os valores de Pmax registrados na 1ª campanha do PMAR-BC, nas isóbatas de 100 e 900 m, variam na mesma faixa (0,0 - 3,0 $\text{mgC m}^{-3} \text{ h}^{-1}$) que os registrados nas isóbatas de 150m e 1000m durante o período chuvoso no PCR-BC/HABITATS (Gonzalez-Rodriguez *et al.* 2017), o que se deve à ausência da ACAS mesmo no estrato inferior.

Os processos físicos que ocorrem em uma dada região são os fatores determinantes para a disponibilidade de nutrientes, que estão entre os principais fatores controlando a produtividade primária dessa região. Avaliar a razão N:P é uma das maneiras de caracterizar o potencial de fertilidade de uma massa d'água. Segundo Redfield (1958) a razão ideal para o desenvolvimento fitoplânctônico está em torno de 16:1. Valores inferiores indicam uma limitação por nitrogênio do crescimento do fitoplâncton, enquanto valores mais altos indicam limitação por fósforo. Em 2009, os valores da razão N:P observados durante os períodos chuvoso e seco evidenciam uma limitação por nitrogênio (Suzuki *et al.*, 2017), comum em regiões oceânicas.

Para região de Cabo Frio, ao Sul da presente área de estudo, Gonzalez-Rodriguez e colaboradores (1992) relacionam a limitação da fertilidade das águas da ressurgência do local com a falta de nitrogênio. Os resultados das

correlações entre as concentrações de nutrientes inorgânicos dissolvidos e a PP indicam que o nitrogênio é o principal fator limitante da produção fitoplanctônica nas águas superficiais (Plataforma e Talude) das áreas Sul e Centro, enquanto na porção Norte o fósforo seria o limitante. Para o estrato mais profundo (PF), a limitação da PP, na Plataforma Continental é causada pelas baixas concentrações de fósforo. É importante assinalar que não houve dosagem de nutrientes inorgânicos dissolvidos no PF na área do Talude.

Sem o enriquecimento causado pela ressurgência da ACAS, as características oligotróficas dominantes da Água Tropical se refletiram na relação significativa entre as baixas biomassas e produtividade primária. No geral, essas características confirmam o que já havia sido descrito durante o PCR-BC/HABITATS para a mesma região. Isto é, que sem a influência de massas d'águas mais profundas, como a ACAS, trazendo nutrientes novos para a zona eufótica, a produtividade primária nesta região é, basicamente, regenerada (se sustenta com a reciclagem e remineralização de nutrientes presentes, autóctones, na zona fótica) (Gonzalez-Rodriguez *et al.* 2017, Suzuki *et al.*, 2017).

IV.5.5 – CONCLUSÕES

Os resultados apresentados reforçam a natureza basicamente oligotrófica da região da Bacia de Campos, tanto sobre a província da Plataforma Continental quanto sobre o Talude, que com baixas concentrações de nutrientes inorgânicos dissolvidos na coluna d'água, têm uma biomassa fitoplanctônica baixa, com uma contribuição de organismos menores (bactérias e nanoplâncton) na reciclagem e produtividade primária (Gonzalez-Rodriguez *et al.* 2017).

Em termos de produtividade primária, os valores também refletem a oligotrofia da região, como verificado anteriormente. As taxas mais elevadas de fixação de carbono foram observadas nas áreas Centro e Norte, provavelmente em função da influência da foz do rio Paraíba do Sul e do Cabo de São Tomé, região sujeita a processos hidrográficos que originam o aporte de nutrientes na camada fótica.

IV.5.6 - REFERÊNCIAS

AITA, M.N., YAMANAKA, Y. AND KISHI M.J. 2007. Interdecadal variation of the lower trophic ecosystem in the North Pacific between 1948 and 2002, in a 3-D implementation of the NEMURO model, *Ecol. Modeling.*, 202(1-2), 81–94.

BARLOW, R.G., AIKEN, J., HOLLIGAN, P.M., CUMMINGS, D.G., MARITORENA, S., HOOKER, S. 2002. Phytoplankton pigments and absorption characteristics along meridional transects in the Atlantic Ocean. *Deep Sea Research Part I: oceanographic research papers.* 49(4): 637-660

BUITENHUIS, E.T., HASHIOKA, T., LE QUÉRÉ, C. 2013. Combined constraints on global ocean primary production using observations and models. *Global Biogeochemical Cycles.* 27: 847-858.

CALADO, L., SILVEIRA, I.C.A., GANGOPADHYAY, A., CASTRO, B.M. 2010. Eddy-induced upwelling off Cape São Tomé (22°S, Brazil). *Continental Shelf Research.* 30(10/11): 1181-1188.

CARRETO, J.I., MONTOYA, N.G., AKSELMAN, R., CARIGNAN, M.O., SILVA, R.I., CUCCHI-COLLEONI, D.A. 2008. Algal pigment patterns and phytoplankton assemblages in different water masses of the Rio de la Plata maritime front. *Continental Shelf Research.* 28(13): 1589-1606.

CASTRO, B.M., MIRANDA, L.B. 1998. Physical oceanography of the western Atlantic continental shelf located between 41N and 341S. In: Robinson, A., Brink, K., editors. *The Sea.* New York: John Wiley & Sons. p. 209-215.

CASTRO FILHO, B.M., PEREIRA, A.F., CAROLI, A., NETO, H.F., PASCHOAL, G.C.A., SILVEIRA, I.C.A., AMOR, C.C. 2015. 5 - CORRENTES E MASSAS DE ÁGUA NA PLATAFORMA CONTINENTAL, Editor(s): Renato Parkinson Martins, Guisela Santiago Grossmann-Matheson, *Meteorologia e Oceanografia*, Campus, 191-254.

CHAVEZ, F., MESSIE, M., PENNINGTON, J. 2011. Marine primary production in relation to climate variability and change. *Annu. Rev. Mar. Sci.* 3: 227–60.

DUGDALE, R.C., GOERING, J.J. 1967. Uptake of new and regenerated forms of nitrogen in primary productivity. *Limnology and Oceanography*. 12(2):196-206.

EPPLEY, R.W. 1972. Temperature and phytoplakton growth in the sea. *Fishery Bulletin*. 70(4): 1063-1085.

FALKOWSKI, P.G. 1981. Light-shade adaptation and assimilation number. *Journal of Plankton Research*. 3(2): 203-216.

FALKOWSKI, P.G., RAVEN, J.A. 2007. *Aquatic Photosynthesis*. 2. ed. New Jersey: Princeton University Press.

FALKOWSKI, P.G., KATZ, M.E., KNOLL, A.H., QUIGG, A., RAVEN, J.A., SCHOFIELD, O., AND TAYLOR, F.J.R. 2004. The evolution of modern eukaryotic phytoplankton. *Science* 305: 354–360.

GONZALEZ-RODRIGUEZ, E., VALENTIN, J.L.V., ANDRE, D.L., JACOB, S.A. 1992. Upwelling and downwelling at Cabo Frio (Brazil): Comparison of biomass and primary Production responses. *Journal of Plankton Research*. 14(2): 289-306.

GONZALEZ-RODRIGUEZ, E., RODRIGUES, S.V., MARINHO, M.M., CARVALHO, W.F., PINTO, F.N., PARANHOS, R. 2017. Biomassa fitoplanctônica e produção primária. In: Falcão, A.P.C., Moreira, D.L. editores. *Ambiente pelágico: caracterização ambiental regional da Bacia de Campos, Atlântico Sudoeste*. Rio de Janeiro: Elsevier. *Habitats*, v. 5. p. 69-87

JASSBY, A.D. E PLATT, T. 1976. Mathematical formulation of the relationship between photosynthesis and light for phytoplankton. *Limnology and Oceanography*, 214-547.

LALLI, C. M. & PARSONS, T. R. , 1997 , *Biological Oceanography: An*

introduction. , Pergamon Press, Oxford MJ Kaiser, MJ Attrill, S Jennings, DN Thomas, DKA Barnes, AS Brierley, NVC Polunin, DG Raffaelli & PJB Williams , 2005 , Marine Ecology. Processes, Systems, and Impacts , Oxford University Press

REDFIELD, A.C. 1958. The biological control of chemical factors in the environment. American Scientist. 46(3): 205-221.

STEEMAN NIELSEN, E., 1952. The use of radioactive carbon (¹⁴C) for measuring organic production in the sea. Journal du Conseil, Conseil International pour l'Exploration de la Mer,18:11-140.

STRICKLAND, I.D.H., PARSON, T.R.,1972. A practical handbook of sea water analysis.Bulletin of the Fisheries Research Board of Canada., 167 (2end), 310pp.

SUZUKI, M.S., REZENDE, C.E., PARANHOS, R., FALCÃO, A.P. 2015. Spatial distribution (vertical and horizontal) and partitioning of dissolved and particulate nutrients (C, N and P) in the Campos Basin, Southern Brazil. Estuarine, Coastal and Shelf Science. 166 (part A): 4-12.

SUZUKI, M.S., PARANHOS, R., REZENDE, C.E., PINTO, F.N., GOBO, A.A.R., PEDROSA, P. 2017. Hidroquímica, carbono orgânico e nutrientes dissolvidos e particulados na Bacia de Campos. In: Falcão, A.P.C., Wagener, A.L.R., Carreira, R.S., editores. Química ambiental: caracterização ambiental regional da Bacia de Campos, Atlântico Sudoeste. Rio de Janeiro: Elsevier. Habitats, v. 6. p. 65-94.

THORNTON, D.C.O. 2012. Primary Production in the Ocean, Advances in Photosynthesis - Fundamental Aspects, Mohammad Mahdi Najafpour, IntechOpen, DOI: 10.5772/27848. Available from:

<https://www.intechopen.com/books/advances-in-photosynthesis-fundamental-aspects/primary-production-in-the-ocean>

IV.6 – ZOOPLÂNCTON

Coordenadores

Mário Sérgio Ximenez

Biólogo, Doutor em Zoologia, N° CTF IBAMA 204221, Diretor Bioconsult Ambiental Ltda

ximenez@bioconsultambiental.com.br

Cristina Falcão

Bióloga, Doutora em Ecologia, N° CTF IBAMA 24023, Vice Diretora Técnica Bioconsult Ambiental Ltda

cfalcao@bioconsultambiental.com.br

Equipe Bioconsult Ambiental Ltda

Lohengrin Dias de Almeida Fernandes

Biólogo (CRBIO 21940-02), Doutor em Zoologia, N° CTF IBAMA 237256

lohengrin.fernandes@gmail.com

Laboratório

Taxonomista

Dr Cláudio Leandro Gomes - N° CTF IBAMA 5996504

Triadores

Biol. Igor Souza leite de Freitas - N° CTF IBAMA 4263487

Biol. Aldimir Lowndes Vieira - N° CTF IBAMA 7393948

Biol. Daniela Menezes Barbosa Menezes - N° CTF IBAMA 7393992

Biol. Ivana Ximenez de Souza Rodrigues - N° CTF IBAMA 6492402

Biol. Raquel da Silva Parracho - N° CTF IBAMA 7394055

RESUMO

As comunidades zooplanctônicas são assembleias altamente diversas de espécies que se inter-relacionam e que competem por alimento, e dentre os grupos que as compõem, os copépodes são os mais notáveis. Este trabalho visa obter informações sobre comunidades zooplanctônicas comparando as regiões de maior (central) e menor (sul e norte) concentração de atividades de E&P na Bacia de Campos, de forma a monitorar estas áreas e simultaneamente avaliar as tendências ambientais regionais desta bacia, além da comparação com o estudo realizado anteriormente, o Projeto de Caracterização Ambiental Regional da Bacia de Campos (PCR-BC). Nos meses de março e abril de 2019 foram realizadas duas pernadas em três áreas (Norte, Centro e Sul) da Bacia de Campos, no âmbito do Projeto de Monitoramento Ambiental Regional da Bacia de Campos (PMAR-BC), na plataforma continental (isóbata de 100 m) e no talude (isóbata de 900 m). Em cada área foram definidas seis estações onde foram realizados três arrastos oblíquos, de 90 m até a superfície, no período noturno entre 18:00 e 05:00 h tanto na plataforma continental quanto no talude. Os organismos coletados foram triados com o auxílio de estereomicroscópio até um mínimo de 100 indivíduos por grupo. Para a triagem dos grupos muito abundantes, como Copepoda, foram retiradas subalíquotas de no mínimo 30 mL e no máximo um volume não superior a 10% da diluição inicial. A análise da assembleia do zooplâncton indicou que as maiores biomassas ($0,16 \text{ g.m}^{-3}_{\text{plataforma}} \times 0,11 \text{ g.m}^{-3}_{\text{talude}}$) e densidades ($1522 \text{ ind.m}^{-3}_{\text{plataforma}} \times 1043 \text{ ind.m}^{-3}_{\text{talude}}$) ocorreram na plataforma continental em relação ao talude. Em contraste, a riqueza de táxons ($S_{\text{plataforma}}=44 \text{ táxons} \times S_{\text{talude}}=45 \text{ táxons}$) e a diversidade de espécies (Shannon; $H'_{\text{plataforma}}=3,90 \times H'_{\text{talude}}=4,08$) do zooplâncton no talude foi maior do que na plataforma. Em relação às áreas, na área Centro ocorreu maior biomassa e densidade de organismos em comparação àquelas da plataforma das áreas Norte e Sul. No talude foi observado um gradiente decrescente da área Norte para a Sul em relação a densidade média. Na comparação dos resultados da 1ª campanha do PMAR-BC com os do PCR-BC utilizando as mesmas isóbatas (100 e 900 m), observou-se uma variação temporal entre as comunidades zooplanctônicas. Estes resultados foram inconclusivos considerando as diferenças entre áreas amostrais, metodologias de coleta e análise, onde não se pode afirmar que as diferenças observadas nas comunidades nos dois estudos estejam relacionadas a oscilações ou variações temporais na Bacia de Campos.

IV.6.1 – INTRODUÇÃO

O Projeto de Monitoramento Ambiental Regional da Bacia de Campos (PMAR-BC) é um dos desdobramentos do Projeto de Caracterização Ambiental da Bacia de Campos (PCR-BC). O PMAR-BC faz parte do Modelo Regional para execução de Projetos de Monitoramento Ambiental na Bacia de Campos, que tem o propósito de integrar todas as ações envolvendo coleta, interpretação e armazenamento de dados para gestão ambiental dos empreendimentos de E&P da Petrobras na Bacia de Campos.

O PMAR-BC possui em seu escopo, para amostragem do compartimento água, a avaliação da riqueza, densidade e biomassa zooplânctônica. Este capítulo apresenta os resultados obtidos durante a primeira campanha oceanográfica do PMAR-BC, descrevendo os procedimentos técnicos e operacionais utilizados na obtenção das amostras de zooplâncton no campo, no tratamento dado a estas em laboratório, bem como nas análises estatística dos dados obtidos.

Plâncton é o conjunto de organismos aquáticos (marinhos e dulcícolas) que compartilham pouca ou nenhuma capacidade natatorial (JÚNIOR *et al.*, 2020; LALLI e PARSONS, 1997). Por essa razão, o plâncton marinho é comumente descrito como organismos que flutuam na coluna de água dos mares e oceanos. De formas e tamanhos variados, esses organismos têm dimensões tão distintas que vão desde 1 micrômetro a mais de 1 metro, incluindo desde organismos unicelulares – como microalgas – a organismos coloniais e em cadeias – como as caravelas. Uma das formas mais tradicionais de classificar o plâncton se baseia na capacidade de realizar ou não a fotossíntese, que distingue arbitrariamente dois grupos: fitoplâncton e zooplâncton.

O zooplâncton, por sua vez, é composto por uma enorme diversidade taxonômica, de protistas a animais. Ecologicamente, são uma parte imprescindível ao funcionamento equilibrado dos oceanos, particularmente das teias tróficas marinhas que convertem a produção primária das microalgas em biomassa de recursos vivos. Dentre os grupos do zooplâncton que participam dessa conversão, os copépodes são os mais notáveis, cuja abundância na Terra ultrapassa aquela dos insetos em três ordens de grandeza (SCHMINKE, 2007). Essas “comunidades” zooplânctônicas são, na realidade, assembleias altamente diversas de espécies

que se inter-relacionam e que competem por alimento. Em última análise, essas comunidades participam da teia alimentar que alimenta peixes, lulas, tartarugas e mamíferos marinhos nos oceanos (RICHARDSON, 2008).

Na Bacia de Campos, um dos mais antigos registros do zooplâncton remonta ao século XIX, quando a equipe de naturalistas a bordo do HMS Challenger descreveu algumas espécies do Atlântico Sul (BATE, 1888). Desde então, essas informações vêm gradualmente sendo compiladas para compor um levantamento da riqueza taxonômica das espécies que vivem no zooplâncton do Atlântico Sul (BOLTOVSKOY, 1999; BONECKER *et al.*, 2006). Mais recentemente, nas últimas décadas, alguns estudos têm priorizado a distribuição espacial e temporal dos parâmetros do zooplâncton sobre a plataforma continental e o talude, particularmente associadas às massas de água nessa região (DIAS *et al.*, 2018; BONECKER *et al.* 2017; LOPES *et al.*, 2006). Esses estudos têm revelado gradientes de distribuição da biomassa, composição e diversidade biológica entre plataforma e talude, entre estações do ano e ao longo da coluna de água. É provável que esses gradientes reflitam, ao menos em parte, os processos oceanográficos em curso na região, particularmente aqueles relacionados às variações na temperatura e na abundância das populações do fitoplâncton (FERNANDES *et al.*, 2012; NOGUEIRA *et al.*, 2012). O atual estado da arte sobre o zooplâncton na Bacia de Campos, todavia, é insuficiente para permitir uma associação clara entre gradientes e processos oceanográficos, e para elucidar se essas flutuações ocorrem em ciclos, ou quais seus mecanismos controladores e de que forma eles se associam às atividades humanas em curso.

As informações obtidas neste relatório são de relevante interesse para a compreensão da influência que as atividades de E&P exerceram e exercem sobre o meio ambiente da Bacia de Campos, e visam fornecer subsídios ao IBAMA e a PETROBRAS para aprimorar a gestão ambiental destas atividades.

IV.6.1.1 – Objetivo Geral

Obter sistematicamente informações sobre comunidades zooplanctônicas comparando as áreas de maior (centro) e menor (sul e norte) concentração de atividades de E&P na Bacia de Campos, de forma a monitorar estas áreas e simultaneamente avaliar as tendências ambientais regionais desta bacia.

IV.6.1.1.1 – Objetivos Específicos

- Caracterizar as comunidades zooplanctônicas das três áreas de estudo quanto à sua riqueza, densidade, biomassa e distribuição;
- Avaliar se existe diferença nas comunidades zooplanctônicas entre as três áreas (Norte, Centro e Sul);
- Avaliar se existe diferença nas comunidades zooplanctônicas situadas nas províncias de Plataforma Continental e Talude;
- Comparar os resultados obtidos com o estudo realizado no Programa de Caracterização Regional da Bacia de Campos— PCR-BC (Projeto Habitats).

Hipóteses nulas

- Não há diferença estatística entre as comunidades zooplanctônicas entre as três áreas da Bacia de Campos, considerando a comparação das áreas amostrais posicionadas sobre a mesma isóbata;
- Não há diferença estatística entre as comunidades zooplanctônicas da Bacia de Campos, considerando a comparação das duas áreas amostrais posicionadas sobre a isóbata de 100 e 900 m no segmento central da bacia de Campos;
- Não há variação temporal entre as comunidades zooplanctônicas considerando a comparação dos resultados do PMAR-BC com os do PCR-BC, sobre as mesmas isóbatas (100 e 900 m).

IV.6.2 – METODOLOGIAS APLICADAS

IV.6.2.1 – Metodologia de Campo

As informações sobre os métodos aplicados durante a amostragem podem ser encontradas no Capítulo III, item III.3.1 – MÉTODOS DE AMOSTRAGEM, em que estão inclusos os procedimentos referentes à metodologia de amostragem do zooplâncton. Sendo assim, abordaremos neste item, de maneira resumida, a metodologia utilizada no campo durante a primeira campanha do PMAR-BC, para obtenção das amostras de zooplâncton.

Nos arrastos para a coleta das amostras de zooplâncton foi utilizada uma rede cilíndrico-cônica em armação de Bongô, com malha de 200 µm. No centro do aro da rede foi colocado um fluxômetro devidamente aferido para estimar o volume de água filtrada durante o arrasto.

Para lastrear e dar estabilidade à rede Bongô foi utilizado um depressor de metal. Foi ainda utilizado um inclinômetro, para medir o ângulo de inclinação do cabo em relação à superfície da água.

No final da rede fica localizado o copo coletor de PVC com janelas de drenagem onde a amostra foi concentrada. Os organismos retidos nos copos foram armazenados em frasco de polietileno de boca larga e preservados com formaldeído 4% tamponado com tetraborato de sódio.

Em cada estação foram realizados três arrastos oblíquos no período noturno, entre 18:00 e 05:00 h. Os arrastos foram da profundidade de 90 m até a superfície, tanto na plataforma continental quanto no talude. Para a obtenção de réplicas temporais das amostras de zooplâncton, cada replicação foi feita após a coleta da primeira réplica em todas as estações do polígono, ou seja, foi feito um arrasto em cada uma das seis estações do polígono, e só então feito a réplica 2 nas mesmas seis estações e em seguida a réplica 3.

Previamente às coletas, foram realizadas perfilagens com CTD para identificação da estrutura termohalina das estações. A termoclina foi verificada em cada réplica.

IV.6.2.2 – Metodologia Analítica

IV.6.2.2.1 – Conferência das amostras no laboratório

Os desembarques das amostras coletadas nas pernasas 6, 7 e 8, ocorreram nos dias 06 e 20/04 e 04/05/2019, respectivamente. As amostras foram entregues na Bioconsult no mesmo dia do desembarque.

No laboratório procedeu-se a conferência e a avaliação das amostras recebidas, no primeiro dia útil subsequente à sua chegada, verificando-se sua identificação e integridade física (Figura IV.6.2.2.1-1A) Para cada amostra foi atribuída uma identificação interna - número do laboratório (Figura IV.6.2.2.1-1B e C), e um código de barras para acompanhamento dos processos (Figura IV.6.2.2.1-1D). Foram coletadas e conferidas 108 amostras de zooplâncton.

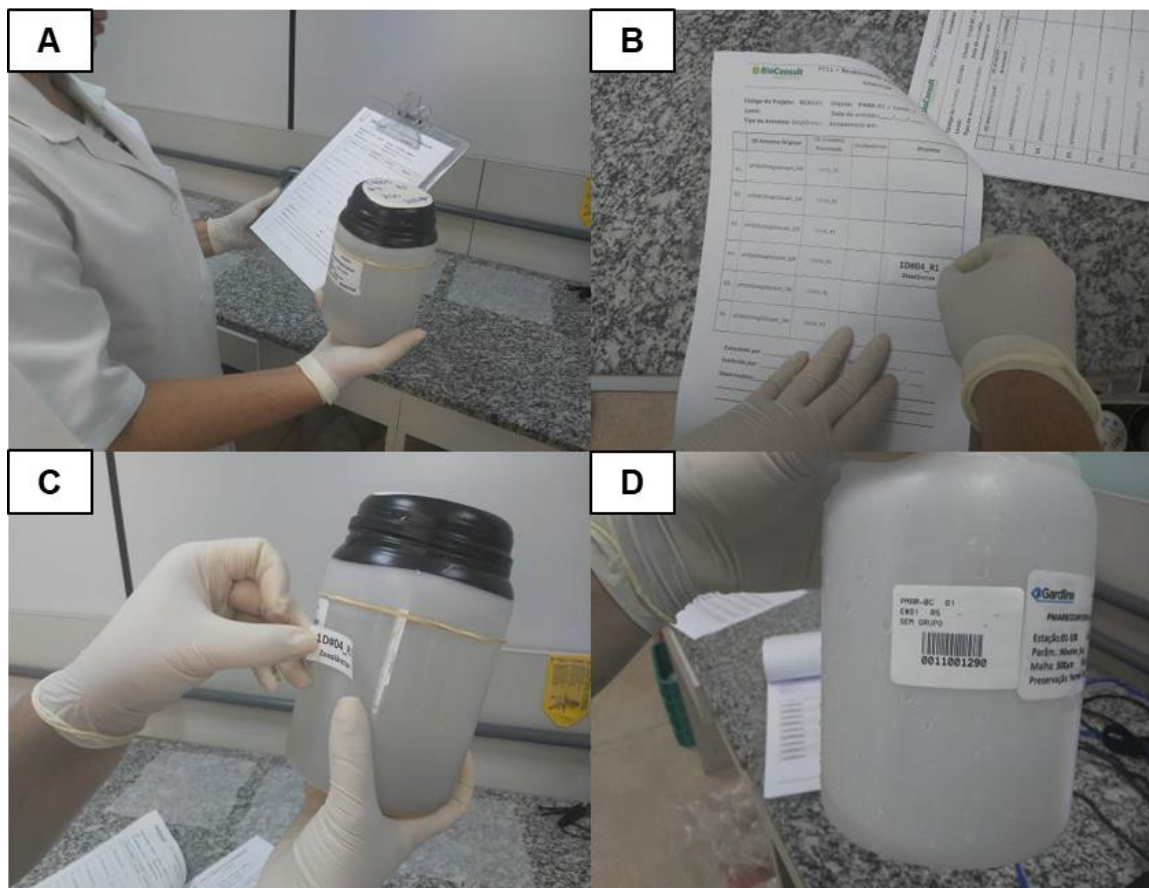


Figura IV.6.2.2.1-1 – (A) Conferência da integridade da amostra e código; (B) Atribuição de código interno; (C) Atribuição do código interno à amostra; (D) Registro no sistema e geração do código de barras.

IV.6.2.2.2 – Retirada do meio conservante

Antes do início dos procedimentos analíticos de obtenção da biomassa foi realizada a retirada do formol das amostras. Esse procedimento foi realizado em uma capela com exaustão forçada onde o meio conservante de cada amostra foi retirado e recolhido em recipientes adequados para posterior reutilização, descarte ou neutralização (Figura IV.6.2.2.2-1A). Durante todo o procedimento no laboratório, foram utilizados equipamentos de proteção individual (EPIs), contando com luvas e aventais impermeáveis, jalecos, óculos de proteção e máscara de carvão ativado com dupla filtragem, e os trabalhos foram realizados na capela (Figura IV.6.2.2.2-1B).



Figura IV.6.2.2.2-1 – (A) Retirada do formaldeído em capela com uso de EPI; (B) Bombonas de armazenamento do formaldeído para descarte.

IV.6.2.2.3 - Biomassa

Para a determinação da biomassa úmida as amostras foram submetidas a um procedimento de retirada do excesso de água. Após a eliminação do meio conservante, como descrito no item anterior, foram realizadas as seguintes etapas:

1. Transferência da amostra do frasco para uma malha de 120 µm de abertura. A malha foi apoiada em um suporte e a amostra lavada com o auxílio de um suporte e pissete com água doce filtrada, concentrando os organismos no

centro da malha para que não ficassem próximos das suas bordas (Figura IV.6.2.2.3-1 A e B);

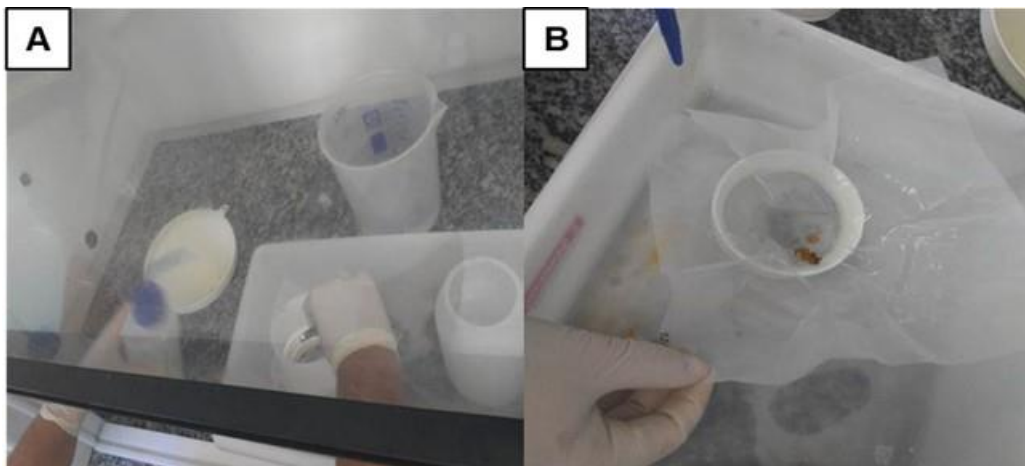


Figura IV.6.2.2.3-1 – (A) Transferência dos organismos para a malha de 120 µm; (B) Lavagem da amostra com uso de suporte e pissete.

2. A malha, com os organismos retidos no seu centro, foi retirada do suporte e, com movimentos circulares, foi passada sobre um pano absorvente. Esse movimento foi repetido nos dois lados do pano, por dez vezes consecutivas de cada lado. Em seguida esse mesmo procedimento foi repetido utilizando um papel absorvente, com o objetivo de remover o excesso de líquido contido na amostra (Figura IV.6.2.2.3-2 A e B);

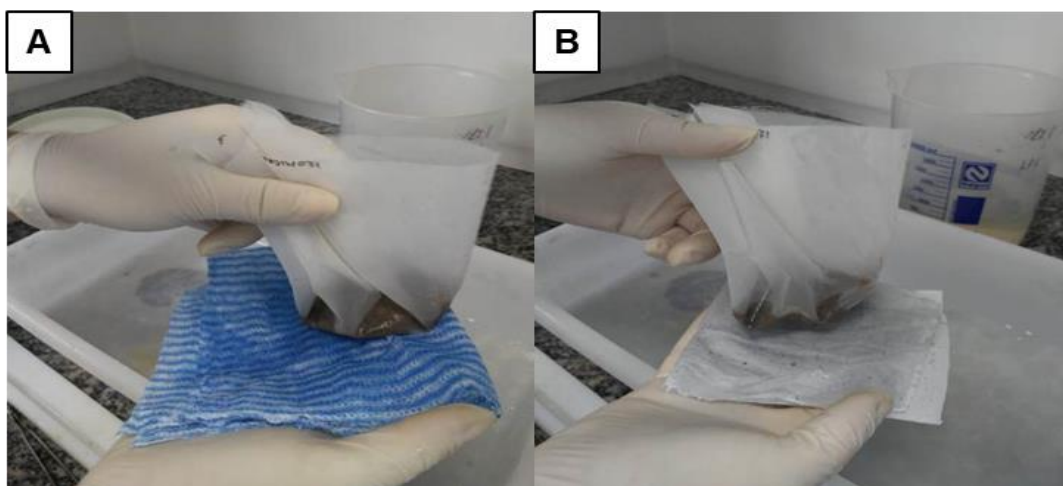


Figura IV.6.2.2.3-2 – Eliminação do excesso de água com utilização de (A) pano e (B) papel absorvente durante a determinação da biomassa.

Posteriormente, a malha contendo os organismos, juntamente com um suporte de plástico, foi pesada em balança da marca Bell, modelo M214Ai com precisão de quatro casas decimais seguindo a técnica descrita em Omori e Ikeda (1984) (Figuras IV.6.2.2.3-3 A). Os valores de peso das amostras foram registrados em planilhas específicas.

3. Ao término da pesagem, a amostra foi transferida para seu frasco de origem, novamente preenchido com preservante (formaldeído), etiquetado, identificado como “BA” (biomassa analisada) e encaminhada para posterior triagem (Figuras IV.6.2.2.3-3 A e B).

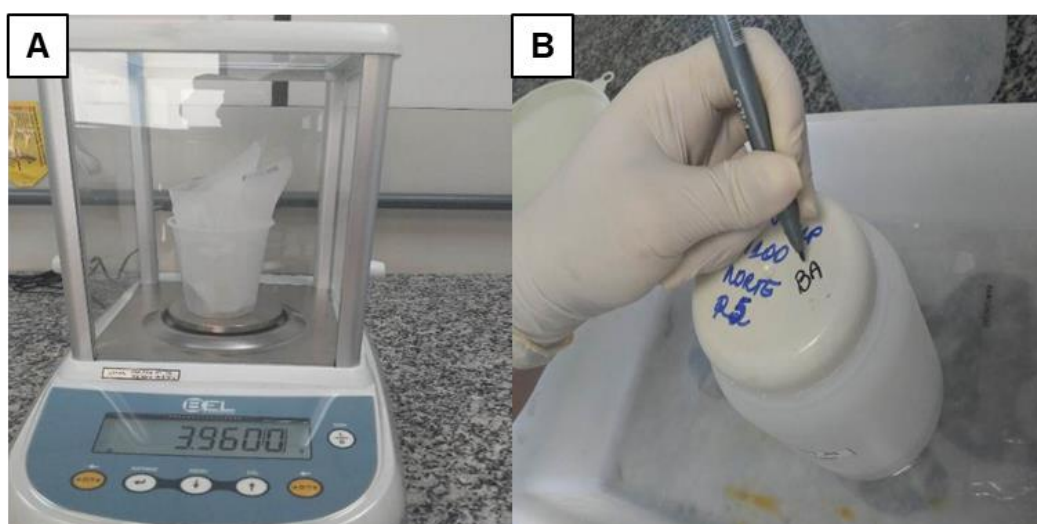


Figura IV.6.2.2.3-3 – (A) Pesagem das amostras para a determinação da biomassa; (B) Amostra no frasco pronta para o início da triagem.

Para efeito de cálculo da biomassa úmida, empregou-se a seguinte fórmula:

$$PU = PCO - PSO$$

Onde:

PU – Peso úmido em gramas (g);

PCO – Peso da malha e suporte com organismos retidos de cada amostra (g);

PSO – Peso da malha e suporte secos e sem os organismos retidos (g).

Os resultados de biomassa do zooplâncton foram expressos em g.m^{-3} a partir do cálculo do volume de água filtrado. Para os cálculos empregaram-se as seguintes fórmulas:

$$\text{BIOMASSA} = \text{PU}/\text{VF}$$

Onde:

PU – Peso úmido em gramas (g);

VF – Volume filtrado (m^3);

O volume filtrado (VF) foi obtido em campo e é calculado pela seguinte fórmula:

$$\text{VF} = \text{DIF} * \text{CC} * \text{ÁREA}$$

Onde:

DIF – Diferença entre os valores final e inicial do fluxômetro;

CC – Constante de calibração do fluxômetro, definido no certificado de calibração

ÁREA - Área da boca da rede - m^2 (0,283);

IV.6.2.2.4 - Triagem do zooplâncton

Inicialmente, foi retirado o formaldeído das amostras, que em seguida foram avolumadas com água com o auxílio de um Becker calibrado. Quando necessário as amostras foram fracionadas em 1/2; 1/4; 1/8; 1/16; 1/32, e assim sucessivamente utilizando o fracionador tipo “Folsom Plankton Sample Splitter” (MCEWEN et al., 1954) (Figura IV.6.2.2.4-1).



Figura IV.6.2.2.4-1 – (A) Fracionador Folsom; (B) Amostra com as diferentes frações.

Em seguida, os organismos foram triados até um mínimo de 100 indivíduos por grupo. Esta etapa dos trabalhos foi realizada com o auxílio de estereomicroscópio e, quando necessário, de microscópio (Figura IV.6.2.2.4-2A).

Para a triagem dos grupos muito abundantes, tais como Copepoda, a menor fração foi diluída até um volume conhecido em um Becker calibrado. Após a diluição, foram retirados no mínimo 30 mL e no máximo um volume não superior a 10% da diluição inicial.

Foram triados um mínimo de 100 organismos por grupo na 1ª alíquota separada. Quando a alíquota analisada não atingiu a quantidade mínima exigida, a próxima alíquota foi analisada integralmente para aquele grupo.

Todos os organismos triados e contados em cada amostra foram quantificados, classificados em grandes grupos e colocados nos frascos identificados com código de barras (Figura IV.6.2.2.4-2B e C) e etiqueta interna de papel vegetal (Figura IV.6.2.2.4-2D).

Os grupos triados foram: Filo Foraminifera, Filo Radiolaria, Classe Hydrozoa, Ordem Siphonophorae, Filo Bryozoa, Filo Ctenophora, Classe Turbellaria, Filo Mollusca (Classe Bivalvia - larva, Classe Gastropoda - larva e adulto), Família Carinariidae, Classe Cephalopoda, Classe Polychaeta (larva e adulto), Subfilo Crustacea (demais larvas), Ordem Cumacea, Ordem Tanaidacea, Subclasse

Ostracoda, Subclasse Copepoda, Ordem Isopoda, Superordem Cladocera, Ordem Amphipoda, Subclasse Cirripedia, Ordem Mysida, Ordem Euphausiacea, Ordem Decapoda (fase zoé), Filo Chaetognata, Filo Echinodermata, Classe Appendicularia, Ordem Salpida, Ordem Doliolida, Nauplius (todas fases jovens que não são Cirripedia), Subfilo Cephalochordata e dúvidas (grupos não identificados).



Figura IV.6.2.2.4-2 – (A) Triagem dos organismos; (B) Colagem dos códigos de barra nos frascos; (C) Identificação dos frascos com códigos de barra; (D) Etiquetas internas nos frascos.

Após a triagem, os organismos do subfilo Crustacea foram mantidos em etanol a 75% e os demais grupos em formaldeído 4% tamponado. Após a triagem, as amostras foram mantidas nos frascos de suas respectivas frações para a etapa de validação e as frações mantidas separadas até aprovação da análise pelo cliente.

Para a análise dos dados de zooplâncton, foi utilizado o número de organismos encontrados na triagem somado ao número de organismos encontrados no controle de qualidade (quando esta foi sorteada para este processo). Estes valores foram extrapolados para organismos.m⁻³ de acordo com o fracionamento utilizado e o volume filtrado, obtido em campo através de fluxômetro.

IV.6.2.2.5 – Controle de qualidade das análises

Foi realizado o controle de qualidade das amostras já triadas com o objetivo de detectar e identificar organismos que não foram retirados e contabilizados nestas. Para tal, a cada lote de no máximo dez amostras de cada triador, uma das amostras triadas foi sorteada. As amostras utilizadas no controle de qualidade e os resultados obtidos estão no Anexo IV.6.7-1. Nos casos onde o número de organismos contabilizados no reexame da amostra foi maior que 20% do total de organismos contabilizados a amostra foi reprovada e então uma nova amostra do mesmo colaborador foi sorteada. Em caso de uma nova rejeição todo o lote é reanalisado. Todos os organismos que foram encontrados no controle de qualidade foram incorporados as amostras originais.

IV.6.2.2.6 – Identificação taxonômica

Após o processo de validação, os lotes de amostras de cada triador foram encaminhados para a etapa de identificação taxonômica do grupo Copepoda. Este foi identificado sempre até o nível mais específico com o auxílio de uma placa Dollfus e/ou microscópio óptico e de acordo com Boltovskoy (1981), Björnberg (1981) e Bradford-Grieve *et al.* (1999). Foram denominados Copepoditos as formas jovens e como “não identificado” os indivíduos onde não foi possível refinar a identificação (fragmentos, ausência de apêndices ou desconhecidos).

IV.6.2.2.6 – Índices Ecológicos

A comunidade zooplanctônica foi avaliada com os resultados de densidade de organismos (ind.m⁻³), biomassa (g.m⁻³), e índices de diversidade. Os seguintes indicadores de diversidade foram utilizados para detectar as possíveis variações na composição e na estrutura da comunidade zooplanctônica:

- **Riqueza (R)**

É expressa pelo número de táxons/espécies (S) encontrados na amostra

R = Número de táxons/espécies na amostra;

- **Índice de Diversidade de Shannon (H')**

É uma função do número de espécies em uma comunidade e da uniformidade dos indivíduos entre as espécies (SHANNON, 1949 *apud* KREBS, 1991). Foi utilizado para número de indivíduos.

$$H' = \sum p_i \ln 2p_i$$

Onde:

p_i = proporção de indivíduos da espécie i.

- **Índice de Dominância de Simpson (Lambda)**

É dado pelo número de indivíduos de uma espécie em relação ao número de indivíduos de todas as espécies obtidas numa amostragem (SIMPSON, 1949 *apud* KREBS, 1991). Foi utilizado para número de indivíduos.

$$\text{Lambda} = \sum (n_i / N)^2$$

Onde:

n_i = número de indivíduos da espécie i;

N = número total de indivíduos.

- **Índice Relativo de Equitabilidade (J')**:

$$J' = H' / H_{\text{max}}$$

Onde:

H' = índice de Diversidade de Shannon;

H_{max} = é o índice máximo de diversidade ($H_{\text{max}} = \log_2 S$).

IV.6.2.3 – Metodologia de Tratamento de Dados

As informações sobre os métodos aplicados para o tratamento de dados (estatística descritiva, correlações, NMDS, análises fatoriais não-paramétricas, entre outras) e os procedimentos nos quais foram realizados os agrupamentos dos dados do compartimento Água podem ser encontrados no Capítulo III, item III.3.3 – MÉTODOS DE TRATAMENTO DE DADOS.

Todos os dados de abundância de zooplâncton foram convertidos para densidade (indivíduo por amostra/volume filtrado, calculado a partir dos dados de fluxômetro alocado no centro da rede Bongô), sendo utilizada a unidade de medida de ind.m⁻³. Os dados de densidade, assim como os dados de biomassa, foram então utilizados para a análise da estrutura das comunidades e os cálculos de índices ecológicos.

Os testes de hipóteses e o cálculo dos índices ecológicos foram feitos utilizando somente os dados de Copepoda, visto que são o grupo dominante e mais representativo do zooplâncton, e que foram identificados ao menor nível taxonômico possível, estando majoritariamente classificados em espécie (com exceção das formas jovens classificadas como Copepoditos).

IV.6.2.3.1 – Análises Exploratórias

IV.6.2.3.1.1 – Análises exploratórias univariadas

As distribuições dos valores (média, mediana, mínimo, máximo e desvio padrão) de cada variável sintética (biomassa planctônica, densidade total, riqueza, equitatividade, diversidade e dominância), foram resumidas por área (Norte, Centro e Sul), província (Plataforma Continental e Talude) e projeto (PMAR-BC e PCR-BC).

IV.6.2.3.1.2 – Análises exploratórias multivariadas

O escalonamento multidimensional não métrico (Non-metric Multidimensional Scalling - NMDS) foi utilizado para representar a similaridade das amostras em relação à composição e densidade dos táxons (índice Bray-Curtis com os dados transformados para $\log(x + 1)$) e à biomassa, riqueza, abundância, diversidade, dominância e equitatividade (distância Euclidiana com os dados Z-padronizados) de cada área, província e projeto, com as correlações de Pearson entre estas variáveis.

IV.6.2.3.2 – Análises Inferenciais

As análises inferenciais dos resultados de zooplâncton foram realizadas conforme apresentado no item III.3.3.1 de forma a atender os objetivos do projeto e testar as hipóteses referentes a possíveis diferenças entre os resultados encontrados. A comunidade zooplanctônica foi caracterizada utilizando os táxons encontrados e os resultados da assembleia de Copepoda, devido à sua predominância em relação aos demais grupos amostrados e a possibilidade da identificação a níveis taxonômicos mais precisos.

Assim, a fim de avaliar a distribuição espacial da comunidade zooplanctônica e as diferenças entre os projetos PMAR-BC e PCR-BC, foram utilizadas as análises multivariadas PERMANOVA e PERMDISP para testar possíveis diferenças existentes entre Províncias (Plataforma Continental e Talude), Projetos (PMAR-BC e PCR-BC) e Áreas (Norte, Centro e Sul).

IV.6.3 – RESULTADOS

Com base na análise das amostras do zooplâncton, foram registrados 100 grupos taxonômicos em todas as áreas e províncias, dos quais 9 classes e 5 filos principais. Dentre todos os grupos, dominaram em densidade e frequência a Classe Hexanauplia (Subclasse Copepoda), com 66 espécies e densidades globais médias de $1,10 \times 10^3$ ind.m⁻³, e a Classe Appendicularia, com valores médios de $6,21 \times 10^1$ ind.m⁻³ (Figura IV.6.3-1). Foram frequentes em toda a região, mas com menores densidades, a Classe Gastropoda ($2,59 \times 10^1$ ind.m⁻³) e os Filos Chaetognatha ($2,26 \times 10^1$ ind.m⁻³) e Foraminifera ($1,38 \times 10^1$ ind.m⁻³). Os demais táxons tiveram densidades médias globais menores que 10^1 ind.m⁻³. Os resultados estão descritos abaixo e pormenorizados nos Anexos IV.6.7-2 e IV.6.7-6.

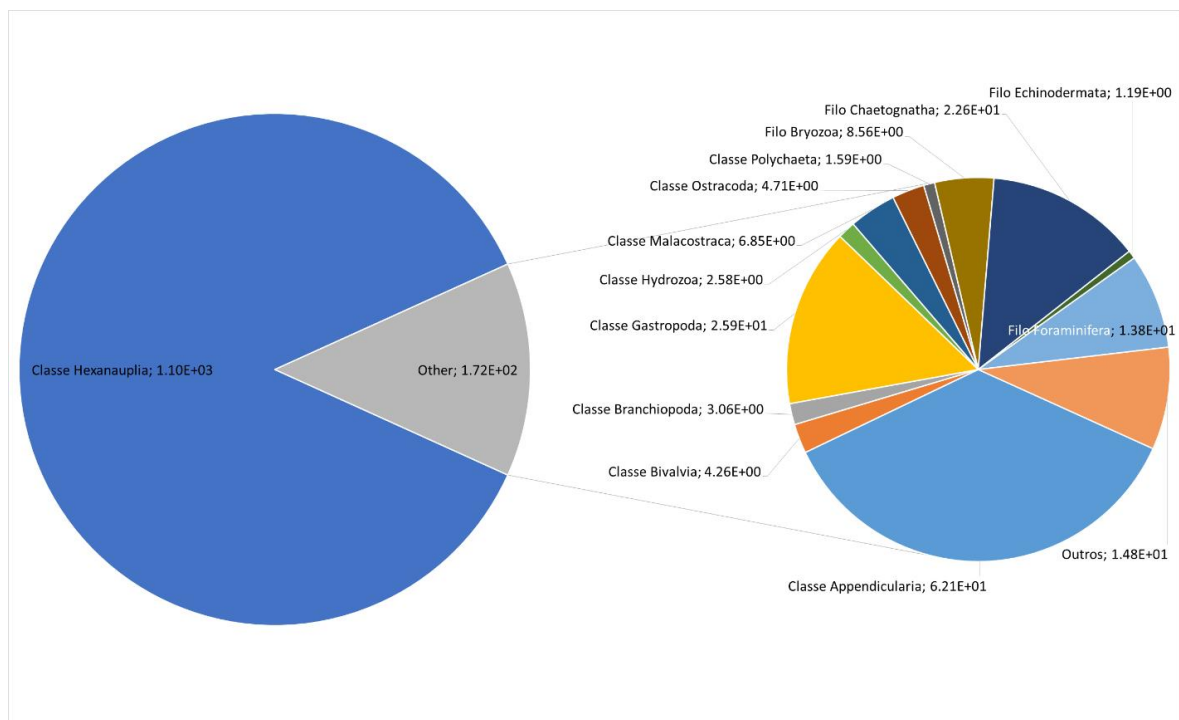


Figura IV.6.3-1 – Contribuição proporcional dos Filos e Classes mais abundantes e/ou mais frequentes em toda a região de estudo.

IV.6.3.1 – Áreas Norte, Centro e Sul da Plataforma Continental

De uma forma ampla, a influência do fator área na distribuição dos organismos do zooplâncton, mais especificamente dos copépodes, foi altamente significativa ($F=10,79$; $p=0,0003$) para o conjunto das variáveis detalhadas abaixo.

A média da biomassa do séston na região da plataforma continental foi igual a $0,16 \text{ g.m}^{-3}$ e variou uma ordem de grandeza entre o mínimo global para todas as áreas ($0,04 \text{ g.m}^{-3}$) e o máximo ($0,46 \text{ g.m}^{-3}$). O coeficiente de variação ($CV=50\%$) e a assimetria (obliquidade= $1,6$) indicaram a predominância de valores de biomassa inferiores à média em grande parte da plataforma continental, com picos ocasionais isolados (Figura IV.6.3.1-1). O detalhamento comparativo entre áreas da plataforma destacou a área Centro com a maior média e também o maior desvio devido aos picos mencionados anteriormente. Na sequência, médias e desvios menores ocorreram nas áreas Norte e Sul (Tabela IV.6.3.1-1).

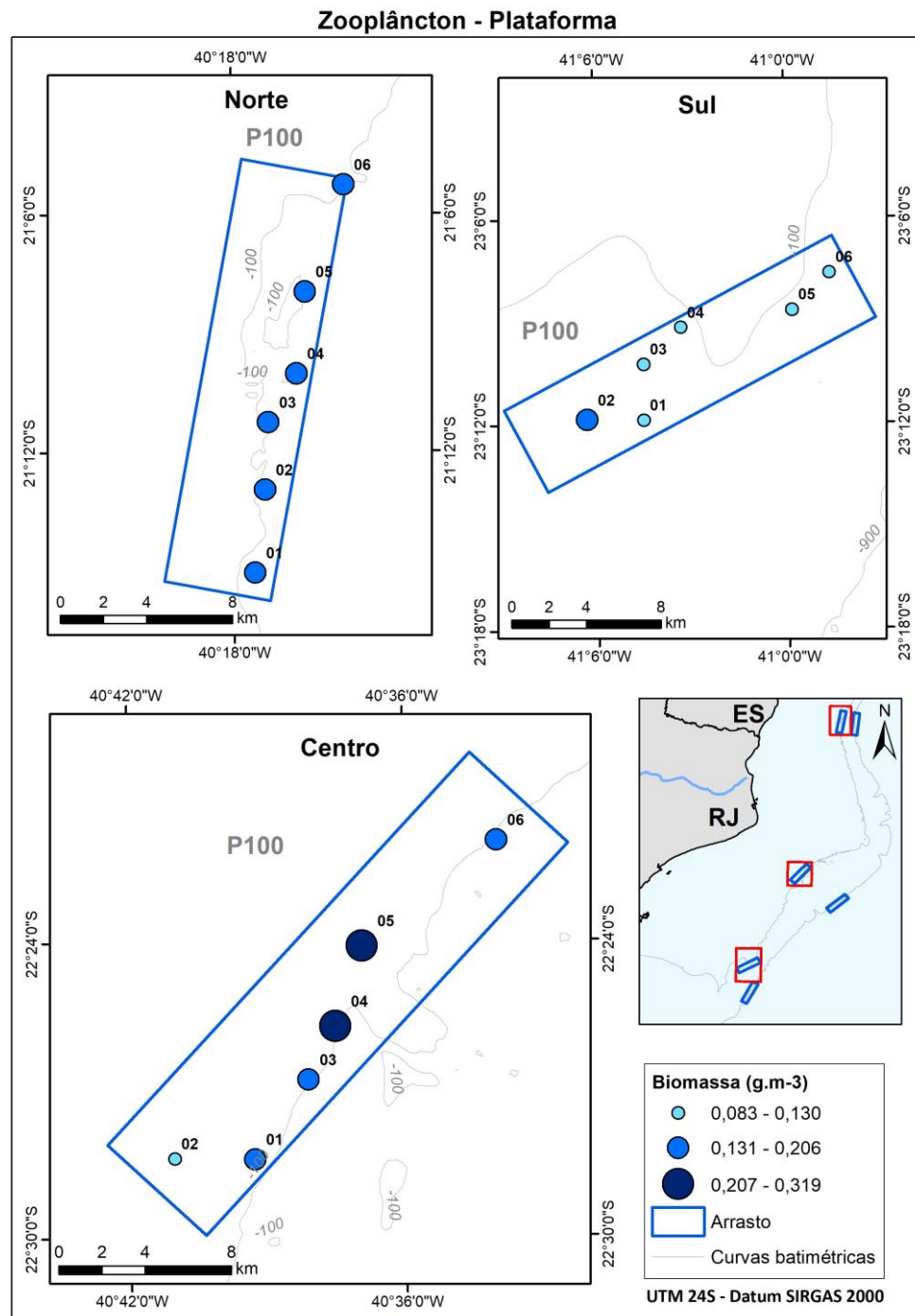


Figura IV.6.3.1-1 – Distribuição espacial da Biomassa do Séston ao longo da isóbata de 100 metros (plataforma) e entre as áreas Norte, Centro e Sul.

A densidade total do zooplâncton na região da plataforma continental variou de 195 ind.m⁻³ a 5831 ind.m⁻³. Considerando valores médios – calculados a partir das amostras em cada estação (n=18) –, a densidade do zooplâncton oscilou entre 662 ind.m⁻³ (média mínima) e 3087 ind.m⁻³ (média máxima), ambos os valores

observados na área Centro (Figura IV.6.3.1-2). Na comparação de áreas, as diferenças entre as densidades médias cresceram de 1484 ind.m⁻³ ao Norte para 1730 ind.m⁻³ ao Centro e decresceram em seguida para 1351 ind.m⁻³ ao Sul.

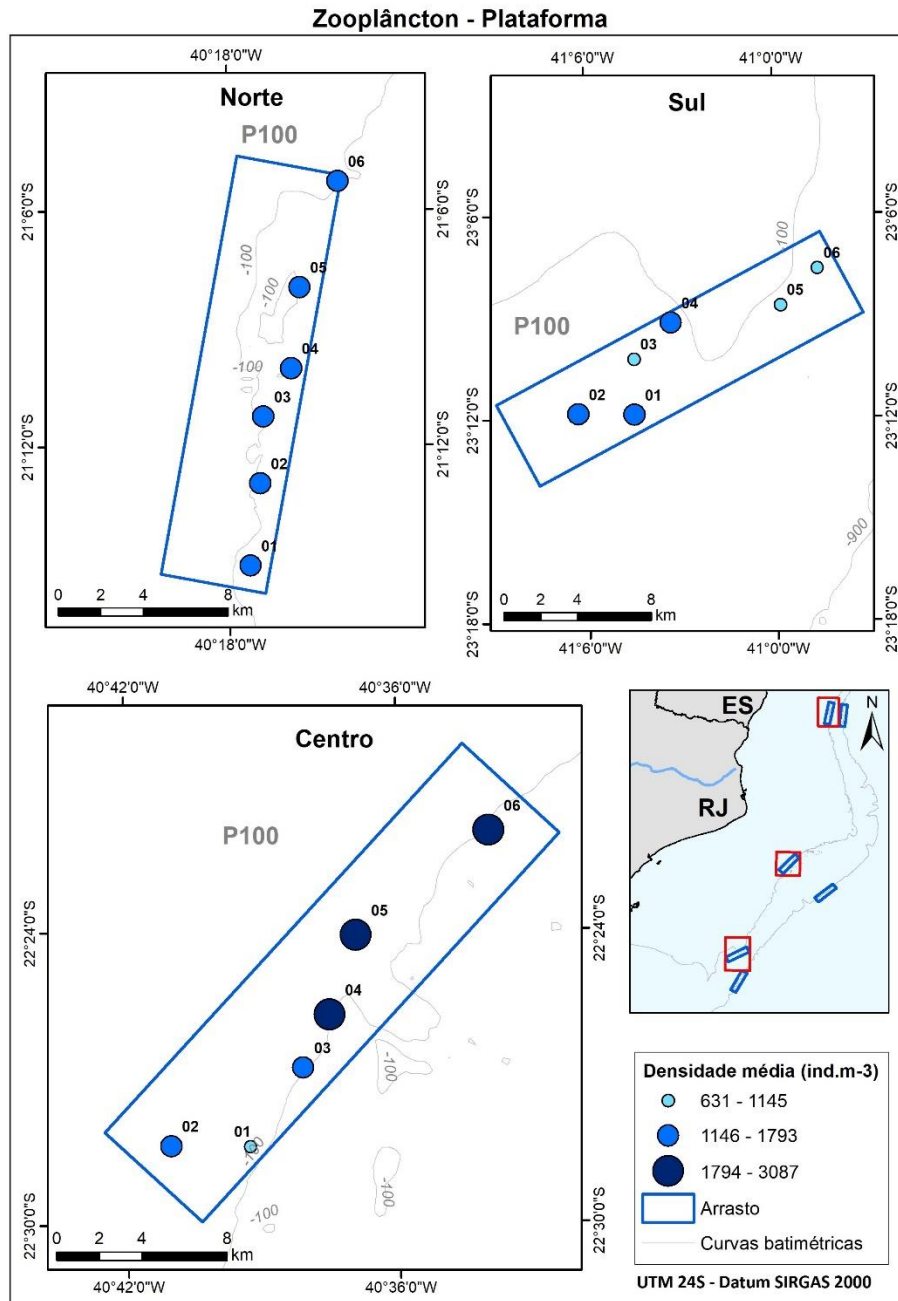


Figura IV.6.3.1-2 – Distribuição espacial da Densidade do Zooplâncton ao longo da isóbata de 100 metros (plataforma) e entre as áreas Norte, Centro e Sul.

A riqueza da assembleia zooplanctônica, que avalia o número de táxons registrados em uma região, estimou para toda a província da plataforma um valor mediano de 44 táxons, variando desde 35 a 51 táxons por estação. As áreas Centro e Sul revelaram medianas e médias mais altas que aquelas observadas na área Norte, apesar de significativa apenas entre as áreas Centro e Norte ($t=2,32$; $p=0,03$) para a riqueza de copépodes (Figura IV.6.3.1-3).

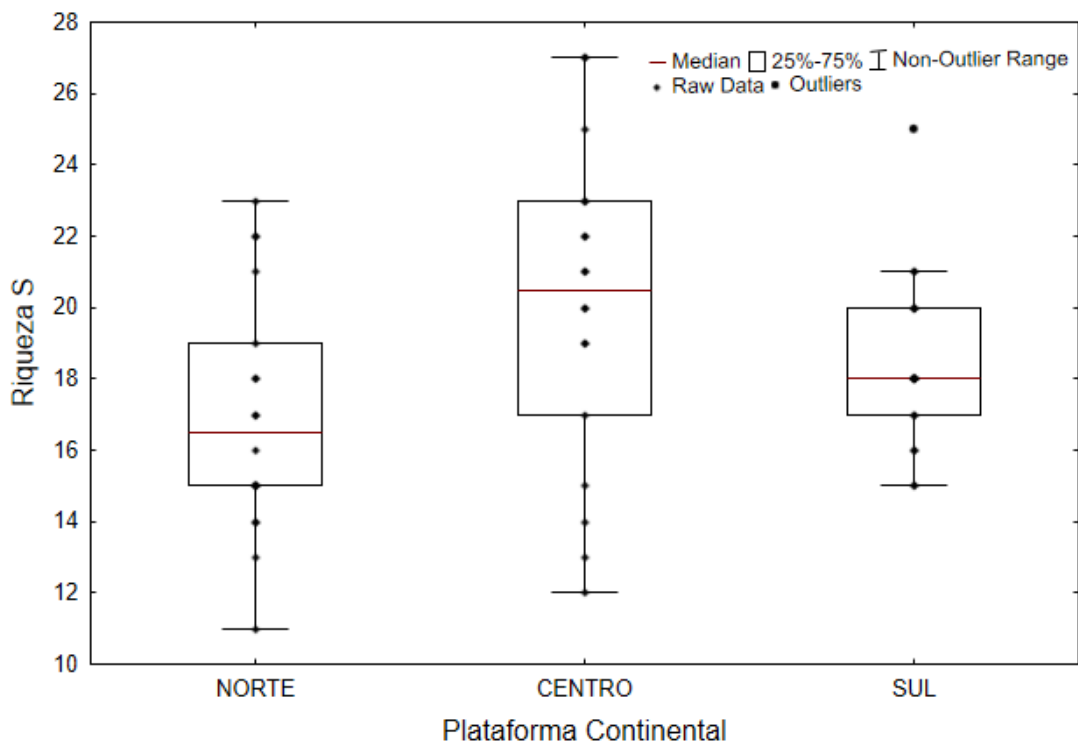


Figura IV.6.3.1-3 – Box-plot da Riqueza (S) de Copepoda ao longo da isóbata de 100 metros (plataforma) e entre as áreas Norte, Centro e Sul.

A diversidade de Shannon (H') variou entre 3,10 e 4,51 bits.ind^{-1} , com média igual a 3,91 bits.ind^{-1} . As maiores diversidades ocorreram igualmente nas áreas Centro e Sul comparativamente à área Norte, significativamente para ambas as áreas ($t_{\text{norte-centro}}=2,52$; $p=0,02$; $t_{\text{norte-sul}}=4,08$; $p=0,0004$) (Figura IV.6.3.1-4A). A equitatividade de Pielou foi significativamente maior na área Sul em comparação às demais ($t_{\text{centro-sul}}=2,30$; $p=0,03$; $t_{\text{norte-sul}}=2,89$; $p=0,008$). A dominância de Simpson (Λ) foi significativamente diferente para a assembleia de copépodes em todas as áreas da plataforma ($F=9,38$; $p=0,0002$), variou ao longo de um gradiente

decrecente desde a área Norte até o Sul ($t_{\text{norte-centro}}=2,04$; $p=0,05$; $t_{\text{centro-sul}}=2,90$; $p=0,006$; $t_{\text{norte-sul}}=4,32$; $p=0,0001$) (Figura IV.6.3.1-4B).

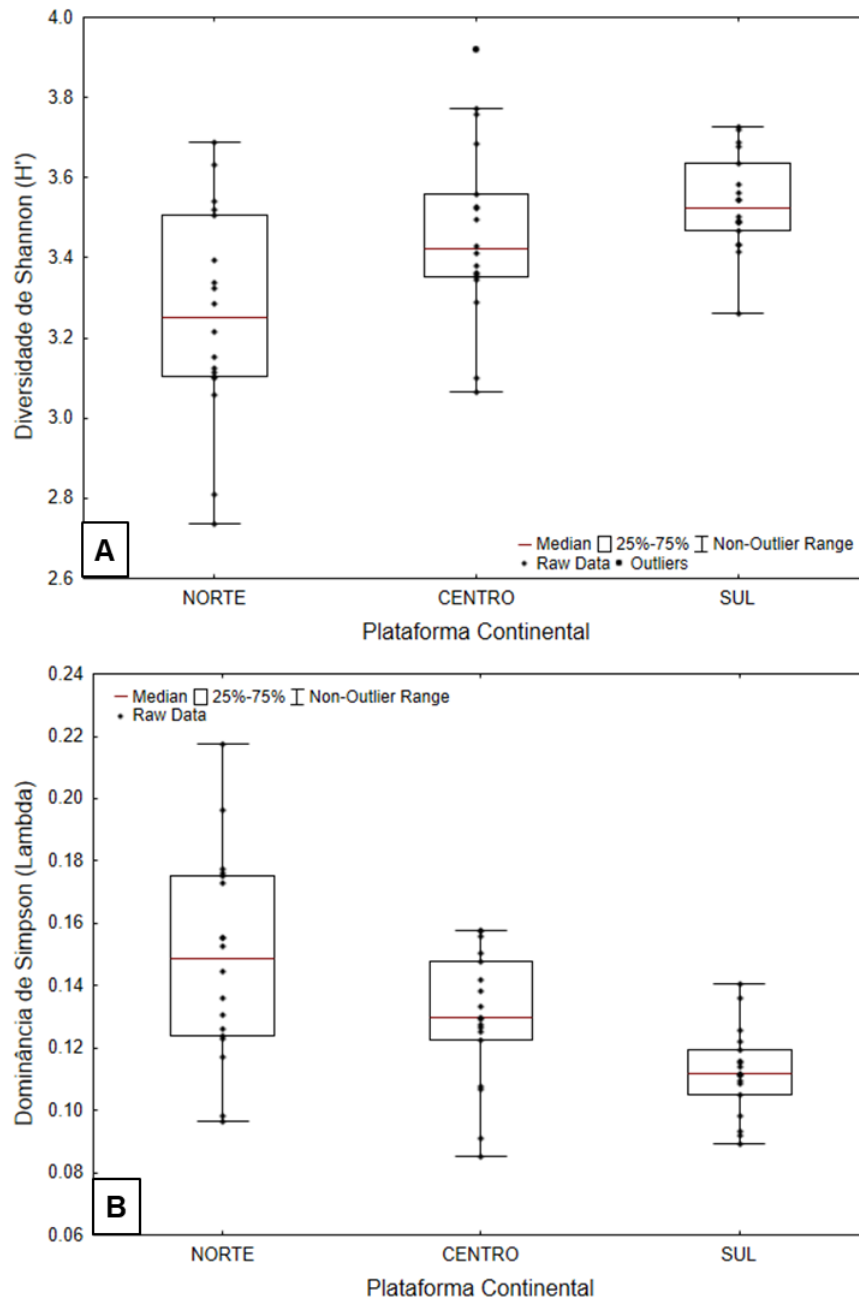


Figura IV.6.3.1-4 – Box-plot da (A) Diversidade de Shannon (H') e (B) Dominância de Simpson (Λ) para a assembleia de Copepoda ao longo da isóbata de 100 metros (plataforma) e entre as áreas Norte, Centro e Sul.

Tabela IV.6.3.1-1 – Número de amostras (N) e valores de biomassa do séston ($g.m^{-3}$), densidade do zooplâncton ($ind. m^{-3}$), riqueza (S), equitatividade de Pielou (J'), diversidade de Shannon (H') e dominância de Simpson (Lambda) obtidos nas áreas Norte, Centro e Sul da Plataforma Continental.

Área	Parâmetros	N	Média	Mediana	Mín.	Máx.	Desv. Padrão	Coef. Variação
Norte	Biomassa	18	0,16	0,15	0,08	0,27	0,06	35,07
	Densidade	18	1484	1324	694	2828	596	40
	Riqueza (S)	18	42,11	41,5	35	48	3,51	8,34
	Equitatividade (J')	18	0,68	0,68	0,60	0,76	0,04	6,60
	Diversidade (H')	18	3,66	3,64	3,10	4,09	0,28	7,73
	Dominância (Lambda)	18	0,12	0,11	0,08	0,18	0,03	24,82
Centro	Biomassa	18	0,20	0,17	0,04	0,46	0,10	51,56
	Densidade	18	1730	1293	195	5831	1423	82
	Riqueza (S)	18	44,83	45,50	36	51	4,67	10,41
	Equitatividade (J')	18	0,74	0,74	0,66	0,81	0,04	5,42
	Diversidade (H')	18	4,03	4,05	3,43	4,51	0,27	6,80
	Dominância (Lambda)	18	0,10	0,10	0,07	0,13	0,02	19,64
Sul	Biomassa	18	0,11	0,10	0,06	0,21	0,04	32,55
	Densidade	18	1351	1058	425	3740	946	70
	Riqueza (S)	18	44	44	40	50	2,77	6,28
	Equitatividade (J')	18	0,74	0,74	0,68	0,78	0,03	3,44
	Diversidade (H')	18	4,02	4,05	3,78	4,20	0,13	3,13
	Dominância (Lambda)	18	0,09	0,09	0,07	0,12	0,01	12,50

Dentre todos os grupos do zooplâncton, os copépodes foram dominantes, com percentual variando de 52% a 98% da densidade total na plataforma. Um pouco menos abundantes embora frequentes em toda a plataforma, populações de apendicularias, doliólídeos e foraminíferos – dentre os grupos suspensívoros e filtradores –, e de quetognatos, dentre os predadores planctônicos, foram registradas em densidades entre 10^2 e 10^1 $ind.m^{-3}$ (Tabela IV.6.3.1-2). Esse grupo de organismos foi numericamente mais abundante (> densidade) nas áreas Centro e Sul já destacadas acima.

Tabela IV.6.3.1-2 – Densidade média (ind.m⁻³) dos táxons mais importantes (≥ 1 ind.m⁻³) nas áreas Norte, Centro e Sul da plataforma continental, e média geral consolidada (Geral).

	Plataforma			Geral
	Norte	Centro	Sul	
Filtradores/Suspensívoros				
Classe Appendicularia	47	82	54	61
Ordem Doliolida	22	13	16	17
Filo Foraminifera	5	4	37	16
Ordem Pteropoda	4	13	9	8
Superordem Cladocera	0	18	0	6
Classe Ostracoda	2	6	3	4
Ordem Euphausiacea	1	1	1	1
Total	81	136	120	112
Predadores				
Filo Chaetognatha	21	11	30	21
Classe Hydrozoa	5	5	2	4
Ordem Siphonophorae	1	2	2	2
Ordem Amphipoda	0	2	1	1
Total	28	19	35	27
Variados				
Copepoda	1345	1487	1132	1321
Larvas de Gastropoda	10	14	52	25
Filo Bryozoa	1	45	1	16
Subfilo Crustacea	7	6	4	6
Larvas de Bivalvia	1	12	1	5
Ordem Decapoda	5	1	1	3
Classe Polychaeta	1	1	2	1
Nauplius	2	6	1	3
Larva de Echinodermata	0	0	1	1
Outros (<1 ind.m ⁻³)	3	1	2	2
Total	1375	1573	1197	1383

Além dos táxons holoplanctônicos¹ mencionados, também foram identificados grupos meroplanctônicos², como larvas de poliquetos, briozoários, moluscos gastrópodes e bivalves, alguns dos quais evidentes em maiores densidades na região Centro. Todas as demais populações do zooplâncton na plataforma ocorreram em densidades inferiores a 10¹ ind.m⁻³ (Anexo IV.6.7-2).

¹ Holoplâncton é o conjunto de táxons que têm todo ciclo de vida no plâncton.

² Meroplâncton compreende táxons com uma parte do ciclo de vida no plâncton e outra no bentos ou no nécton.

Foram registrados 14 grupos do zooplâncton com densidade média inferior a 1 ind.m⁻³, dentre os quais salpas, larvas de cirrípedes, misidáceos e ctenóforos.

Como mencionado acima, copépodes representaram 90% do zooplâncton na plataforma, com densidades entre 122 e 5723 ind.m⁻³. No comparativo entre as áreas da plataforma, diferenças significativas ($t > 1,77$; $p < 0,003$) foram apontadas entre as médias da densidade de copépodes das áreas Norte (1345 ind.m⁻³), Centro (1487 ind.m⁻³) e Sul (1132 ind.m⁻³) (Figura IV.6.3.1-5). Das 67 espécies de copépodes registradas em todos os polígonos da plataforma, apenas 15 tiveram densidade maior ou igual a 10¹ ind.m⁻³ e reunidas representaram de 76% a 88% de toda a densidade da subclasse. Dentre essas espécies, destacaram-se *Clausocalanus parapergens* Frost & Fleminger, 1968 e *Paracalanus parvus* Claus, 1863, que dominaram sobre as demais com valores superiores a 10² ind.m⁻³ na média geral (Tabela IV.6.3.1-3). Três outras espécies com densidades superiores a 10² ind.m⁻³ também se destacaram das demais por sua distribuição particularmente heterogênea na plataforma. Assim, as populações de *Temora stylifera* (Dana, 1849) e de *Oithona plumifera* Baird, 1843 foram proporcionalmente menos abundantes na área Norte da plataforma, enquanto *Corycaeus giesbrechti* Dahl, 1894 foi menos abundante no Centro. A distribuição das demais populações de copépodes pelas três regiões da plataforma foi proporcionalmente mais homogênea e com densidades entre 10¹ e 10² ind.m⁻³.

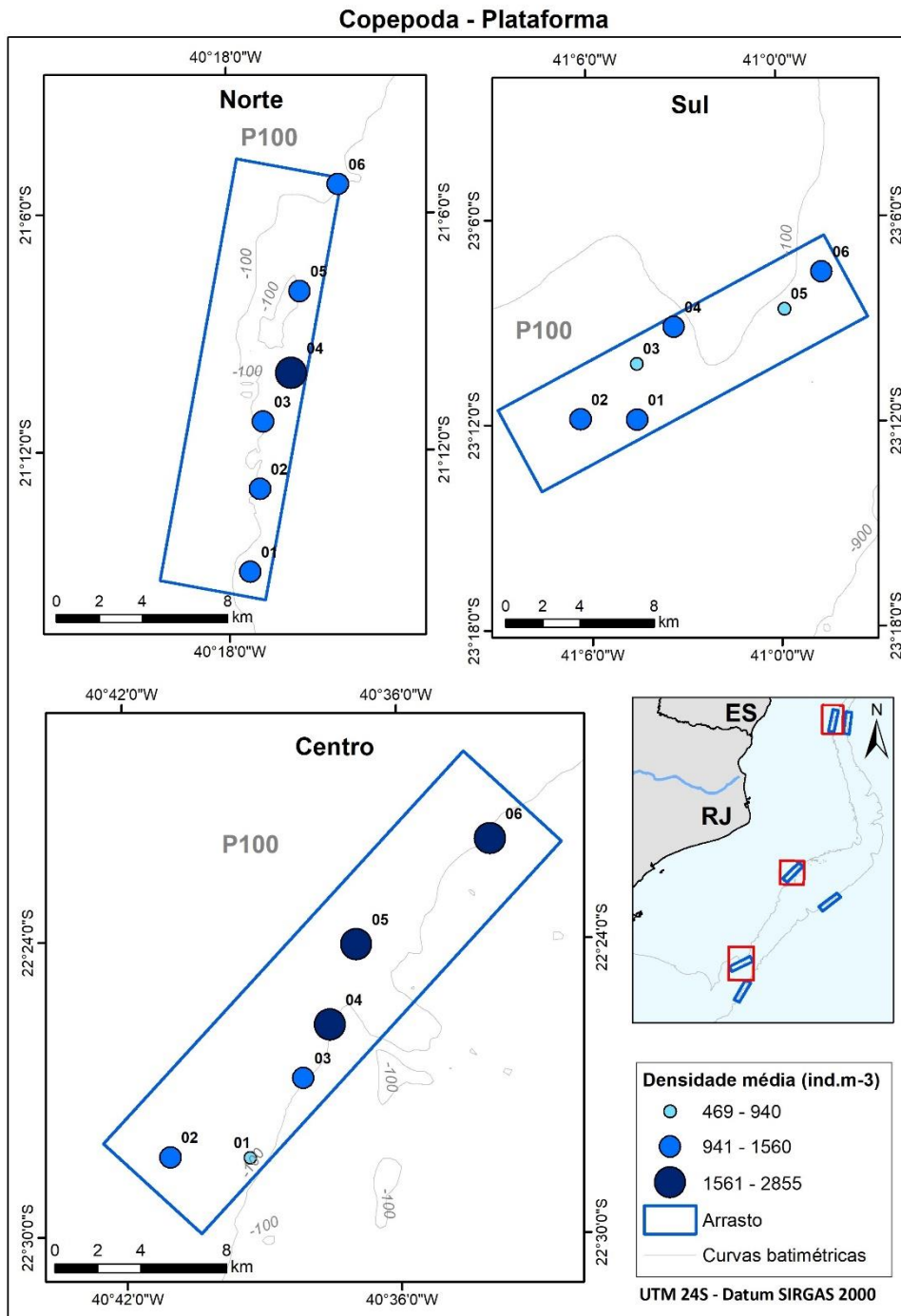


Figura IV.6.3.1-5 – Distribuição espacial da Densidade (ind.m⁻³) de Copepoda ao longo da isóbata de 100 metros (plataforma) e entre as áreas Norte, Centro e Sul.

Tabela IV.6.3.1-3 – Densidade média (ind.m^{-3}) das espécies de copépodes mais importantes ($\geq 10 \text{ ind.m}^{-3}$) nas áreas Norte, Centro e Sul da plataforma continental, e média geral consolidada (Geral).

	Plataforma			
	Norte	Centro	Sul	Geral
<i>Clausocalanus parapergens</i>	299	311	201	270
<i>Paracalanus parvus</i>	195	233	44	157
<i>Temora stylifera</i>	82	105	105	97
<i>Corycaeus giesbrechti</i>	106	63	107	92
<i>Oncaea venusta</i>	53	64	132	83
<i>Oithona plumifera</i>	24	103	105	77
<i>Oncaea conifera</i>	57	60	68	62
<i>Acrocalanus longicornis</i>	43	59	77	60
<i>Temora turbinata</i>	76	44	38	53
<i>Calanoides carinatus</i>	20	85	28	44
<i>Paracalanus quasimodo</i>	53	43	9	35
<i>Calocalanus pavo</i>	19	30	52	34
<i>Undinula vulgaris</i>	32	36	17	28
<i>Corycaeus lautus</i>	44	0	7	17
<i>Paracalanus nanus</i>	11	24	4	13
Demais espécies	78	117	105	100

As diferenças na comparação da composição e densidade dos copépodes entre áreas da plataforma foram evidenciadas pela análise de dados multivariados PERMANOVA e PERMDISP. A maior intensidade de diferença entre médias (PERMANOVA) ocorreu entre as assembleias de copépodes das áreas Norte e Sul ($t=2,53$; $p=0,0001$), seguida pela diferença entre as áreas Centro e Sul ($t=2,06$; $p=0,0009$) e por fim entre Norte e Centro ($t=1,77$; $p=0,0028$). Por outro lado, foi significativa apenas a diferença de dispersão (PERMDISP) entre as áreas Norte e Centro ($t=2,25$; $p=0,03$). Essas diferenças estão evidentes também na disposição das amostras de acordo com a similaridade (Bray-Curtis) no plano multidimensional (Figura IV.6.3.1-6). As amostras da área Sul têm maior similaridade entre si e se concentraram no quadrante superior direito, ao passo que aquelas provenientes das áreas Norte e Centro se espalham por todo o plano.

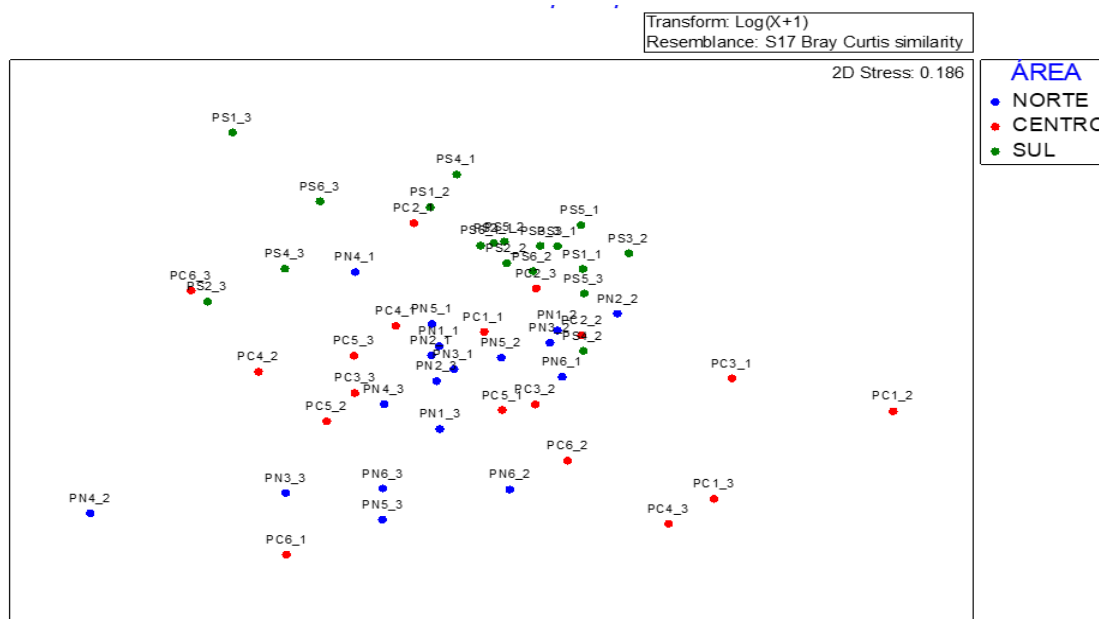


Figura IV.6.3.1-6 – Escalonamento multidimensional não-métrico (NMDS) com base na matriz de similaridade (Bray-Curtis) calculada entre as densidades dos táxons principais da assembleia de Copepoda entre as áreas Norte (pontos azuis), Centro (pontos vermelhos) e Sul (pontos verdes) da plataforma.

Os resultados das análises PERMANOVA realizadas com os dados de composição taxonômica de Copepoda, biomassa do séston, densidade, riqueza (S), equitatividade de Pielou (J'), diversidade de Shannon (H'²) e dominância de Simpson (Lambda) obtidos durante este estudo nas áreas Norte, Centro e Sul da Plataforma Continental estão detalhados no Anexo IV.6.7-3.

IV.6.3.2 – Áreas Sul, Centro e Norte do Talude

Na província do talude, os valores de biomassa tiveram menor amplitude de variação e, por consequência, menor dispersão em relação à média do que aqueles da plataforma. Os valores oscilaram entre o mínimo global para todas as áreas igual a $0,07 \text{ g}\cdot\text{m}^{-3}$ e o máximo de $0,18 \text{ g}\cdot\text{m}^{-3}$, a maioria dos quais próximo a ou pouco abaixo da biomassa média em todo o talude (obliquidade=0,77). Analogamente, as diferenças entre áreas foram menores que aquelas observadas na plataforma (Figura IV-6.3.2-1).

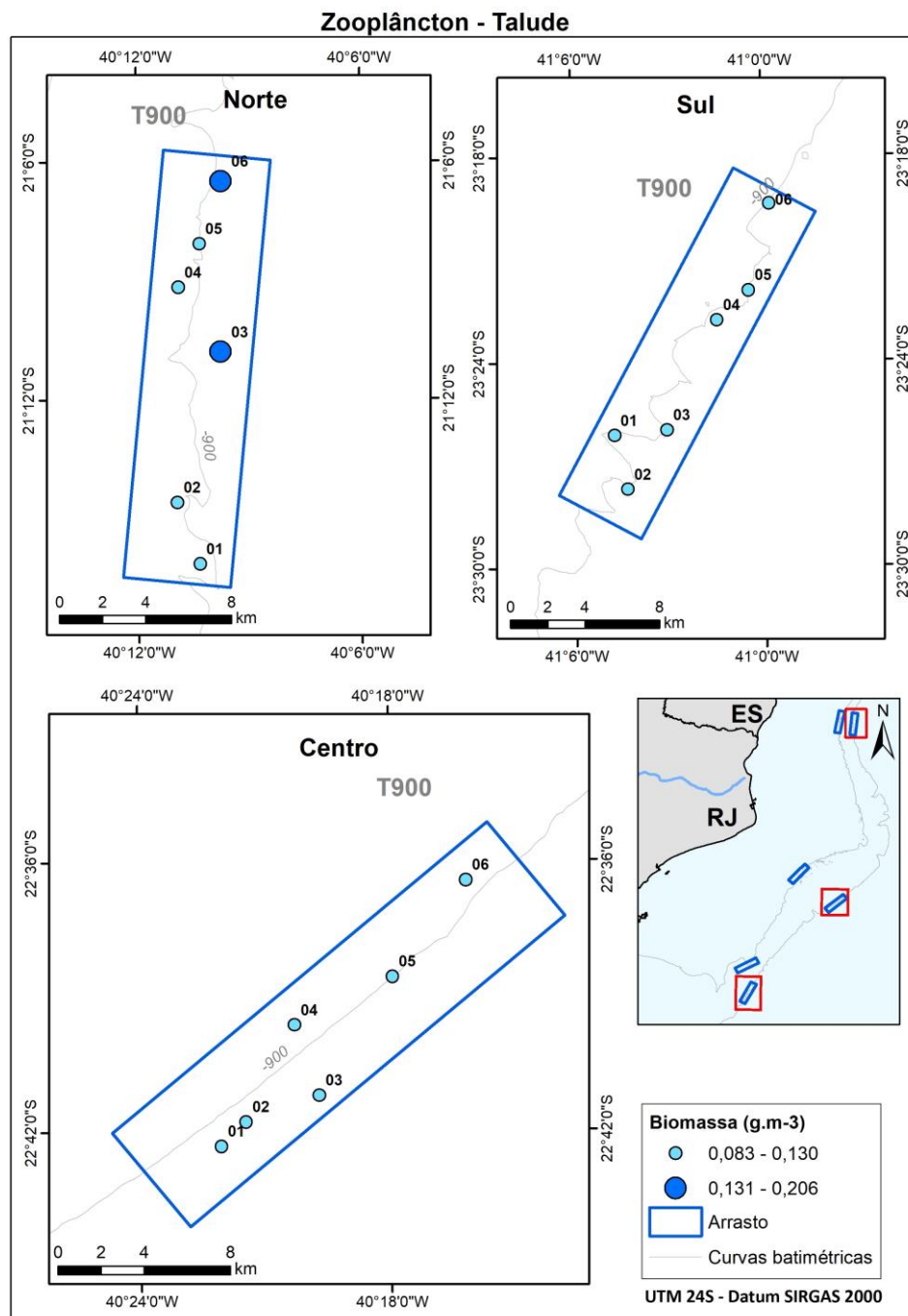


Figura IV.6.3.2-1 – Distribuição espacial da Biomassa do Séston ao longo da isóbatas de 900 metros (talude) e entre as áreas Norte, Centro e Sul.

Ainda nessa mesma tendência, a amplitude de variação da densidade dos organismos do zooplâncton foi menor no talude, onde a mínima e a máxima considerando todas as áreas foram respectivamente iguais a 230 ind.m⁻³ e 2088 ind.m⁻³. A média de 1043 ind.m⁻³ representou a densidade média dos polígonos do talude com mais acurácia, dada a dispersão proporcionalmente menor (CV=38%)

em relação à dispersão dos valores da plataforma (CV=68%). A maior densidade média no polígono Norte reduziu-se para cerca de 85% no polígono Centro e 67% no Sul, definindo um gradiente decrescente de norte a sul no talude (Figura IV.6.3.2-2). Esse gradiente foi intenso o suficiente para gerar diferenças significativas para a assembleia de copépodes entre a área Sul e Centro ($t=2,22$; $p=0,03$) e entre a área Sul e Norte ($t=3,61$; $p=0,001$).

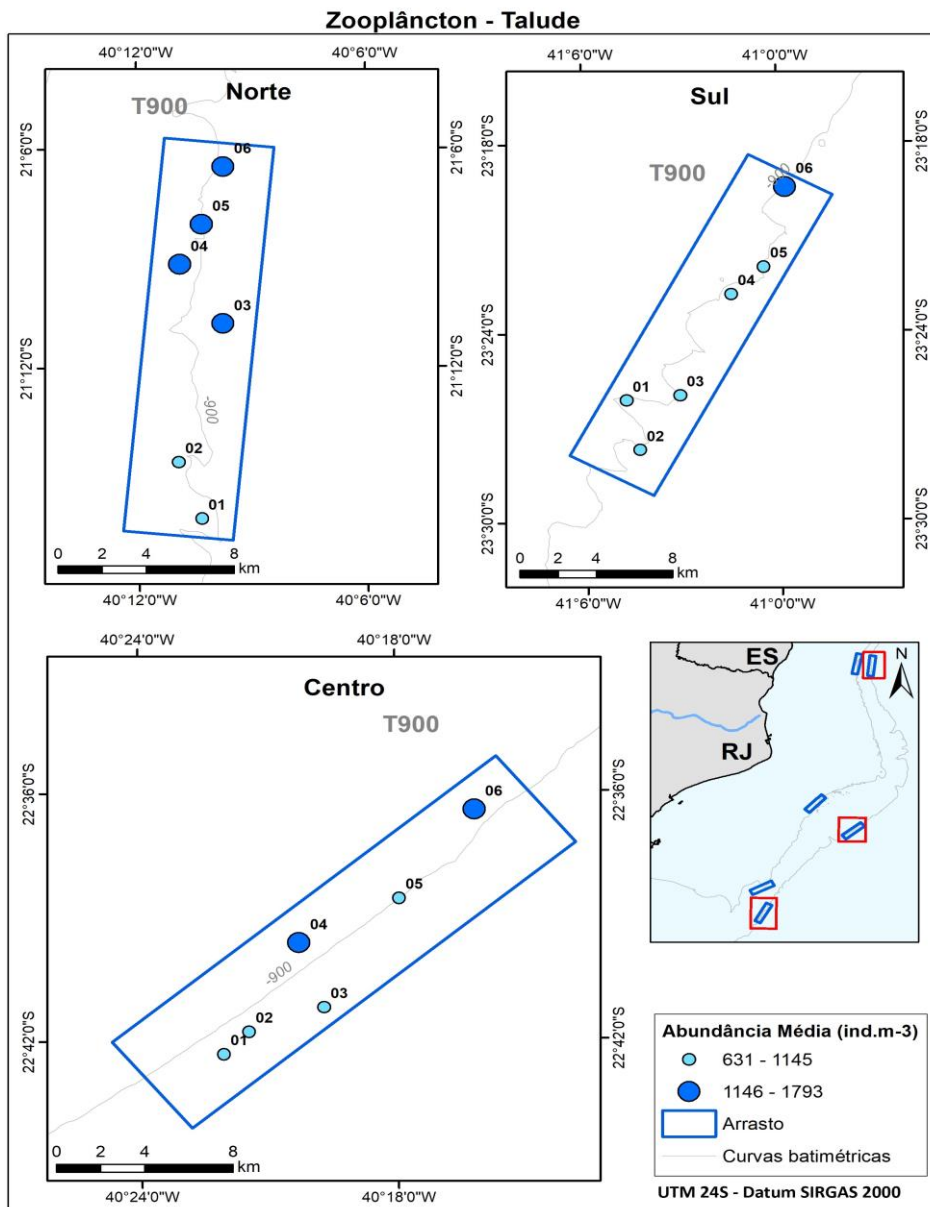


Figura IV.6.3.2-2 – Distribuição espacial da Densidade do Zooplâncton ao longo da isóbata de 900 metros (talude) e entre as áreas Norte, Centro e Sul.

A riqueza média no talude foi em geral superior à da plataforma e oscilou entre 38 e 55 táxons. A média numericamente mais alta ocorreu na área Sul, ao longo de um gradiente no talude. No entanto, não ocorreram diferenças estatisticamente significativas entre áreas considerando a riqueza de copépodes (Figura IV.6.3.2-3). Outros índices – diversidade de Shannon ($t=2,60$; $p=0,01$) e equitatividade de Pielou ($t=2,03$; $p=0,05$) –, todavia, destacaram significativamente a área Sul das demais (Figura IV.6.3.2-4). Naturalmente, a dominância teve distribuição contrária em um gradiente decrescente de Norte a Sul (Tabela IV.6.3.2-1).

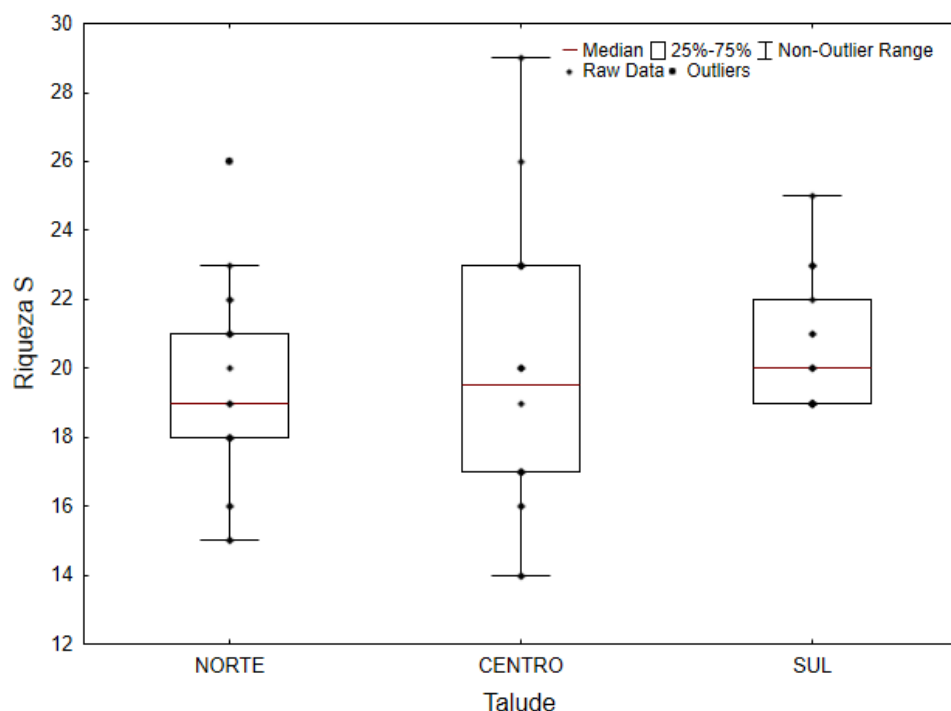


Figura IV.6.3.2-3 – Box-plot da Riqueza (S) de Copepoda ao longo da isóbata de 900 metros (talude) e entre as áreas Norte, Centro e Sul.

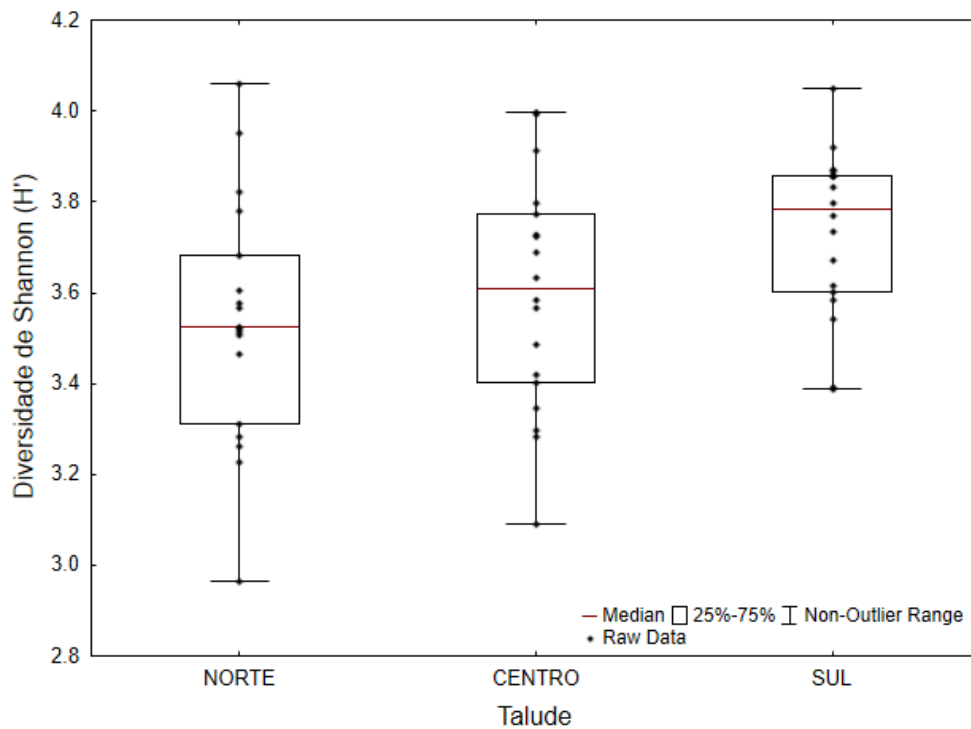


Figura IV.6.3.2-4 – Box-plot da Diversidade de Shannon (H') para a assembleia de Copepoda ao longo da isóbata de 900 metros (talude) e entre as áreas Norte, Centro e Sul.

Tabela IV.6.3.2-1 – Número de amostras (N) e valores de biomassa do séston ($g.m^{-3}$), densidade do zooplâncton ($ind. m^{-3}$), riqueza (S), equitatividade de Pielou (J'), diversidade de Shannon (H') e dominância de Simpson (Lambda) obtidos nas áreas Norte, Centro e Sul do Talude.

Área	Parâmetros	N	Média	Mediana	Mín.	Máx.	DP	CV
Norte	Biomassa	18	0,12	0,12	0,09	0,17	0,02	17,73
	Densidade	18	1243	1193	628	2088	390	31
	Riqueza (S)	18	44,17	44	39	51	3,05	6,91
	Equitatividade (J')	18	0,72	0,73	0,64	0,79	0,04	5,88
	Diversidade (H')	18	3,94	3,98	3,48	4,49	0,27	6,92
	Dominância (Lambda)	18	0,10	0,09	0,06	0,15	0,03	27,33
Centro	Biomassa	18	0,10	0,09	0,07	0,18	0,03	30,61
	Densidade	18	1056	935	748	2067	347	33
	Riqueza (S)	18	44,72	44	38	55	5,02	11,21
	Equitatividade (J')	18	0,74	0,74	0,68	0,78	0,03	3,77
	Diversidade (H')	18	4,03	4,01	3,59	4,40	0,22	5,39
	Dominância (Lambda)	18	0,09	0,09	0,06	0,13	0,02	19,07
Sul	Biomassa	18	0,10	0,10	0,07	0,12	0,01	13,83
	Densidade	18	831	778	230	1683	368	44
	Riqueza (S)	18	46,78	46,50	43	51	2,10	4,49
	Equitatividade (J')	18	0,77	0,78	0,68	0,81	0,03	4,39
	Diversidade (H')	18	4,28	4,34	3,76	4,56	0,21	4,98
	Dominância (Lambda)	18	0,07	0,07	0,06	0,12	0,02	22,11

Dentre os táxons mais abundantes, copépodes representaram de 51% a 97% da densidade total no talude, com média de 879 ind.m^{-3} ($n=54$; $DP=375 \text{ ind.m}^{-3}$) e amplitude de 169 a 2032 ind.m^{-3} . Como grupo mais abundante, os copépodes seguiram a tendência de diminuição na densidade desde o polígono Norte até o Sul. Outros quatro grupos do zooplâncton – apendiculárias, foraminíferos, quetognatos e larvas de gastrópodes – ocorreram em densidade média acima de 10 ind.m^{-3} e nenhum deles exibiu a mesma tendência de redução de Norte a Sul. Por exemplo, foraminíferos e quetognatos foram mais abundantes no polígono Sul. A maioria dos táxons, no entanto, foi pouco abundante ($<10 \text{ ind.m}^{-3}$) e por vezes com uma distribuição heterogênea entre as regiões do talude, como as larvas de bivalves (Tabela IV.6.3.2-2).

Tabela IV.6.3.2-2 – Densidade média (ind.m^{-3}) dos táxons mais importantes ($\geq 1 \text{ ind.m}^{-3}$) nas áreas Norte, Centro e Sul do talude, e média geral consolidada (Geral).

	Talude			
	Norte	Centro	Sul	Geral
Filtradores/Suspensívoros				
Classe Appendicularia	69	67	53	63
Ordem Doliolida	9	4	7	7
Filo Foraminifera	4	8	24	12
Ordem Pteropoda	2	5	1	3
Superordem Cladocera	0	0	0	0
Classe Ostracoda	8	2	7	6
Ordem Euphausiacea	4	3	5	4
Total	97	90	97	94
Predadores				
Filo Chaetognatha	19	19	35	25
Classe Hydrozoa	1	2	1	1
Ordem Siphonophorae	2	1	2	2
Ordem Amphipoda	0	0	1	1
Total	22	22	40	28
Variados				
Copepoda	1100	880	657	879
Larvas de Gastropoda	13	46	20	26
Filo Bryozoa	1	1	1	1
Subfilo Crustacea	4	5	4	4
Larvas de Bivalvia	1	10	1	4
Ordem Decapoda	1	1	0	1
Classe Polychaeta	1	1	4	2
Nauplius	1	0	1	1
Larva de Echinodermata	0	0	5	2
Outros	1	1	1	1
Total	1123	945	694	921

Como mencionado acima, copépodes dominaram a densidade do zooplâncton sobre o talude, mas também dominaram em riqueza e diversidade. Dentre as 14 espécies mais abundantes do talude ($\geq 10^1 \text{ ind.m}^{-3}$), destacaram-se novamente *Clausocalanus parapergens* Frost & Fleminger, 1968 e *Paracalanus parvus* Claus, 1863 no topo, com densidade média respectivamente igual a 161 ind.m^{-3} e 90 ind.m^{-3} , e tendência de decréscimo de norte a sul (Tabela IV.6.3.2-3). Outras espécies com destaque no *ranking* – como por exemplo *Corycaeus*

giesbrechti e *Oithona plumifera* – não seguiram essa mesma tendência e tiveram picos isolados em outras regiões do talude, como Centro e Sul.

Tabela IV.6.3.2-3 – Densidade média (ind.m^{-3}) das espécies de copépodes mais importantes ($\geq 10 \text{ ind.m}^{-3}$) nas áreas Norte, Centro e Sul do talude, e média geral consolidada (Geral).

	Talude			
	Norte	Centro	Sul	Geral
<i>Clausocalanus parapergens</i>	202	180	102	161
<i>Paracalanus parvus</i>	156	64	49	90
<i>Corycaeus giesbrechti</i>	87	92	43	74
<i>Oithona plumifera</i>	51	40	115	69
<i>Oncaea venusta</i>	90	53	50	64
<i>Oncaea conifera</i>	70	42	31	48
<i>Calocalanus pavo</i>	51	50	29	43
<i>Acrocalanus longicornis</i>	29	29	44	34
<i>Undinula vulgaris</i>	45	32	17	31
<i>Temora stylifera</i>	36	28	10	25
<i>Corycaeus lautus</i>	21	34	0	18
<i>Lucicutia flavicornis</i>	9	14	11	12
<i>Paracalanus quasimodo</i>	12	12	10	11
<i>Macrosetella gracilis</i>	4	6	20	10
Demais espécies	95	99	103	99

As diferenças entre áreas do talude, calculadas com base na composição e densidade média dos copépodes, foi significativa entre Norte e Sul ($t=2,59$; $p=0,0001$) e entre Centro e Sul ($t=2,54$; $p=0,0001$), mas inconclusiva entre Norte e Centro ($t=1,26$; $p=0,11$). A separação de áreas pode ser demonstrada também pela disposição das amostras em função da similaridade/dissimilaridade (Bray-Curtis). No plano multidimensional (Figura IV.6.3.2-5), as amostras oriundas da área Sul (pontos verdes) se situaram mais próximas entre si e relativamente afastadas das demais no canto inferior esquerdo. Aquelas das áreas Norte (pontos azuis) e Centro (pontos vermelhos), por outro lado, sobrepõem-se umas às outras no canto superior direito do plano.

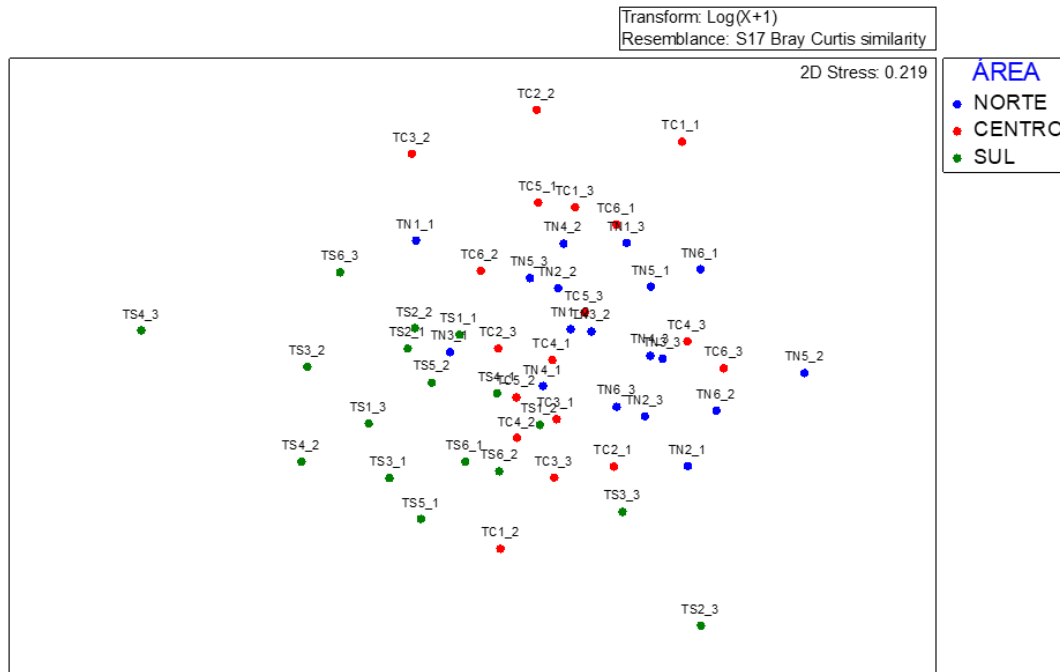


Figura IV.6.3.2-5 – Escalonamento multidimensional não-métrico (NMDS) com base na matriz de similaridade (Bray-Curtis) calculada entre as densidades dos táxons principais da assembleia de Copepoda entre as áreas Norte (pontos azuis), Centro (pontos vermelhos) e Sul (pontos verdes) do talude. Amostra TS5_3 excluída para melhor visualização dos dados.

Os resultados das análises PERMANOVA realizadas com os dados de composição taxonômica de Copepoda, biomassa do séston, densidade, riqueza (S), equitatividade de Pielou (J'), diversidade de Shannon (H') e dominância de Simpson (Lambda) obtidos durante este estudo nas áreas Norte, Centro e Sul do Talude estão detalhados no Anexo IV.6.7-3.

IV.6.3.3 - Comparação entre Plataforma e Talude

Com base nos índices da assembleia do zooplâncton estimados na presente campanha de monitoramento (Tabela IV.6.3.3-1), a plataforma continental revelou uma média global maior de biomassa ($0,16 \text{ g.m}^{-3}_{\text{plataforma}} \times 0,11 \text{ g.m}^{-3}_{\text{talude}}$) e de densidade ($1522 \text{ ind.m}^{-3}_{\text{plataforma}} \times 1043 \text{ ind.m}^{-3}_{\text{talude}}$) em relação ao talude. Acompanhando essas médias maiores na plataforma, no entanto, foram observadas também maiores amplitudes de variações, com mínimas menores e máximas maiores na plataforma. Em adição, conforme demonstrado por desvio padrão e coeficiente de variação mais altos, houve maior dispersão de valores em relação ao centro (média), com mais valores abaixo da média na plataforma (obliquidade em torno de 1,6) do que no talude (obliquidade em torno de 0,7).

Tabela IV.6.3.3-1 – Estatística descritiva (tamanho amostral – N; média; mediana; amplitude; desvio padrão - DP; coeficiente de variação - CV) das variáveis sintéticas (biomassa – g.m^{-3} , densidade – ind.m^{-3} , riqueza – S, equitatividade de Pielou – J', diversidade de Shannon – H' e dominância de Simpson – Lambda) nas amostras da Plataforma Continental e do Talude.

Província	Parâmetros	N	Média	Mediana	Mín.	Máx.	DP	CV
Plataforma Continental	Biomassa	54	0,16	0,14	0,04	0,46	0,08	49,70
	Densidade	54	1522	1280	195	5831	1037	68
	Riqueza (S)	54	43,65	44	35	51	3,84	8,79
	Equitatividade (J')	54	0,72	0,73	0,60	0,81	0,05	6,41
	Diversidade (H'2)	54	3,91	3,94	3,10	4,51	0,29	7,47
	Dominância (Lambda)	54	0,10	0,10	0,07	0,18	0,03	26,33
Talude	Biomassa	54	0,11	0,10	0,07	0,18	0,02	22,98
	Densidade	54	1043	959	230	2088	399	38
	Riqueza (S)	54	45,22	45	38	55	3,71	8,20
	Equitatividade (J')	54	0,74	0,74	0,64	0,81	0,04	5,45
	Diversidade (H'2)	54	4,08	4,11	3,48	4,56	0,27	6,68
	Dominância (Lambda)	54	0,09	0,08	0,06	0,15	0,02	25,39

Em contraste à maior biomassa e à maior densidade na plataforma, a riqueza de táxons ($S_{\text{plataforma}}=44 \text{ táxons} \times S_{\text{talude}}=45 \text{ táxons}$) e a diversidade de espécies (Shannon; $H'_{\text{plataforma}}=3,90 \times H'_{\text{talude}}=4,08$) do zooplâncton no talude foi maior do que na plataforma (Figura IV.6.3.3-1). Por analogia, a maior diversidade do zooplâncton sobre o talude foi correlacionada a uma menor dominância (Simpson; $\lambda_{\text{plataforma}}=0,10$

$\lambda_{\text{talude}}=0,08$; $R_{\text{spearmanH}'\lambda}=-0,94$) e também a uma maior equidade na contribuição de cada espécie (equitatividade de Pielou; $J'_{\text{plataforma}}=0,72$ x $J'_{\text{talude}}=0,74$; $R_{\text{spearmanH}'J}=0,88$).

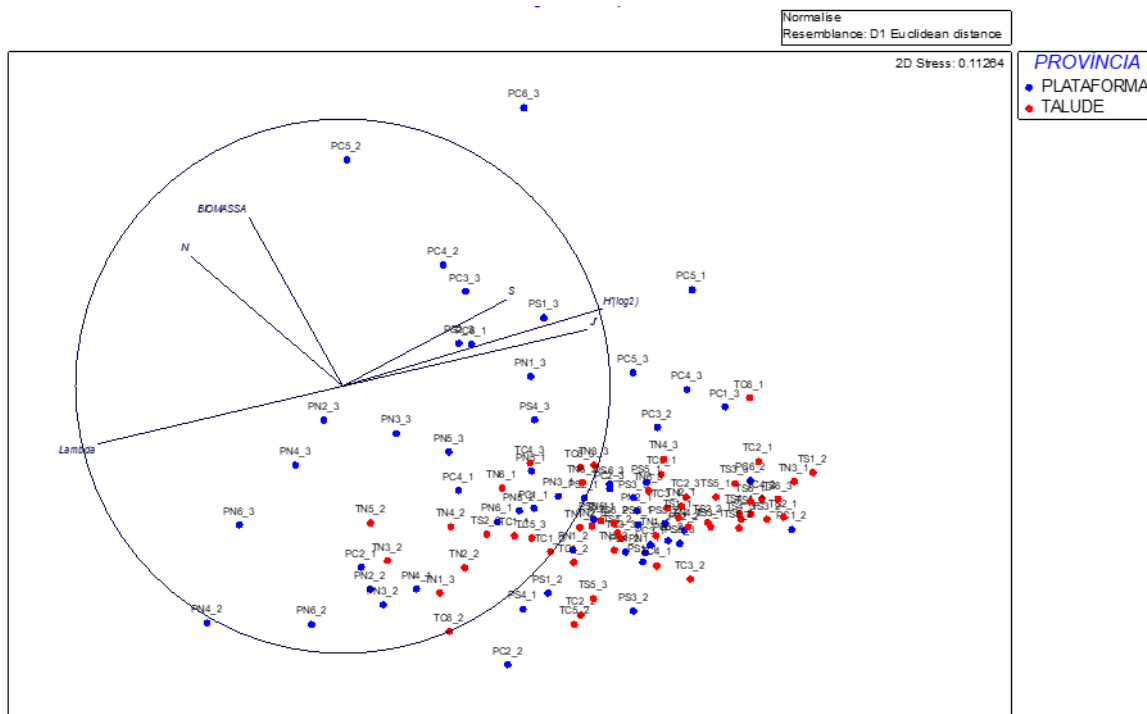


Figura IV.6.3.3-1 – Escalonamento multidimensional não-métrico (NMDS) com base na matriz de similaridade (Distância Euclidiana) calculada entre as variáveis sintéticas das estações da plataforma (pontos azuis) em comparação às estações do talude (pontos vermelhos). A correlação de Spearman entre as variáveis sintéticas está sobreposta como vetores escalares.

Dos grupos mais abundantes ($> 5 \text{ ind.m}^{-3}$) do zooplâncton na presente campanha, cinco se destacaram pela densidade ao menos duas vezes maior na plataforma do que no talude: doliólídeos, pterópodes, cladóceros, hidrozoários e larvas de briozoários. Ao contrário, eufausiáceos foram o único grupo mais abundante no talude de acordo com o mesmo critério. Como um todo, copépodes foram 33% mais abundantes – e também mais variáveis – na plataforma do que no talude ($P_{\text{provincia}}=6,99$; $p=0,0001$; $F_{\text{provincia}}=5,5$; $p=0,02$), embora a área exerça influência direta nessa relação ($P_{\text{provincia}\times\text{area}}=3,2$; $p=0,0001$). Assim, integraram essa assembleia mais abundantes na plataforma em relação ao talude, com uma diferença na densidade entre províncias superior a 50% e com

contribuição (δ SIMPER) na discriminação dos polígonos da área Centro (PC versus TC) superior a 2%, as espécies *Calanoides carinatus* (5,96%), *Temora turbinata* (4,01%) (Figura IV.6.3.3-2), *Acrocalanus longicornis* (3,92%), *Paracalanus quasimodo* (3,74%), *Temora stylifera* (3,47%), *Oithona hebes* (3,36%), *Paracalanus parvus* (2,6%), *Paracalanus nanus* (2,54%). Em contrapartida, as espécies discriminatórias da assembleia do talude, especialmente na área Centro, foram *Corycaeus lautus* (4,52%), *Lucicutia flavicornis* (3,22%), *Corycaeus speciosus* (3,07%), *Scolecithrix bradyi* (2,92%), *Subeucalanus pileatus* (2,91%), *Pleuromamma borealis* (2,16%) e *Centropages gracilis* (2,05%).

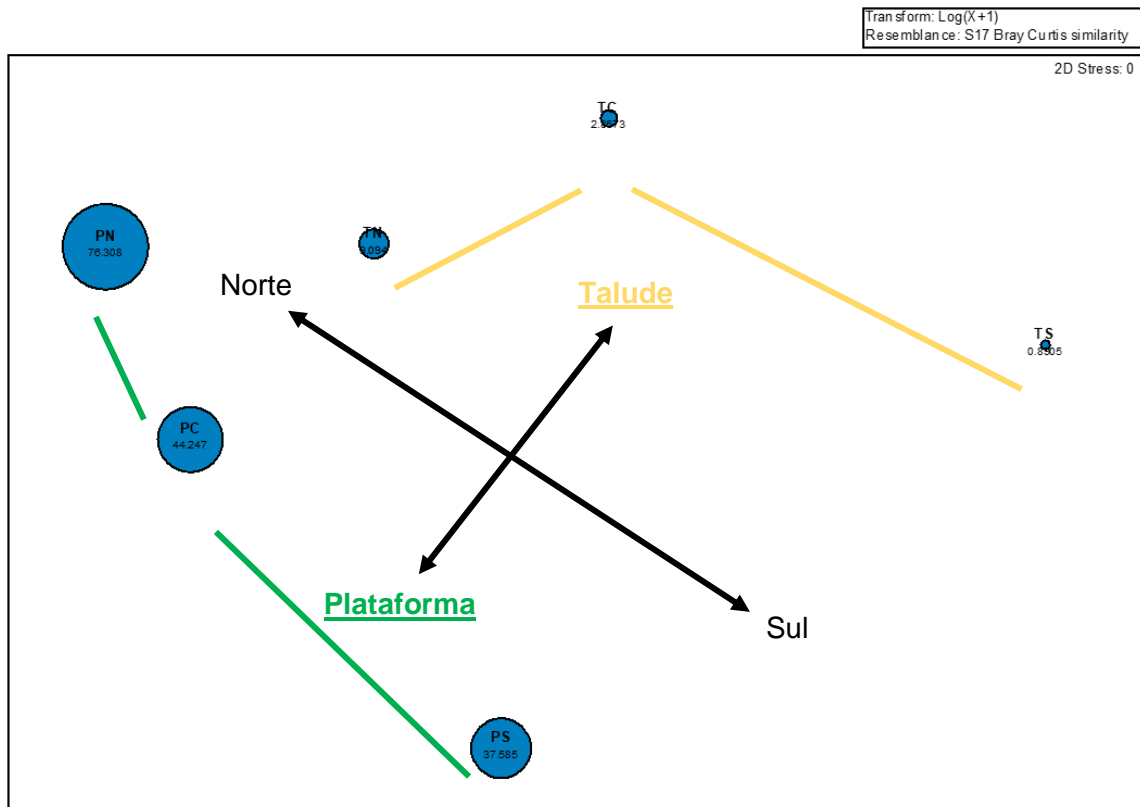


Figura IV.6.3.3-2 – Escalonamento multidimensional não-métrico (NMDS) com base na matriz de similaridade (Bray-Curtis) calculada entre a densidade das populações de *Temora turbinata* nos polígonos da plataforma (PN – Norte, PC – Centro e PS – Sul, linha verde) em comparação aos polígonos do talude (TN – Norte, TC – Centro e TS – Sul, linha amarela) com exemplo das distintas assembleias de Copepoda. O diâmetro das esferas é proporcional à densidade da população no polígono (escala não mostrada).

Com base na comparação da similaridade entre amostras obtidas nas duas províncias – estimada a partir da densidade e composição de todos os táxons do zooplâncton –, houve uma sobreposição parcial do conjunto das amostras da plataforma (pontos azuis) e do talude (pontos vermelhos) coincidente com o cenário apontado acima para as assembleias de copépodes (Figura IV.6.3.3-3): a dispersão das amostras da plataforma é maior que aquela do talude.

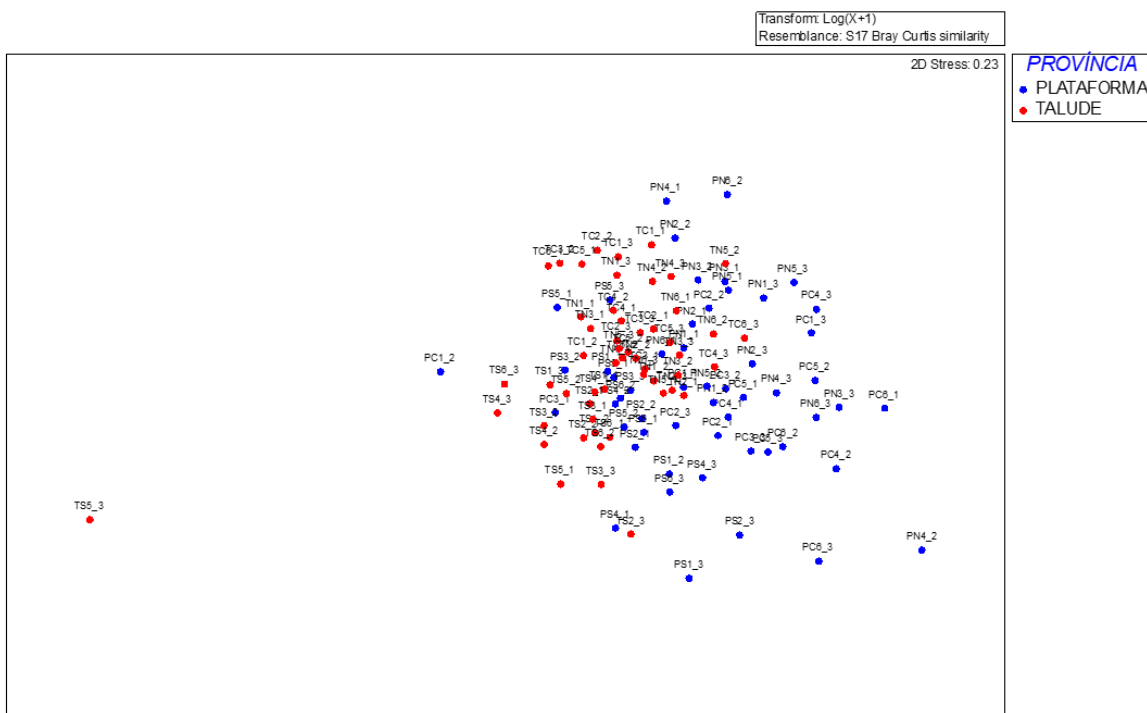


Figura IV.6.3.3-3 – escalonamento multidimensional não-métrico (NMDS) com base na matriz de similaridade (Bray-Curtis) calculada entre as densidades do zooplâncton nas amostras da plataforma continental (pontos azuis) e do talude (pontos vermelhos).

Analisadas em separado, as populações de copépodes reforçaram a caracterização de subconjuntos específicos influenciados simultaneamente pelos fatores Província e Área ($Pseudo-F_{ProvínciaÁrea}=3,2$; $p=0,0001$) (Figura IV.6.3.3-4). A separação entre províncias foi mais evidente na área Centro ($t=2,43$; $p=0,0001$), embora significativa também para as áreas Norte ($t=1,84$; $p=0,002$) e Sul ($t=1,94$; $p=0,002$). Nesse sentido, a dispersão de amostras revelou subconjuntos mais relacionados à interação entre áreas e províncias. Ao Centro na plataforma, o subconjunto foi definido pela ocorrência de isópodes, decápodes, larvas de

briozoários e copépodes das espécies *Calanoides carinatus* e *Oithona hebes*. Ao Centro no talude, destacaram-se as larvas de gastrópodes e os copépodes da espécie *Corycaeus lautus* e *Corycaeus speciosus* (Figura IV.6.3.3-4).

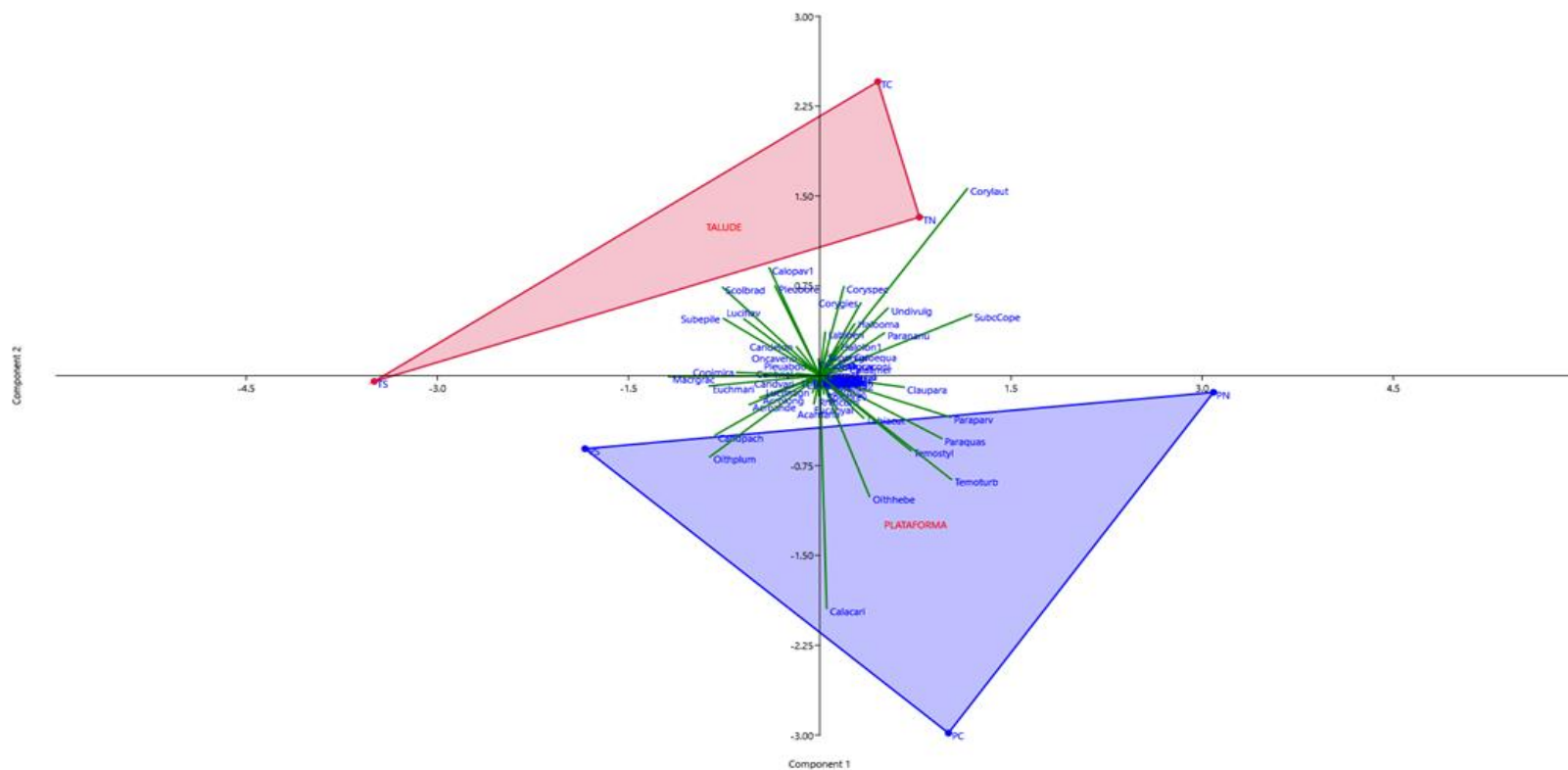


Figura IV.6.3.3-4 – Plano vetorial dos eixos 1 x 2 da Análise de Componentes Principais (PCA) calculada a partir das densidades das espécies de copépodes nas amostras da plataforma continental (azul) e do talude (vermelho).

A interação de fatores na separação entre plataforma e talude também pôde ser notada na análise de componentes principais (PCA), em que o subconjunto formado pelas amostras da área Sul (Figura IV.6.3.3-5, polígono verde) foi separado dos polígonos correspondentes ao agrupamento das amostras das regiões Centro (Figura IV.6.3.3-5, polígono vermelho) e Norte (Figura IV.6.3.3-5, polígono azul). No plano vetorial, o eixo 1 representou 13% da variância dos dados e foi definido pelas altas densidades de *Temora turbinata*, *Calanoides carinatus*, *Paracalanus quasimodo*, *Temora stylifera*, *Oithona hebes*, *Paracalanus parvus* e pelas larvas de briozoários. O eixo 2, que explicou 11% da dispersão dos dados, foi definido pelas populações de *Acrocalanus longicornis*, *Calanoides carinatus*, *Candacia pachydactyla*, *Acrocalanus andersoni*, *Macrosetella gracilis* e *Oithona plumifera*.

Combinados, os eixos 1 e 2 agruparam a maioria das amostras da área Sul no quadrante 4, com valores negativos no eixo 1 e positivos no eixo 2. Levando em consideração as populações que definiram cada um desses eixos, essas amostras da área Sul compartilharam a tendência de altas densidades de larvas de gastrópodes e de espécies como *Acrocalanus longicornis*, *Calanoides carinatus*, *Clausocalanus parapergens* e *Candacia pachydactyla*. No outro subconjunto, que reuniu as amostras das áreas Norte e Centro, houve predominância de valores baixos de biomassas e picos isolados de táxons como apendiculárias, copepoditos e as espécies de copépodes *Corycaeus lautus* e *Paracalanus nanus*.

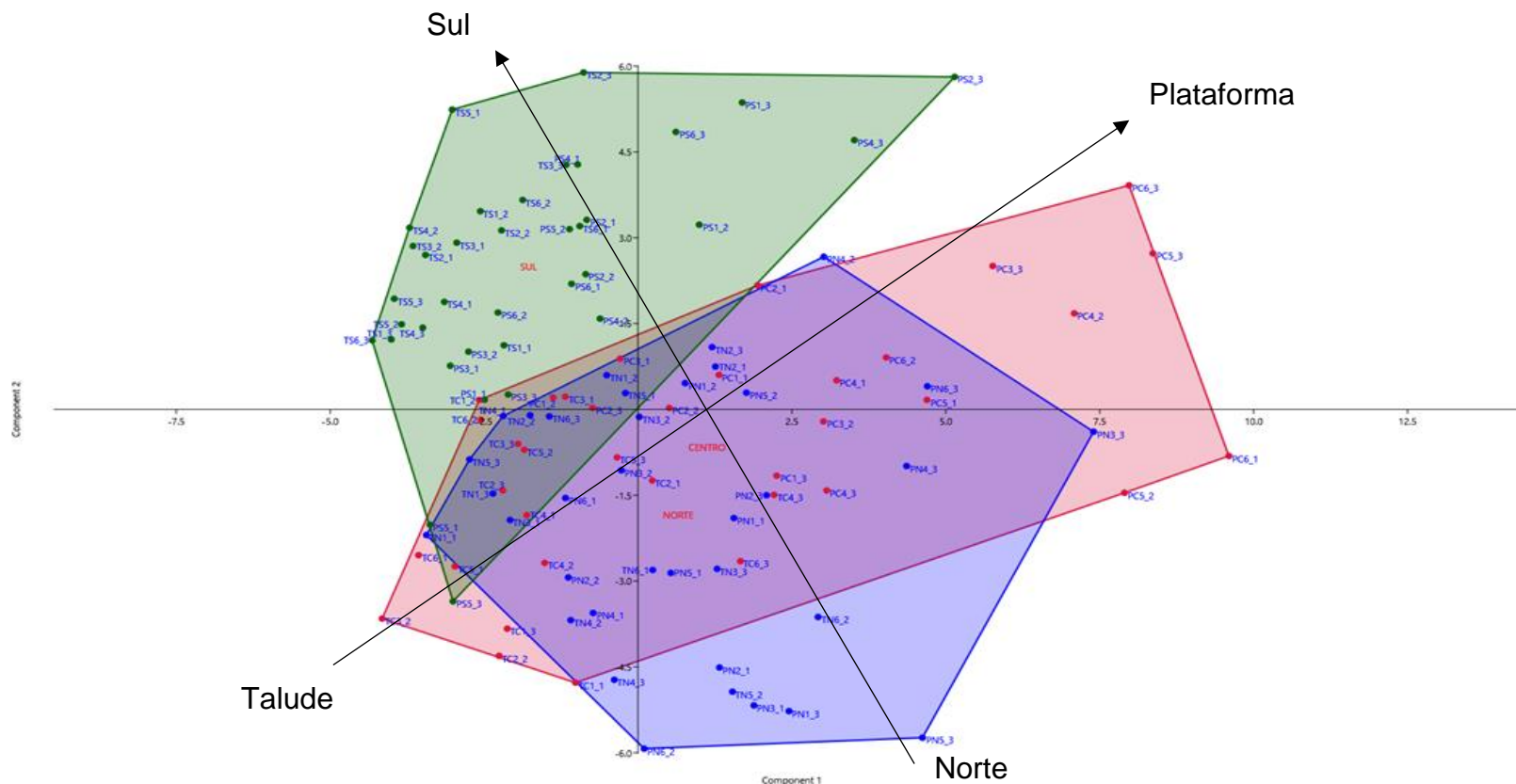


Figura IV.6.3.3-5 – Plano vetorial dos eixos 1 x 2 da Análise de Componentes Principais (PCA) calculada a partir das densidades do zooplâncton nas amostras das áreas Norte (pontos azuis circunscritos ao polígono azul), Centro (pontos vermelhos circunscritos ao polígono vermelho) e Sul (pontos verdes circunscritos ao polígono verde). A relevância da interação entre fatores está representada pelos eixos Talude-Plataforma e Norte-Sul (setas pretas).

Os resultados das análises PERMANOVA de comparação de províncias, realizadas com os dados de composição taxonômica de Copepoda, biomassa do séston, densidade, riqueza (S), equitatividade de Pielou (J'), diversidade de Shannon (H') e dominância de Simpson (Lambda) obtidos durante este estudo na Plataforma Continental e no Talude estão detalhados no Anexo IV.6.7-3.

IV.6.3.4 – Comparação PMAR-BC e PCR-BC

Em uma perspectiva ampla, a assembleia do zooplâncton em ambos os projetos PMAR-BC e PCR-BC pôde ser descrita com base nos parâmetros populacionais de cerca de 30 táxons, que reunidos representaram 90% de toda a densidade na região da Bacia de Campos (Figura IV.6.3.4-1). A sinopse dos táxons encontrados em cada projeto (PMAR-BC e PCR-BC) encontra-se no Anexo IV.6.7-5.

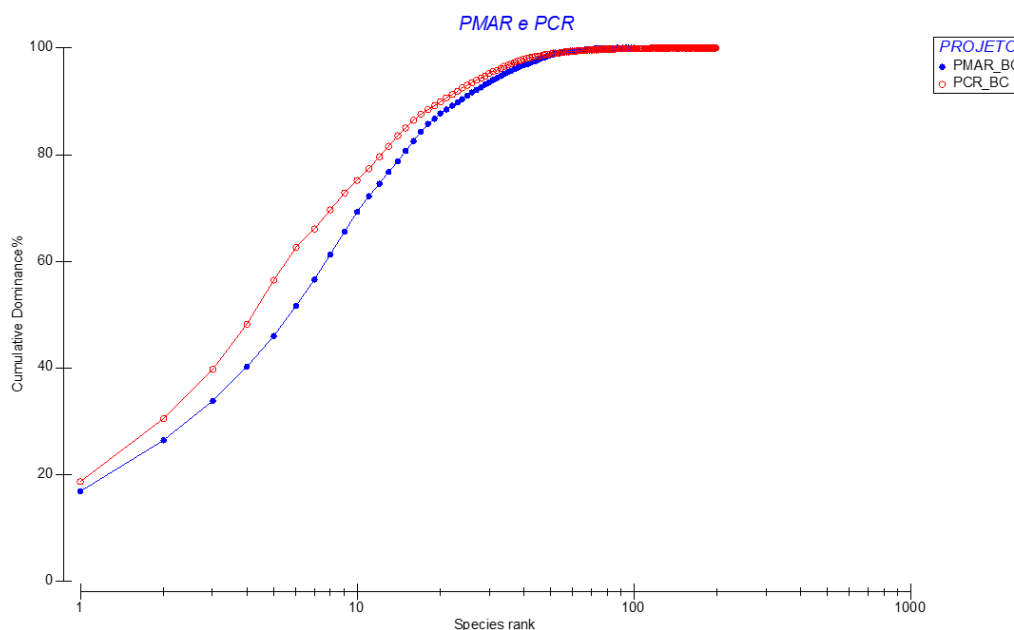


Figura IV.6.3.4-1 – Curva de k-dominância comparativa dos projetos PMAR-BC (curva azul) e PCR-BC (curva vermelha).

Esses táxons mais representativos em termos de densidade não foram exatamente os mesmos nos dois projetos (Tabela IV.6.3.4-1A). Durante as análises de PCR-BC, foram destacadas as espécies de copépodes *Farranula gracilis*, *Clausocalanus furcatus* e *Paracalanus quasimodo* (Tabela IV.6.3.4-1C) como determinantes na descrição da assembleia do zooplâncton sobre a plataforma e o talude. Nenhuma delas, no entanto, foi registrada durante as análises de PMAR-BC, que ressaltaram outras espécies de copépodes, como *Clausocalanus parapergens*, *Corycaeus giesbrechti*, *Calanoides carinatus* e *Paracalanus parvus* (Tabela IV.6.3.4-1B). Essas discrepâncias nas espécies dominantes foram determinantes para apontar diferenças significativas entre projetos segundo as análises multivariadas, tanto para a homogeneidade da dispersão ($F=85,3$; $p=0,0001$) quanto para as médias da densidade das principais espécies em cada projeto no conjunto das províncias e das áreas ($Pseudo-F=136,2$; $p=0,0001$).

Tabela IV.6.3.4-1 – Número de polígonos em que houve ocorrência dos táxons principais (frequência relativa acima de 5%) consolidado para os projetos PMAR-BC e PCR-BC (A), específico para PMAR-BC (B) e específico para PCR-BC (C). Número total de polígonos por projeto (PMAR-BC e PCR-BC) = 6.

A				B		C	
Táxon	PMAR	PCR	Geral	Táxon	PMAR	Táxon	PCR
<i>C. parapergens</i>	6	0	6	<i>C. parapergens</i>	6	<i>F. gracilis</i>	6
<i>C. giesbrechti</i>	5	1		<i>C. giesbrechti</i>	5	<i>C. furcatus</i>	5
<i>F. gracilis</i>	0	6		<i>P. parvus</i>	5	<i>P. quasimodo</i>	4
<i>T. stylifera</i>	3	3		Copepoditos	4	<i>T. stylifera</i>	3
<i>A. longicornis</i>	2	3	5	Classe Appendicularia	3	<i>A. longicornis</i>	3
<i>C. furcatus</i>	0	5		<i>O. plumifera</i>	3	Família Clausocalanidae	3
<i>P. parvus</i>	5	0		<i>O. venusta</i>	3	Família Calanidae	2
Copepoditos	4	0	4	<i>T. stylifera</i>	3	<i>U. vulgaris</i>	2
<i>O. venusta</i>	3	1		<i>A. longicornis</i>	2	<i>C. giesbrechti</i>	1
<i>P. quasimodo</i>	0	4		<i>O. conifera</i>	2	<i>O. venusta</i>	1
Classe Appendicularia	3	0	3	<i>T. turbinata</i>	1	<i>T. turbinata</i>	1
Família Clausocalanidae	0	3		<i>C. furcatus</i>	0	<i>P. avirostris</i>	1
<i>O. plumifera</i>	3	0		Família Calanidae	0	<i>P. tergestina</i>	1
Família Calanidae	0	2	2	Família Clausocalanidae	0	<i>C. parapergens</i>	0
<i>O. conifera</i>	2	0		<i>F. gracilis</i>	0	<i>P. parvus</i>	0
<i>T. turbinata</i>	1	1		<i>P. quasimodo</i>	0	Copepoditos	0
<i>U. vulgaris</i>	0	2		<i>P. avirostris</i>	0	Classe Appendicularia	0
<i>P. avirostris</i>	0	1	1	<i>P. tergestina</i>	0	<i>O. plumifera</i>	0
<i>P. tergestina</i>	0	1		<i>U. vulgaris</i>	0	<i>O. conifera</i>	0

Em adição às espécies mencionadas acima, o número de táxons registrados por amostra alcançou patamares distintos em cada projeto. Em PCR-BC, 198 espécies foram identificadas com base em 24 amostras, enquanto cerca da metade (100 espécies) foi identificada em PMAR-BC com base no quádruplo (108) de amostras. Essa desproporção significa que cada amostra adicionada na análise acrescentou mais informação ao conjunto de espécies de PCR-BC do que aquelas de PMAR-BC (Figura IV.6.3.4-2).

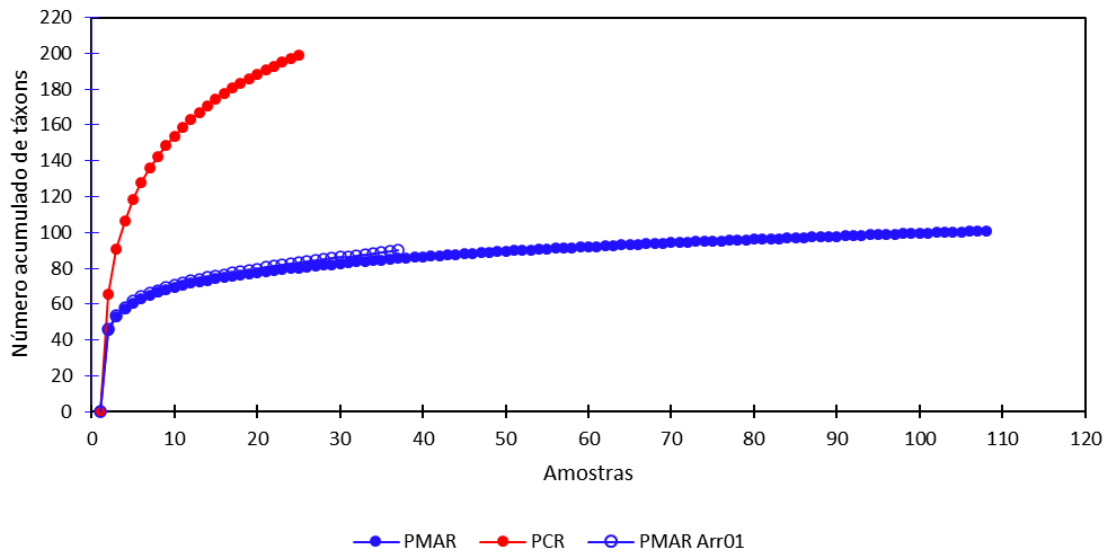


Figura IV.6.3.4-2 – Curva de acúmulo de táxons em função do número de amostras analisadas comparativa dos projetos PMAR-BC e PCR-BC.

A similaridade qualitativa – associada à composição de espécies entre as amostras de cada projeto – foi maior em PMAR-BC (~70%) do que em PCR-BC (~40%) (Figura IV.6.3.4-3). Esse resultado reforça a ideia anterior de que cada amostra nova em PMAR-BC acrescentou menos informação ao inventário de espécies do que aquelas analisadas em PCR-BC. Essa diferença na similaridade interna entre amostras de ambos projetos foi percebida também na análise dos parâmetros populacionais e da assembleia, como a biomassa.

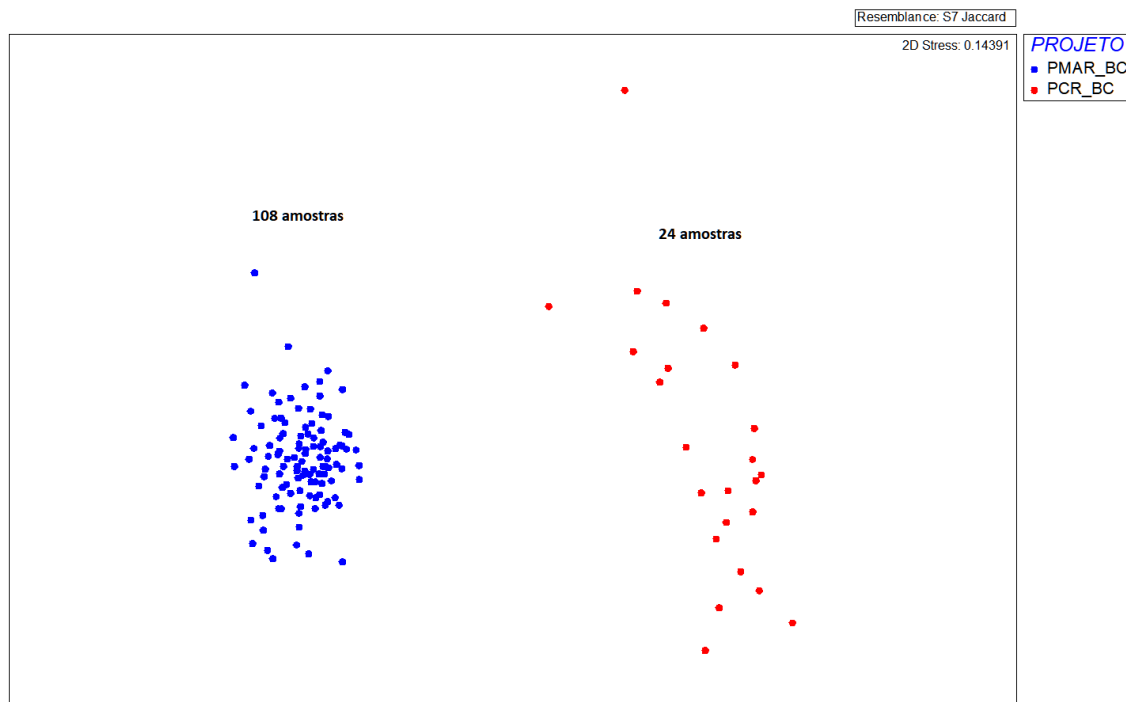


Figura IV.6.3.4-3 – Escalonamento multidimensional não-métrico com base na matriz de similaridade (Jacard) calculada sobre a heterogeneidade qualitativa entre amostras da assembleia de Copepoda do PMAR-BC (pontos azuis) e PCR-BC (pontos vermelhos).

A julgar pelo valor médio, a biomassa do séston foi mais alta em PCR-BC ($Média_{PCR}=0,21$; $DP_{PCR}=0,20$) do que em PMAR-BC ($Média_{PMAR}=0,13$; $DP_{PMAR}=0,06$). No entanto, esse valor médio foi influenciado por um pico de $1,08 \text{ g.m}^{-3}$ registrado em apenas 1 das 24 amostras (Figura IV.6.3.4-4). Todos os outros 23 dados resultariam em uma média da biomassa em PCR-BC próxima a $0,17 \text{ g.m}^{-3}$ ($DP=0,07 \text{ g.m}^{-3}$), não fosse esse valor extremo.

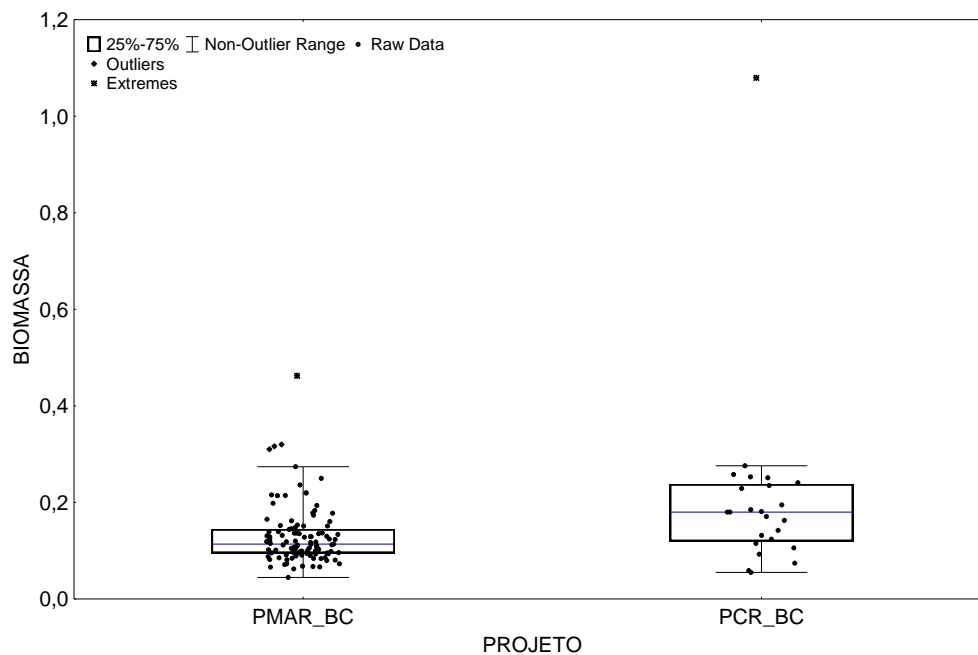


Figura IV.6.3.4-4 – Box-plot dos valores de biomassa (g.m^{-3}) estimados nas amostras de PMAR-BC e PCR-BC.

No comparativo das províncias entre os projetos, existem indícios de que em ambos os projetos as variações da biomassa foram maiores sobre a plataforma continental do que no talude, conforme demonstrado pelos percentis 25%-75% (Figura IV.6.3.4-5) ($F=5,93$; $p=0,003$; $\text{Pseudo-F}=3,86$; $p=0,055$). Assim, a diferença entre médias de biomassa no talude foi igual a $0,05 \text{ g.m}^{-3}$ ($\text{média}_{\text{PMAR-Talude}}=0,16 \text{ g.m}^{-3}$; $\text{média}_{\text{PCR-Talude}}=0,11 \text{ g.m}^{-3}$), enquanto na plataforma foi o dobro: $0,10 \text{ g.m}^{-3}$ ($\text{média}_{\text{PMAR-Plataforma}}=0,25 \text{ g.m}^{-3}$; $\text{média}_{\text{PCR-Plataforma}}=0,15 \text{ g.m}^{-3}$).

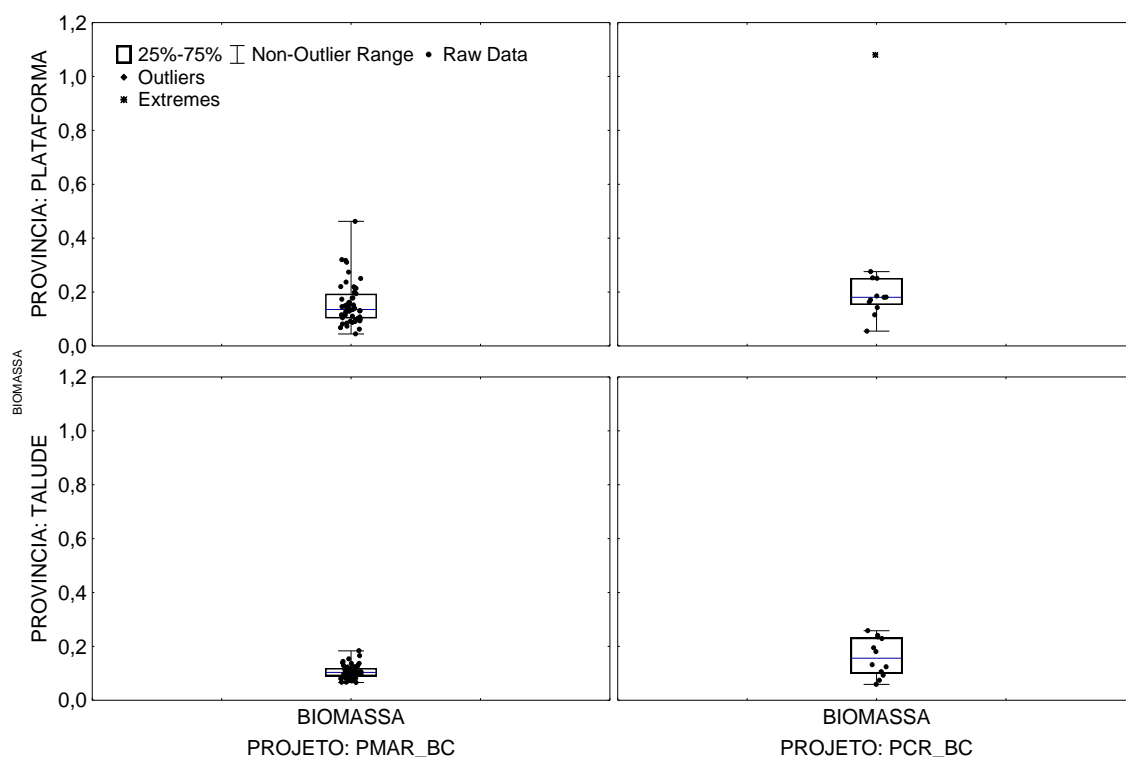


Figura IV.6.3.4-5 – Box-plot dos valores de biomassa (g.m^{-3}) particionados entre a plataforma (topo) e o talude (base), e entre os projetos PMAR-BC (esquerda) e PCR-BC (direita).

A densidade do zooplâncton foi um dos parâmetros de maior amplitude em ambos projetos, mas particularmente em PCR-BC ($\text{média}_{\text{PCR}}=3254 \text{ ind.m}^{-3}$; $\text{DP}_{\text{PCR}}=8445 \text{ ind.m}^{-3}$) devido a um valor extremo referente à mesma amostra mencionada na variação da biomassa (Figura IV.6.3.4-6). Não fosse esse valor extremo (42401 ind.m^{-3}), as médias seriam mais similares ($\text{média}_{\text{PMAR}}=1283 \text{ ind.m}^{-3}$; $\text{média}_{\text{PCR}}=1552 \text{ ind.m}^{-3}$). Assim, na comparação entre projetos e províncias, não foi consenso se as maiores amplitudes de variação da densidade e maior valor mediano ocorreram na plataforma em comparação ao talude.

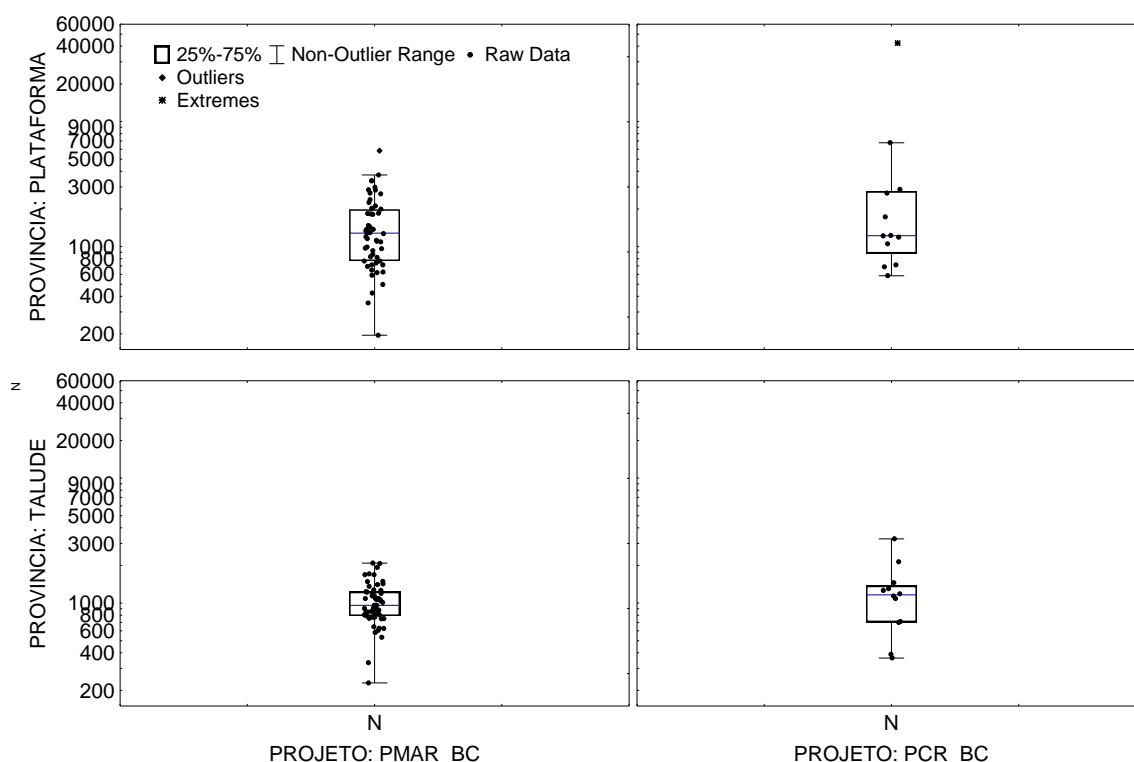


Figura IV.6.3.4-6 – Box-plot dos valores de densidade (ind.m^{-3}) particionados entre a plataforma (topo) e o talude (base), e entre os projetos PMAR-BC (esquerda) e PCR-BC (direita).

Os parâmetros avaliados anteriormente, ligados à assembleia como um todo (biomassa do séston e densidade global), foram menos eficazes em revelar diferenças entre os projetos do que aqueles relacionados mais especificamente à composição taxonômica (riqueza) e à representatividade proporcional de cada população (diversidade, equitatividade e dominância).

Foram constatadas diferenças na riqueza de copépodes entre projetos (Pseudo-F=9,07; $p=0,006$), os maiores valores registrados no PCR-BC (Figura IV.6.3.4-7). Essas diferenças foram menos acentuadas entre províncias e não distinguiram a plataforma do talude (Pseudo-F=3,15; $p=0,09$). Assim, é possível que essa diferença temporal na riqueza de táxons esteja diretamente associada ao maior refinamento taxonômico realizado em PCR-BC.

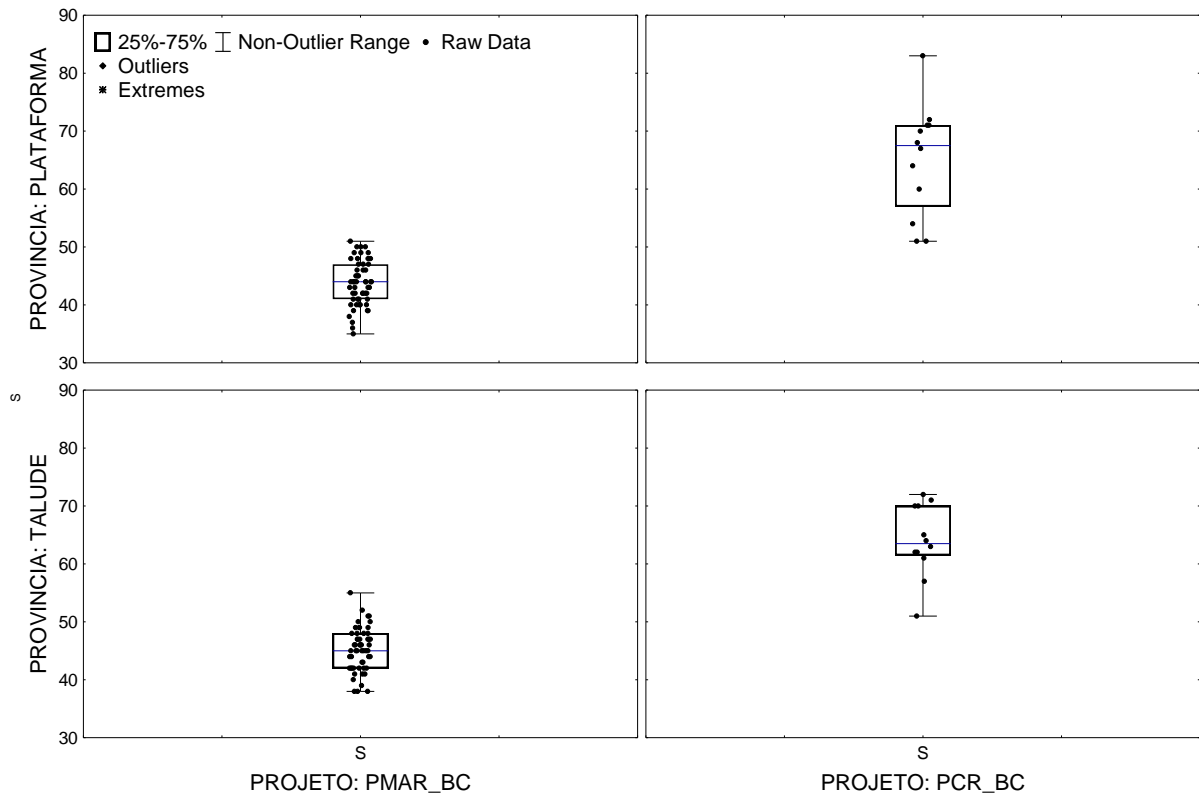


Figura IV.6.3.4-7 – Box-plot dos valores de riqueza (número de táxons) particionados entre a plataforma (topo) e o talude (base), e entre os projetos PMAR-BC (esquerda) e PCR-BC (direita).

Ao contrário da maior riqueza de táxons por amostra em PCR-BC, a diversidade de Shannon foi estatisticamente maior em PMAR-BC ($F=14,35$; $p=0,0001$; $Pseudo-F=23,67$; $p=0,0001$), especialmente no talude (Figura IV.6.3.4-8) ($Pseudo-F_{PROJETO \times PROVINCIA}=5,31$; $p=0,03$). Por extensão, essa maior diversidade no talude se relacionou à menor dominância e maior equitatividade das espécies.

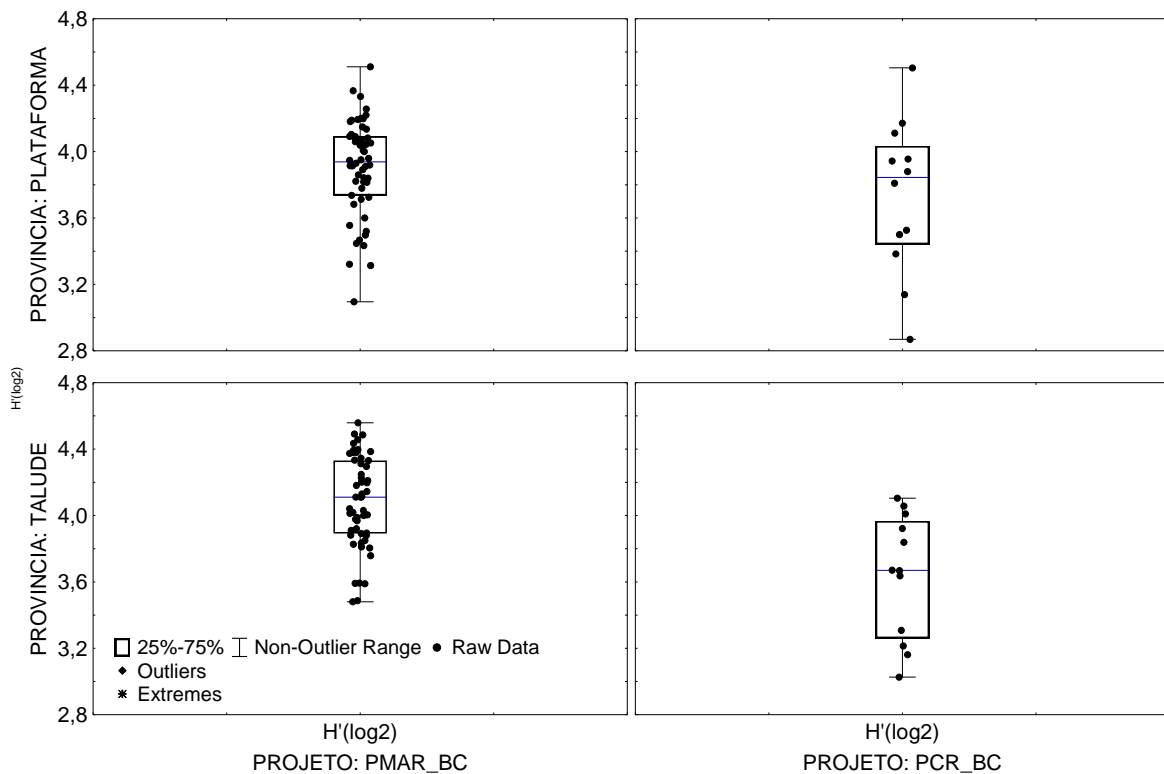


Figura IV.6.3.4-8 – Box-plot dos valores de diversidade de Shannon (bits.org^{-1}) particionados entre a plataforma (topo) e o talude (base), e entre os projetos PMAR-BC (esquerda) e PCR-BC (direita).

A síntese da influência proporcional de cada variável sintética na diferenciação dos projetos PMAR-BC e PCR-BC deu destaque à biomassa e à riqueza (S) como fatores mais relevantes frente as demais variáveis (Figura IV.6.3.4-9). Esses dois eixos contribuíram para separar as amostras de PMAR-BC no quadrante superior esquerdo do plano multidimensional contra aquelas de PCR-BC no quadrante inferior direito. As demais variáveis foram representadas por eixos sobre os quais estariam sobrepostas as projeções das amostras de PMAR-BC e PCR-BC, e que, portanto, têm pouca relevância na separação dos dois projetos (Figura IV.6.3.4-9).

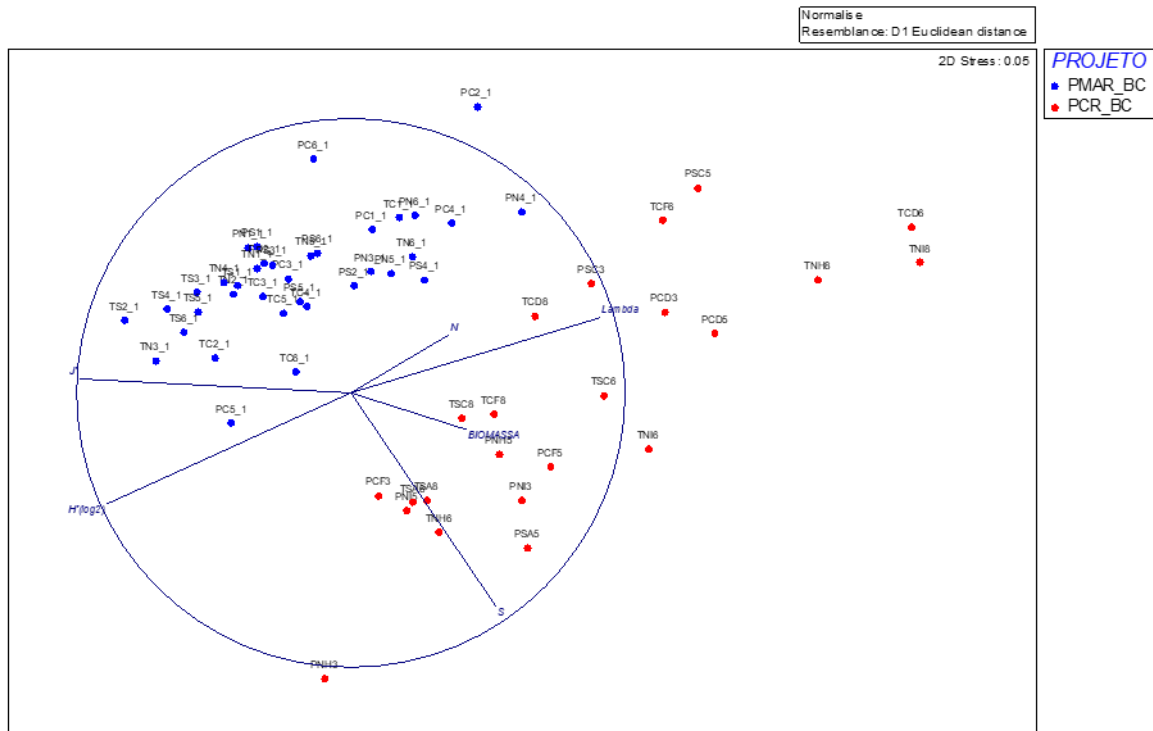


Figura IV.6.3.4-9 – Escalonamento multidimensional não-métrico (NMDS) com base na matriz de similaridade (Distância Euclidiana) calculada entre as variáveis sintéticas das amostras de PMAR-BC (pontos azuis) e PCR-BC (pontos vermelhos).

Em síntese, as variações apontadas anteriormente poderiam ser associadas à interação dos fatores Projeto x Província x Áreas que, nesse caso, revelariam dois gradientes de separação das amostras. O primeiro poderia ser associado às mudanças na assembleia do zooplâncton em uma escala interanual, como um gradiente temporal de oscilação na diversidade e dominância do zooplâncton ao longo de 10 anos. Populações de *Farranula gracilis*, *Clausocalanus furcatus* e *Paracalanus aculeatus* dominaram a abundância em 2009 (PCR-BC) na Bacia de Campos e populações de *Clausocalanus parapergens*, *Oncaea conifera* e *Oithona plumifera* em 2019 (PMAR-BC) (Figura IV.6.3.4-10). O segundo gradiente indicaria diferenças mais sutis, observadas em escalas intra-anuais (sazonais) e espaciais menores, tais como aquelas identificadas entre áreas e províncias (PMAR-BC) e entre províncias e estações seca e chuvosa (PCR-BC). De um lado do eixo sazonal,

concentram-se as espécies herbívoras comuns também nas regiões costeiras e da plataforma continental, tais como *Paracalanus quasimodo*, *Temora turbinata*, *Corycaeus giesbrechti*, *Pseudevadne tergestina* e *Penilia avirostris*. Do outro, concentram-se estações com uma baixa biomassa e baixa densidade geral, composta por copepoditos generalizados, *Acrocalanus longicornis* e *Acrocalanus andersoni*.

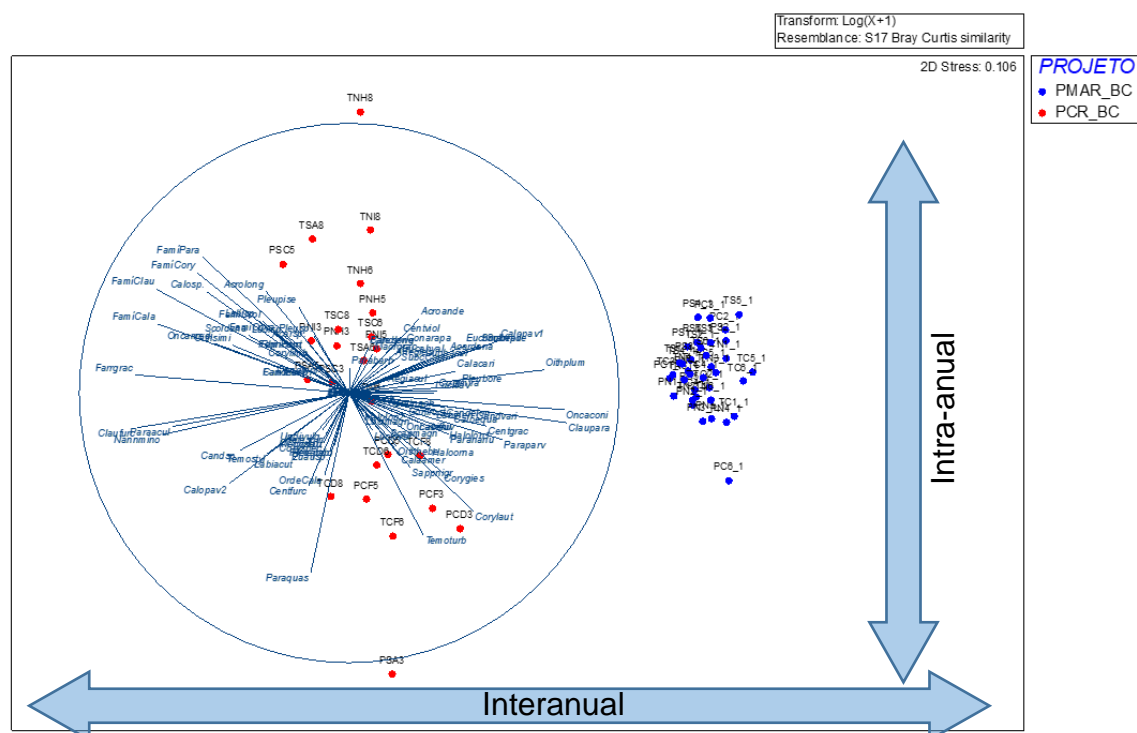


Figura IV.6.3.4-10 – Escalonamento multidimensional não-métrico com base na matriz de similaridade (Bray Curtis) calculada com base na densidade das espécies de copépodes registradas em PCR-BC (pontos vermelhos) e PMAR-BC (pontos azuis).

Os resultados das análises PERMANOVA e PERMDISP de comparação entre projetos, realizadas com os dados de composição taxonômica de Copepoda, biomassa do séston, densidade, riqueza (S), equitatividade de Pielou (J'), diversidade de Shannon (H'²) e dominância de Simpson (Lambda) do PMAR-BC e PCR-BC estão detalhados no Anexo IV.6.7-4.

IV.6.4 – DISCUSSÃO

A caracterização das comunidades zooplanctônicas na região da Bacia de Campos e regiões adjacentes tem sido baseada na análise de potenciais diferenças de biomassa, densidade e/ou composição taxonômica ao longo de três gradientes principais: latitudinal (ou áreas de estudo, Norte, Centro e Sul), longitudinal (ou províncias – plataforma e talude) e vertical (ou entre massas de água) (CAMPANER 1985; CARVALHO e BONECKER 2016; BONECKER et al. 2017).

A biomassa do séston, que compreende organismos vivos – o plâncton propriamente dito –, organismos mortos (trípton) e material particulado em suspensão, pode ser um indicador indireto da produção líquida total (*net production*) de um ecossistema (VALIELA 1995). Na região da plataforma externa e no talude há geralmente pouco material particulado em suspensão de origem terrígena, que se precipita prioritariamente nas zonas de sedimentação da região costeira. Menores biomassas no talude em comparação com a plataforma continental são uma regra geral (VALIELA 1995; SCHWAMBORN et al. 2019; BONECKER et al. 2017) que se repetiram na presente campanha. Assim, a biomassa do séston proporcionalmente mais alta na plataforma da área Centro provavelmente esteve associada à maior produção nesse ecossistema, a qual deve ter sido composta em sua maioria por organismos vivos, carcaças e outras partículas biogênicas – como pelotas fecais.

Em ecossistemas marinhos abertos, o acúmulo de biomassa (*standing crop*) e o aumento na densidade de organismos (*standing stock*) do plâncton têm relação com um saldo positivo na razão produção/respiração do sistema (FENG et al., 2014; HESSEN e KAARTVEDT, 2014). Assim, dentro dos seis polígonos analisados no presente projeto, as variações observadas na biomassa e na densidade do zooplâncton parecem ter sido simultaneamente controladas pela variação na disponibilidade do fitoplâncton como alimento (*bottom-up*) e pela variação na predação pelos níveis tróficos superiores (*top-down*).

Na região da plataforma nas áreas Norte e Sul, altas concentrações de clorofila ($0,31 \text{ ug.l}^{-1}$ e $0,28 \text{ ug.l}^{-1}$, ver Capítulo IV.2 – Sensoriamento Remoto) coincidentes com altas densidades de predadores como quetognatos e larvas de peixes indicaram um efeito cascata de controle *top-down*. Aparentemente a predação sobre o zooplâncton permitiu o acúmulo do fitoplâncton, o que ocorre quando a predação é seletiva e mais intensa sobre os filtradores (CARVALHO e BONECKER, 2016). De acordo com os resultados, as densidades proporcionalmente baixas de copépodes, apendiculárias, cladóceros e pterópodes nessas áreas é compatível com uma alta predação seletiva do zooplâncton.

Ainda que os mecanismos gerais de controle do zooplâncton tenham sido similares nas áreas Norte e Sul da plataforma, a predação seletiva entre os táxons pode ter contribuído também para promover assembleias distintas na plataforma e no talude. A maioria dos predadores identificados no presente estudo se distribuíram ao longo de um gradiente de norte a sul, crescente para quetognatos e Myctophidae, e decrescente para Engraulidae, Serranidae e Microdesmidae (ver Cap. IV.7 - Ictioplâncton, Figura IV.7.3.1-6). Esses predadores têm capacidade de selecionar suas presas, especialmente composta por copépodes e eufausiáceos (BAIER e PURCELL 1997; SAUNDER *et al.*, 2015), e tendem a negligenciar presas menores (DRENNER *et al.*, 2011) criando variações na composição taxonômica. Essa seletividade é comum também entre copépodes, como *Oithona plumifera* (PAFFENHOEFER e MAZZOCCHI, 2002) que foi abundante nas áreas Centro e Sul. Por sua vez, cladóceras e apendicularias são filtradores suspensívoros menos seletivos, capazes de reter células menores do que copépodes calanoides (REYNOLDS, 2006). A coincidência entre as menores biomassas clorofilianas, maiores densidades do zooplâncton filtrador e menores densidades de predadores (planctívoros) na área Centro da plataforma estão relacionadas, ao menos em parte, aos efeitos seletivos da predação e da competição.

De acordo com as hipóteses nulas levantadas, que buscam avaliar (1) se houve diferença estatisticamente significativa entre as comunidades zooplanctônicas das três áreas da Bacia de Campos dentro da mesma isóbata

(H_0 -ÁREAS), ou (2) se houve diferença estatisticamente significativa entre as províncias na área Centro (H_0 -PROVÍNCIAS), os resultados descritos acima destacaram em primeiro lugar similaridade significativa (SIMPROF, similaridade >85%) entre as áreas Norte e Centro no talude, e também similaridade significativa (SIMPROF, similaridade >80%) entre as províncias Plataforma e Talude apenas para as comunidades na área Sul (ao invés da área Centro conforme preconizado na hipótese nula). Os resultados descritos acima para os polígonos da plataforma nas áreas Norte e Centro revelaram peculiaridades na composição taxonômica, por exemplo, que não as agrupou aos demais.

Particularmente na área Centro da plataforma, os resultados revelaram uma concentração proporcionalmente alta de táxons meroplanctônicos. Táxons meroplanctônicos são aqueles que passam uma parte da sua vida no plâncton e outra no bentos ou no nécton. As larvas de organismos incrustantes são um bom exemplo. Adultos de moluscos bivalves (mexilhões e mariscos), de moluscos gastrópodes, de briozoários (Ing. '*moss animals*') e de cracas, por exemplo, em sua maioria liberam larvas que habitam o plâncton antes de se assentarem em um substrato novo (NOGUEIRA-JUNIOR, FERNANDES e BRANDINI, 2020).

Ao contrário do holoplâncton, esses organismos são encontrados no plâncton durante sua fase larvar, que pode durar desde horas (briozoários) até anos (lagostas) (NOGUEIRA-JUNIOR, FERNANDES e BRANDINI, 2020). Por essa razão, larvas de briozoários, por exemplo, dispersam-se menos do que as de lagosta desde os locais de eclosão, dado que em poucas horas após o nascimento elas se tornam jovens ou morrem (NEWELL e NEWELL, 1963; PINEDA, 1991; PINEDA et al., 2009). Assim, as densidades proporcionalmente altas de larvas de briozoários e de outros táxons incrustantes na área Centro não decorrem do transporte desde a região costeira, onde frequentemente habitam, mas provavelmente de estruturas flutuantes (APOLINARIO e COUTINHO 2009). Ao contrário, essas larvas provavelmente resultaram da reprodução de populações adultas em áreas próximas, talvez aderidas às Unidades Estacionárias de Produção (UEPs), que se concentram em maior número no

entorno da área Centro. Ainda, populações de briozoários foram observadas na área centro da Bacia de Campos em profundidades de 60 m a 130 m e não devem ser descartadas como fonte potencial de larvas (CURBELO-FERNANDEZ *et al.* 2017). De toda forma, a presença de táxons meroplânctônicos na área Centro levanta a questão se populações adultas nessas plataformas contribuem com larvas que tornam distinta a comunidade do zooplâncton em seu entorno. A liberação de larvas que modificam a composição original do zooplâncton desde populações incrustadas em UEPs foram identificadas em outras áreas (APOLINÁRIO e COUTINHO 2009; STACHOWITSCH *et al.* 2002; THORPE, 2012).

O agrupamento dos polígonos de uma mesma província (talude) entre as áreas Norte e Centro, e entre províncias da mesma área (Sul) deu destaque à importância entre a interação de fatores Província e Área mencionada nos resultados. As evidências sugerem, portanto, a rejeição combinada de ambas as hipóteses nula $H_0\text{-ÁREAS}$ e $H_0\text{-PROVÍNCIAS}$ ao revelar que as comunidades zooplânctônicas são distintas entre algumas das áreas apenas em determinadas províncias e vice-versa. As áreas Norte e Centro sobre o talude se caracterizaram como oligotróficas e estratificadas (ver Cap. IV.1 – Aspectos Físicos, Figura IV.1.3.1-1).

Nessas condições, a estratificação termohalina impediu que novos nutrientes chegassem à camada de mistura, o que manteve o crescimento das populações do fitoplâncton (e em última análise do zoo- e ictioplâncton) em níveis relativamente baixos (ver Capítulos IV.2 – Sensoriamento Remoto e IV.7 – Ictioplâncton). Por outro lado, na plataforma e no talude da área Sul, e também na plataforma da área Centro, o meandramento da Corrente do Brasil, que induz a formação dos vórtices ciclônicos do Cabo de São Tomé e de Cabo Frio (ver Cap. IV.2 – Sensoriamento Remoto, Figuras IV.2.3.1-2 e IV.2.3.1-3), atenuou a estratificação termohalina e aprofundou o limite inferior da camada de mistura (ver Cap. IV.1 – Aspectos Físicos, Figura IV.1.3.1-2). Dessa maneira, esses vórtices induzem a ressurgência de quebra de plataforma (CAMPOS *et al.*, 2000) que, por sua vez, promovem um efeito cascata na teia trófica planctônica decorrente do fornecimento de novos nutrientes para o fitoplâncton (LALLI e

PARSONS, 1997). Esse mesmo efeito foi observado anteriormente na área Sul e Centro da plataforma (BONECKER et al. 2017) e explicam as altas densidades do plâncton nas áreas da plataforma adjacentes a Cabo Frio e Campos, particularmente de copépodes como *Calanoides carinatus*, *Clausocalanus parapergens* e outros (CAMPANER, 1985).

Copépodes herbívoros, como as espécies *Clausocalanus parapergens* e *C. arcuicornis*, são eficientes em controlar o crescimento do fitoplâncton na camada de mistura seguindo um ciclo de encontros e desencontros (*match-mismatch*) promovidos pela migração do zooplâncton (DURANT et al., 2007; FALKOWSKI e OLIVER, 2007; PERALBA e MAZZOCCHI, 2004). A estratificação termohalina observada na área Norte é compatível com a separação espacial entre fito- e zooplâncton ao longo da coluna de água e com o consequente aumento observado na diversidade (LANDRY e CALBET, 2004; SHERIDAN e LANDRY, 2004). Por outro lado, a quebra da estratificação associada aos vórtices, conforme observado no Centro e no Sul, é capaz de promover ao mesmo tempo o acesso do fitoplâncton a nutrientes da base da camada de mistura (LALLI e PARSONS, 1997) e do zooplâncton ao fitoplâncton. Resulta assim um efeito cascata com o crescimento das populações do zooplâncton herbívoro e, por fim, de predadores. Esses mecanismos intensificam a dinâmica trófica na plataforma das áreas Sul e Centro, que têm uma ampla dispersão dos parâmetros da comunidade em relação ao talude das áreas Norte e Centro.

Com relação às diferenças potenciais entre projetos – PCR-BC e PMAR-BC –, os resultados apresentados anteriormente destacaram a substituição na dominância de *Farranula gracilis*, *Clausocalanus furcatus* e *Paracalanus aculeatus* em 2009 (PCR-BC) por *Clausocalanus parapergens*, *Oncaea conifera* e *Oithona plumifera* em 2019 (PCR-BC). Alterações equivalentes entre as populações dominantes de copépodes calanídeos (*Calanus helgolandicus* versus *Calanus finmarchicus*) caracterizam diferenças inter- e intra-anuais na comunidade zooplanctônica sobre a plataforma e o talude no Atlântico Norte (NASH e GEFFEN, 2004).

Ainda que o esforço amostral e taxonômico distinto em cada projeto possa influenciar de modo adverso o volume de informação agregada por amostra, a combinação da composição taxonômica observada nos projetos PMAR-BC e PCR-BC contribuiu para compor um levantamento faunístico mais amplo do zooplâncton na Bacia de Campos. Assim, a inclusão de táxons como Acari, *Arietellus giesbrechti*, *Pyrosoma* sp., *Eucalanus hyalinus* e outros a partir das análises de PMAR-BC deve ser interpretada também como um acréscimo ao levantamento faunístico da assembleia zooplanctônica na região. Considerando a sazonalidade da Corrente do Brasil, a separação entre projetos pode ter sido associada, ao menos em parte, à oscilação nos efeitos dos processos oceanográficos na bacia de Campos, como os Vórtices do Cabo de São Tomé e de Cabo Frio, sobre a comunidade do zooplâncton (eixo 1). Por outro lado, a separação de polígonos em cada projeto poderia estar associada a processos de menor escala de variação espaço-temporal, como a sazonalidade da pluviosidade (PCR-BC) e da fenologia do meroplâncton (PMAR-BC) (eixo 2).

IV.6.5 – CONCLUSÕES

Inicialmente, deve-se destacar que essas considerações finais se referem especificamente ao período de análise compreendido pelas coletas. O zooplâncton na Bacia de Campos é dinâmico e composto por distintos grupos taxonômicos, a maioria dos quais com ciclos sazonais pronunciados. Portanto, é preciso levar em consideração que as respostas às perguntas norteadoras (ou testes de hipóteses) estão inseridas em um contexto temporal e espacial definido.

De forma ampla, a comunidade zooplanctônica da área de monitoramento na Bacia de Campos é composta por uma diversidade de grupos taxonômicos, que inclui o holoplâncton e o meroplâncton. Dentre esses grupos, os copépodes dominam a abundância e a riqueza específica, de modo que eles contribuem para a dinâmica e a estrutura da comunidade planctônica.

A distribuição da densidade e da composição desses grupos taxonômicos, e dos copépodes em particular, não é uniforme ao longo da região de monitoramento. Ao contrário, houve diferenças significativas na distribuição do zooplâncton entre as áreas Norte, Centro e Sul, e entre as províncias, cuja causalidade (causas e efeitos) e temporalidade (ciclos repetitivos ou eventos esporádicos) escapam ao escopo da presente análise. Essas diferenças refletem a estrutura do zooplâncton em cada polígono naquele momento avaliado, com implicações estatísticas na discriminação das áreas. Assim, a plataforma na área Centro tende a ter biomassa e densidade de organismos significativamente maior em comparação àquelas da plataforma das áreas Norte e Sul. Nessa mesma área Centro também houve predominância de certas larvas de organismos incrustantes, taxonomicamente distintas daquelas que ocorreram na área Sul, e que são todas escassas na área Norte.

Comparativamente à plataforma, a diferenciação de áreas no talude foi estatisticamente menos pronunciada e inconclusiva entre Norte e Centro. Há indícios que sugerem uma menor dinâmica oceanográfica no talude em relação à plataforma, onde foram identificadas frentes térmicas associadas a vórtices.

Essas frentes têm efeitos potenciais sobre a dinâmica do zooplâncton, que por fim podem explicar a separação mais intensa de áreas na plataforma. Simplificadamente, pode-se dizer que há diferença estatística entre as comunidades zooplanctônicas entre as três áreas da Bacia de Campos, mas principalmente sobre a plataforma.

Considerada apenas a área Centro, as diferenças entre as comunidades do zooplâncton da plataforma e do talude seguem a mesma tendência apontada acima. Na plataforma, a biomassa e a densidade da comunidade são estatisticamente maiores. Em contraste, são significativamente maiores a diversidade, a equitatividade e a riqueza no talude. Em adição, as diferenças na composição das espécies de copépodes entre as províncias sugere que há diferença estatística significativa entre as comunidades zooplanctônicas da Bacia de Campos, considerando a comparação das duas áreas amostrais posicionadas sobre a isóbata de 100 e 900 m na área Centro.

Com relação à avaliação da variação temporal entre as comunidades zooplanctônicas considerando a comparação dos resultados de PMAR-BC com os de PCR-BC sobre as mesmas isóbatas (100 e 900 m), as diferenças entre áreas amostrais e metodologias de coleta e análise produziram resultados inconclusivos. Portanto, não se pode concluir que as diferenças nas comunidades apontadas acima estejam relacionadas a oscilações ou variações temporais na Bacia de Campos. Estudos futuros, como a próxima campanha do projeto, poderão acrescentar dados comparativos que permitam uma avaliação mais detalhada.

IV.6.6 – REFERÊNCIAS

- APOLINARIO, M. e COUTINHO, R. Understanding the biofouling of off-shore and deep-sea structures. Chapter 6 in Hellio, C., Yebra, D.M. Advances in marine antifouling coatings and technologies, 2009, Woodhead Publishing Ltd. Cambridge (UK) (2009).
- BAIER, C. T.; PURCELL, J. E. Trophic interactions of chaetognaths, larval fish, and zooplankton in the South Atlantic Bight. **Marine Ecology Progress Series**, v. 146, p. 43–53, 1997.
- BATE, C. S. Report on the Crustacea Macrura dredged by H.M.S. Challenger during the years 1873-1876. *In*: THOMSON, C. W.; MURRAY, John (org.). **Report on the Scientific Results of the Voyage of H.M.S. Challenger, Zoology**. London: Johnson Reprint Corp, 1888. p. 942.
- BJÖRNBERG, T.K.S. 1981. Copepoda. *In* BOLTOVSKOY, D. (ed.) Atlas del Zooplancton del Atlántico Sudoccidental y Métodos de Trabajo con el Zooplancton Marino. Instituto Nacional de Investigación y Desarrollo Pesquero, Mar del Plata, pp. 587-679.
- BOLTOVSKOY, D. Atlas del Zooplancton del Atlántico Sudoccidental y Métodos de Trabajo con el Zooplancton Marino. Instituto Nacional de Investigación y Desarrollo Pesquero, Mar del Plata, 933 p. 1981.
- BOLTOVSKOY, D. **South Atlantic Zooplankton**. Backhuys Publishers, Leiden, 1706 p. 1999.
- BONECKER, S. L. C.; DIAS, C. de O.; FERNANDES, L. D. A.; ÁVILA, L. R. M. Zooplancton. *In*: VALENTIN, J. L. (org.). **Características hidrobiológicas da região central da Zona Econômica Exclusiva brasileira (Salvador, BA ao Cabo de Sao Tome, RJ)**. Brasília: MMA, 2006. p. 125–140.
- BONECKER, S.L.C.; ARAÚJO, A.V. de; CARVALHO, P.F. de; DIAS, C.O.; FERNANDES, L.F.L.; AGUILAR, T.I.M. e LOPES, R.M. **Estrutura espacial e temporal da comunidade zooplanctônica**. *In*: FALCÃO, A.P.C.; MOREIRA, D.L. (eds) Ambiente pelágico: caracterização ambiental

- regional da Bacia de Campos, Atlântico Sudoeste. Rio de Janeiro: Elsevier. *Habitats*, v. 5, p. 171-206, 2017.
- BRADFORD-GRIEVE, J.M.; MARKHASEVA, E.L.; ROCHA, C.E.F. e ABIAHY, B. Copepoda. In BOLTOVSKOY, D. (ed.) *South Atlantic Zooplankton*. Vol. 2, Backhuys Publishers, Leiden, pp.: 869-1098. 1999.
- CAMPANER, A. F. Occurrence and distribution of copepods (Crustacea) in the epipelagial off southern Brazil. **Boletim do Instituto Oceanográfico, São Paulo**, v. 33, n. 1, p. 5–27, 1985.
- CAMPOS, E. J. D.; VELHOTE, D. e SILVEIRA, I. C. A. Shelf Break upwelling driven by Brazil Current cyclonic meanders. **Geophysical Research Letters**, v. 27, n. 6, p. 751-754, 2000.
- CARVALHO, P.F. de; BONECKER, S. L. C. Variação da composição e abundância das espécies da Classe Appendicularia e seu uso como potenciais bioindicadoras de regiões e massas de água superficiais na área da Bacia de Campos, Rio de Janeiro, Brasil. **Iheringia - Serie Zoologia**, v. 106, p. 1–8, 2016.
- CURBELO-FERNANDEZ, M.P., DELLA GIUSTINA, I.D., LOIOLA, L.L., ARANTES, R.C.M., e outros. **Biota de fundos carbonáticos da plataforma continental da Bacia de Campos: algas calcárias e fauna associada**. In: CURBELO-FERNANDEZ, M.P., BRAGA, A.C., (eds). *Comunidades Demersais e Bioconstrutores: caracterização ambiental regional da Bacia de Campos, Atlântico Sudoeste*. Rio de Janeiro: Elsevier. *Habitats*, v. 4. p. 15-42. 2017
- DIAS, C. de O.; ARAUJO, A. V. de; BONECKER, S. L. C.. Vertical distribution and structure of copepod (Arthropoda : Copepoda) assemblages in two different seasons down to 1,200m in the tropical Southwestern Atlantic. **Zoologia**, v. 35, p. 1–11, 2018.
- DRENNER, R. W.; STRICKLER, J. R.; O'BRIEN, W. J.. Capture Probability: The Role of Zooplankter Escape in the Selective Feeding of Planktivorous Fish. **Journal of the Fisheries Research Board of Canada**, v. 35, p. 1978, 2011.

- DURANT, J. M.; HJERMANN, D. Ø.; OTTERSEN, G.; STENSETH, N. C. Climate and the match or mismatch between predator requirements and resource availability. **Climate Research**, v. 33, p. 271–283, 2007.
- FALKOWSKI, P. G.; OLIVER, M. J. Mix and match: how climate selects phytoplankton. **Nature Reviews. Microbiology**, v. 5, n. 10, p. 813–819, 2007.
- FENG, J.; STIGE, L. C.; DURANT, J. M.; HESSEN, D. O.; ZHU, L.; HJERMANN, D. Ø.; LLOPE, M.; STENSETH, N. C. Large-scale season-dependent effects of temperature and zooplankton on phytoplankton in the North Atlantic. v. 502, p. 25–37, 2014.
- FERNANDES, L. D. de A.; QUINTANILHA, J.; MONTEIRO-RIBAS, W.; GONZALEZ-RODRIGUES, E.; COUTINHO, R. Seasonal and interannual coupling between sea surface temperature, phytoplankton and meroplankton in the subtropical south-western Atlantic Ocean. **Journal of Plankton Research**, v. 34, n. 3, p. 236–244, 2012.
- HESSEN, D. O.; KAARTVEDT, S. Top-down cascades in lakes and oceans: Different perspectives but same story? **Journal of Plankton Research**, v. 36, n. 4, p. 914–924, 2014.
- JÚNIOR, M. N.; FERNANDES, L. F.; BRANDINI, F. P. Plâncton Eucarionte. *In*: PEREIRA, Renato Crespo; SOARES-GOMES, Abílio (org.). **Ecologia Marinha**. Interciência, 2020. p. 35–88.
- KREBS, C. J. *Ecological Methodology*. New York. Harper & Row Publishers, 654p. 1991.
- LALLI, C. M.; PARSONS, T. R. **Biological Oceanography: An Introduction**. Elsevier, 1997.
- LALLI, C. M.; PARSONS, T. R. **Biological Oceanography: An Introduction**. Elsevier, 1997.
- LANDRY, M. R.; CALBET, A. Microzooplankton production in the oceans. **Journal of Marine Science**, v. 61, p. 501–507, 2004.
- LANDRY, M. R.; CALBET, A. Microzooplankton production in the oceans. **Journal of Marine Science**, v. 61, p. 501–507, 2004.

- LOPES, R. M.; KATSURAGAWA, M.; DIAS, J. F.; A, M.; GORRI, C.; BRANDINI, F. P. Zooplankton and ichthyoplankton distribution on the southern Brazilian shelf: an overview. **Scientia Marina**, v. 70, n. 2, p. 189–202, 2006.
- LOPES, R. M.; KATSURAGAWA, M.; DIAS, J. F.; A, M.; GORRI, C.; BRANDINI, F. P. Zooplankton and ichthyoplankton distribution on the southern Brazilian shelf: an overview. **Scientia Marina**, v. 70, n. 2, p. 189–202, 2006.
- McEWEN, G.F.; M.W. JOHNSON & T.R. FOLSOM. A statistical analysis of the performance of the Folsom plankton sample splitter, based upon test observations. *Arch. Met. Geophys. Bioklim.* 7: 502-527.1954
- NASH, R. D. M.; GEFFEN, A. J. Seasonal and interannual variation in abundance of *Calanus finmarchicus* (Gunnerus) and *Calanus helgolandicus* (Claus) in inshore waters (west coast of the Isle of Man) in the central Irish Sea. v. 26, n. 3, 2004.
- NASH, R. D. M.; GEFFEN, A. J. Seasonal and interannual variation in abundance of *Calanus finmarchicus* (Gunnerus) and *Calanus helgolandicus* (Claus) in inshore waters (west coast of the Isle of Man) in the central Irish Sea. v. 26, n. 3, 2004.
- NEWELL, G. E.; NEWELL, R. C. **Marine Plankton: a Practical Guide**. 2nd. ed. Hutchinson Educational, 1963.
- NEWELL, G. E.; NEWELL, R. C. **Marine Plankton: a Practical Guide**. 2nd. ed. Hutchinson Educational, 1963.
- NOGUEIRA, E.; GONZÁLEZ-NUEVO, G.; VALDÉS, L. The influence of phytoplankton productivity, temperature and environmental stability on the control of copepod diversity in the North East Atlantic. **Progress in Oceanography**, v. 97–100, p. 92–107, 2012.
- NOGUEIRA, E.; GONZÁLEZ-NUEVO, G.; VALDÉS, L. The influence of phytoplankton productivity, temperature and environmental stability on the control of copepod diversity in the North East Atlantic. **Progress in Oceanography**, v. 97–100, p. 92–107, 2012.
- NOGUEIRA-JUNIOR, M.; FERNANDES, L. F.; BRANDINI, F. P. Plâncton Eucarionte. *In*: PEREIRA, Renato Crespo; SOARES-GOMES, Abílio (org.). **Ecologia Marinha**. Interciência, 2020. p. 35–88.

- OMORI, M; IKEDA, T. *Methods in marine zooplankton ecology*. New York: John Wiley & Sons. 1984
- PAFFENHÖFER, G.-A.; MAZZOCCHI, M. G. On some aspects of the behaviour of *Oithona plumifera* (Copepoda: Cyclopoida). **Journal of Plankton Research**, v. 24, n. 2, p. 129–135, 2002.
- PERALBA, À.; MAZZOCCHI, M. G. Vertical and seasonal distribution of eight *Clausocalanus* species (Copepoda: Calanoida) in oligotrophic waters. **ICES Journal of Marine Science**, v. 61, p. 645–653, 2004.
- PIÑEDA, J.. Predictable Upwelling and the Shoreward Transport of Planktonic Larvae by Internal Tidal Bores. **Science**, v. 253, n. 5019, p. 548–549, 1991.
- PIÑEDA, J.; REYNS, N. B.; STARCZAK, V. R. Complexity and simplification in understanding recruitment in benthic populations. **Population Ecology**, v. 51, n. 1, p. 17–32, 2009.
- REYNOLDS, C. S. **The Ecology of Phytoplankton**. Ecology, Cambridge University Press, 2006.
- RICHARDSON, A. J. In hot water: zooplankton and climate change. **ICES Journal of Marine Science**, v. 65, n. 3, p. 279–295, 2008.
- SAUNDERS, R. A.; COLLINS, M. A.; WARD, P.; STOWASSER, G.; HILL, S. L.; SHREEVE, R.; TARLING, G. A. Predatory impact of the myctophid fish community on zooplankton in the Scotia Sea (Southern Ocean). v. 541, p. 45–64, 2015.
- SCHMINKE, H. K. Entomology for the copepodologist. **Journal of Plankton Research**, v. 29 Suppl.I, p. i149–i162, 2007.
- SCHWAMBORN, R.; NEUMANN-LEITÃO, S; SILVA, A.P.; LIRA, S.M.A.; e outros. **Zooplâncton e Zoonêuston na Bacia de Sergipe e Sul de Alagoas**. In: Ambiente Pelágico da Bacia de Sergipe-Alagoas. MOREIRA, D.L.; CARNEIRO, M.E.R.; SILVA, A.P.; SCHWAMBORN, R. (eds), Editora da Universidade Federal de Sergipe. 2019
- SHERIDAN, C.C. AND M.R. LANDRY. A nine-year increasing trend in mesozooplankton biomass at the Hawaii Ocean Time-series Station ALOHA. **ICES J. Mar. Sci.** 61: 457-463. 2004

- STACHOWITSCH, M.; KIKINGER, R.; HERLER, J.; ZOLDA, P.; GEUTEBRÜCK, E. Offshore oil platforms and fouling communities in the southern Arabian Gulf (Abu Dhabi). **Marine Pollution Bulletin**, v. 44, p. 853-860. 2002.
- THORPE, S.A. On the biological connectivity of oil and gas platforms in the North Sea. **Marine Pollution Bulletin**, v. 64, p. 2770-2781. 2012.
- VALIELA, I. **Marine Ecological Processes**. Springer-Verlag (Ed.), 1995.

IV.6.7 – ANEXOS

ANEXO IV.6.7-1. Controle de qualidade realizado nas amostras de zooplâncton da 1ª Campanha do PMAR-BC.

ANEXO IV.6.7-2. Densidade média (ind.m⁻³) e desvio padrão (DP) dos táxons do zooplâncton coletados nas áreas Norte, Centro e Sul da Plataforma Continental e Talude. A classificação taxonômica está de acordo com o World Register of Marine Species (WoRMS; <http://marinespecies.org>).

ANEXO IV.6.7-3. PERMANOVA para os dados multivariados de táxons de Copepoda, dados multivariados das variáveis sintéticas (descritores ecológicos), e dados univariados de cada variável sintética (riqueza, biomassa, abundância, diversidade de Shannon, equitatividade de Pielou e dominância de Simpson) da primeira campanha do PMAR-BC nas diferentes províncias (Plataforma Continental e Talude) e áreas (Norte, Centro e Sul).

ANEXO IV.6.7-4. PERMDISP e PERMANOVA para os dados multivariados de táxons de Copepoda, dados multivariados das variáveis sintéticas (descritores ecológicos), e dados univariados de cada variável sintética (riqueza, biomassa, abundância, diversidade de Shannon, equitatividade de Pielou e dominância de Simpson) do PMAR-BC e PCR-BC, nas diferentes províncias (Plataforma Continental e Talude) e áreas (Norte, Centro e Sul).

ANEXO IV.6.7-5. Listagem de táxons do zooplâncton registrados na 1ª Campanha do PMAR-BC e no PCR-BC. A classificação taxonômica está de acordo com o World Register of Marine Species (WoRMS; <http://www.marinespecies.org>).

ANEXO IV.6.7-6. Estatística descritiva da biomassa do séston (g.m⁻³), densidade do zooplâncton (ind. m⁻³), riqueza (S), equitatividade de Pielou (J'), diversidade de Shannon (H') e dominância de Simpson (Lambda) obtidos na totalidade do estudo, nas províncias de Plataforma Continental e Talude e nas áreas Norte, Centro e Sul da Bacia de Campos.

IV.7 – ICTIOPLÂNCTON

Coordenadores

Mário Sérgio Ximenez

Biólogo, Doutor em Zoologia, Nº CTF IBAMA 204221, Diretor Bioconsult Ambiental Ltda

ximenez@bioconsultambiental.com.br

Cristina Falcão

Bióloga, Doutora em Ecologia, Nº CTF IBAMA 24023, Vice Diretora Técnica Bioconsult Ambiental Ltda

cfalcao@bioconsultambiental.com.br

Equipe Bioconsult Ambiental Ltda

Régis Santos

Biólogo, Doutor em Zoologia, Pós-doutorado em Pescas, Nº CTF IBAMA 2045770

regisvinicius@gmail.com

Laboratório

Taxonomista

MSc Eduardo de Araújo Pinto Gomes - Nº CTF IBAMA 91191

Triadores

Biol. Igor Souza Leite de Freitas - Nº CTF IBAMA 4263487

Biol. Aldimir Lowndes Vieira - Nº CTF IBAMA 7393948

Biol. Daniela Menezes Barbosa Menezes - Nº CTF IBAMA 7393992

Biol. Ivana Ximenez de Souza Rodrigues - Nº CTF IBAMA 6492402

Biol. Raquel da Silva Parracho - Nº CTF IBAMA 7394055

RESUMO

O ictioplâncton é um componente essencial do ecossistema pelágico e é constituído pelos ovos e estados larvares de peixes. Este trabalho visa obter informações sobre comunidades ictioplanctônicas comparando as regiões de maior (central) e menor (sul e norte) concentração de atividades de E&P na Bacia de Campos, de forma a monitorar estas áreas e simultaneamente avaliar as tendências ambientais regionais desta bacia, além da comparação com o estudo realizado anteriormente o PCR-BC. Nos meses de março e abril de 2019 foram realizadas duas campanhas oceanográficas, no âmbito do Projeto de Monitoramento Ambiental Regional da Bacia de Campos (PMAR-BC), a fim de amostrar três áreas (Norte, Centro e Sul) da Bacia de Campos, na plataforma continental (isóbata de 100 m) e no talude (isóbata de 900 m). Em cada área foram definidas seis estações onde foram realizados três arrastos oblíquos no período noturno, entre 18:00 e 05:00 h. Os arrastos foram da profundidade de 90 m até a superfície, tanto na plataforma continental quanto no talude. Para a avaliação da comunidade ictioplânctônica foram utilizados os dados de densidade, biomassa e os índices ecológicos. Os resultados indicaram que a biomassa plânctônica ($t = 4,98$, $p < 0,001$) na área Centro, densidade de ovos ($t = 2,01$, $p = 0,022$) e a diversidade de larvas de peixes ($t = 2,31$, $p = 0,024$) na área Sul e também nas áreas Centro e Norte foram significativamente maiores na Plataforma Continental que no Talude. Diferenças significativas também foram observadas na composição taxonômica e densidade das comunidades ictioplanctônicas entre todas as áreas (Norte, Centro e Sul) e entre as duas províncias. As cinco famílias de larvas de peixes que predominaram na Plataforma Continental foram Myctophidae, Sternoptychidae, Microdesmidae, Engraulidae e Serranidae e no Talude foram Myctophidae, Microdesmidae, Scaridae, Serranidae e Phosichthyidae. Relativamente à composição taxonômica e densidades das comunidades ictioplanctônicas na comparação dos dois estudos, também foram identificadas diferenças significativas entre o PMAR-BC e PCR-BC que podem ser associadas a variação temporal entre as campanhas as diferenças entre áreas amostrais e metodologias de coleta e análise. As informações obtidas neste relatório são de relevante interesse para a compreensão da influência que a atividade de E&P exerceu e exerce sobre o meio ambiente da Bacia de Campos, e visam fornecer subsídios ao IBAMA e a PETROBRAS para aprimorar a gestão ambiental destas atividades.

IV.7.1 – INTRODUÇÃO

O Projeto de Monitoramento Ambiental Regional (PMAR-BC) é um dos produtos do Projeto de Caracterização Ambiental da Bacia de Campos (PCR-BC). Ambos fazem parte do Modelo Regional para execução de Projetos de Monitoramento Ambiental na Bacia de Campos, que tem o propósito de integrar todas as ações envolvendo coleta, interpretação e armazenamento de dados para gestão ambiental dos empreendimentos da Bacia de Campos.

Este relatório apresenta os resultados das análises dos táxons e tratamento de dados do ictioplâncton obtidos durante a primeira campanha oceanográfica do PMAR-BC.

O ictioplâncton é um componente essencial do ecossistema pelágico e é constituído pelos ovos e estados larvares de peixes. A composição taxonômica da comunidade ictioplanctônica encontrada em uma área depende das espécies de peixes adultos que estão se reproduzindo no momento do estudo, enquanto sua estrutura será determinada pela abundância dessas espécies e pelas taxas de mortalidade de seus descendentes, que por sua vez são influenciados pelos processos oceanográficos envolvidos na distribuição horizontal de ovos e larvas de peixes: frentes oceânicas, vórtices, correntes marinhas, transporte de Ekman e ressurgência, dentre outros (RODRIGUEZ; HERNANDEZ-LEON; BARTON, 1999; SABATES; OLIVAR, 1996; PARRISH; NELSON; BAKUN, 1981; CUSHING, 1975).

Fatores biológicos, como o local de desova, a estratégia de desova e o comportamento larval, também desempenham um papel importante na distribuição e sobrevivência do ictioplâncton e, conseqüentemente, na definição da composição e estrutura da comunidade ictioplânctônica (FIKSEN et al., 2007; BAILEY; HOUDE, 1989; PARRISH; NELSON; BAKUN, 1981). Os estágios iniciais de peixes são, portanto, bastante frágeis e especialmente suscetíveis a variações ambientais, de modo que qualquer impacto no ecossistema pode ser catastrófico para essas populações.

Na Bacia de Campos, o ictioplâncton vem sendo estudado desde a década de 1980, quando foram realizados trabalhos sobre a ocorrência, distribuição e abundância de larvas de bonito-listrado *Katsuwonus pelamis* (MATSUURA, 1982).

O conhecimento acerca do ictioplâncton nessa região oceânica foi ampliado consideravelmente com o Programa de Avaliação do Potencial Sustentável de Recursos Vivos na Zona Econômica Exclusiva (REVIZEE) e, mais recentemente, com o desenvolvimento do projeto HABITATS (BONECKER et al., 2017). Neste último, a comunidade ictioplanctônica entre o Cabo de São Tomé (RJ) e sul de Vitória (ES) foi amplamente caracterizada, identificando-se tanto correlações entre a composição de ovos e larvas de peixes com parâmetros ambientais (temperatura, salinidade, material particulado em suspensão (MPS), clorofila *a* e bacterioplâncton) quanto variações temporais (períodos chuvoso e seco), espaciais (plataforma e talude) e verticais (massas d'água) na estrutura da comunidade (BONECKER et al., 2017).

As informações obtidas neste relatório são de relevante interesse para a compreensão da influência que a atividade de E&P exerceu e exerce sobre o meio ambiente da Bacia de Campos, e visam fornecer subsídios ao IBAMA e a PETROBRAS para aprimorar a gestão ambiental destas atividades.

IV.7.1.1 – Objetivo Geral

Obter sistematicamente informações sobre comunidades ictioplanctônicas comparando as regiões de maior (central) e menor (sul e norte) concentração de atividades de E&P na Bacia de Campos, de forma a monitorar estas áreas e simultaneamente avaliar as tendências ambientais regionais desta bacia.

IV.7.1.1.1 – Objetivos Específicos

- Caracterizar as comunidades ictioplanctônicas (ovos e larvas de peixes) nas três áreas de estudo quanto a sua riqueza, densidade, biomassa e distribuição;
- Avaliar se existem diferenças nas comunidades ictioplanctônicas entre as três áreas (Norte, Centro e Sul);
- Avaliar se existem diferenças nas comunidades ictioplanctônicas situadas nas províncias de Plataforma Continental e Talude;
- Comparar os resultados obtidos com o estudo realizado no Programa de Caracterização Regional – Projeto Habitats – PCR-BC.

Hipóteses nulas

- Não há diferença estatística entre as comunidades ictioplanctônicas entre as três áreas da Bacia de Campos, considerando a comparação das áreas amostrais posicionadas sobre a mesma isóbata;
- Não há diferença estatística entre as comunidades ictioplanctônicas da Bacia de Campos, considerando a comparação das duas áreas amostrais posicionadas sobre a isóbata de 100 e 900 m no segmento central da bacia de Campos;
- Não há variação temporal entre as comunidades ictioplanctônicas, considerando a comparação dos resultados do PMAR-BC com os do PCR-BC, sobre as mesmas isóbatas (100 e 900 m).

IV.7.2 – METODOLOGIAS APLICADAS

IV.7.2.1 – Metodologia de Campo

As informações sobre os métodos aplicados durante a amostragem podem ser encontradas no Capítulo III, item III.3.1 – MÉTODOS DE AMOSTRAGEM, em que estão inclusos os procedimentos referentes à metodologia de amostragem do icteoplâncton. Sendo assim, abordaremos neste item, de maneira resumida, a metodologia utilizada no campo durante a primeira campanha do PMAR-BC, para obtenção das amostras de icteoplâncton.

Nos arrastos para a coleta das amostras de icteoplâncton foi utilizada uma rede cilíndrico-cônica em armação de Bongô, com malha de 500 μm . No centro do aro da rede foi colocado um fluxômetro devidamente aferido para estimar o volume de água filtrada durante o arrasto.

Para lastrear e dar estabilidade à rede Bongô foi utilizado um depressor de metal. Foi ainda utilizado um inclinômetro, para medir o ângulo de inclinação do cabo em relação à superfície da água.

No final da rede fica localizado o copo coletor de PVC com janelas de drenagem onde a amostra foi concentrada. Os organismos retidos no copo foram armazenados em frasco de polietileno de boca larga e preservados com formaldeído 4% tamponado com tetraborato de sódio.

Em cada estação foram realizados três arrastos oblíquos no período noturno, entre 18:00 e 05:00 h. Os arrastos foram da profundidade de 90 m até a superfície, tanto na plataforma continental quanto no talude. Para a obtenção de réplicas temporais das amostras de icteoplâncton, cada replicação foi feita após a coleta da primeira réplica em todas as estações do polígono, ou seja, foi feito um arrasto em cada uma das seis estações do polígono, e só então feito a réplica 2 nas mesmas seis estações e em seguida a réplica 3.

Previamente às coletas, foram realizadas perfilagens com CTD para identificação da estrutura termohalina das estações. A termoclina foi verificada em cada réplica.

IV.7.2.2 – Metodologia Analítica

IV.7.2.2.1 – Conferência das amostras no laboratório

Os desembarques das amostras coletadas nas pernas 6, 7 e 8, ocorreram nos dias 06 e 20/04 e 04/05/2019, respectivamente. As amostras foram entregues na Bioconsult no mesmo dia do desembarque.

No laboratório procedeu-se a conferência, no primeiro dia útil subsequente à sua chegada e a avaliação das amostras recebidas, verificando-se sua identificação e integridade física (Figura IV.7.2.2.1-1A). Para cada amostra foi atribuída uma identificação interna - número do laboratório (Figura IV.7.2.2.1-1B e C). Foi atribuído também um código de barras (Figura IV.7.2.2.1-1D) para acompanhamento dos processos. Foram coletadas e conferidas 108 amostras de ictioplâncton.



Figura IV.7.2.2.1-1 – (A) Conferência da integridade da amostra e código; (B) Atribuição de código interno à planilha; (C) Atribuição do código interno à amostra; (D) Registro no sistema e geração do código de barras.

IV.7.2.2.2 – Retirada do meio conservante

Antes do início dos procedimentos analíticos de obtenção da biomassa foi realizada a retirada do formaldeído das amostras. Esse procedimento foi realizado em uma capela com exaustão forçada onde o meio conservante de cada amostra foi retirado e recolhido em recipientes adequados para posterior reutilização, descarte ou neutralização (Figura IV.7.2.2.2-1A). Durante todo o procedimento no laboratório, foram utilizados equipamentos de proteção individual (EPIs), contando com luvas e aventais impermeáveis, jalecos, óculos de proteção e máscara de carvão ativado com dupla filtragem, e os trabalhos foram realizados na capela (Figura IV.7.2.2.2-1B).

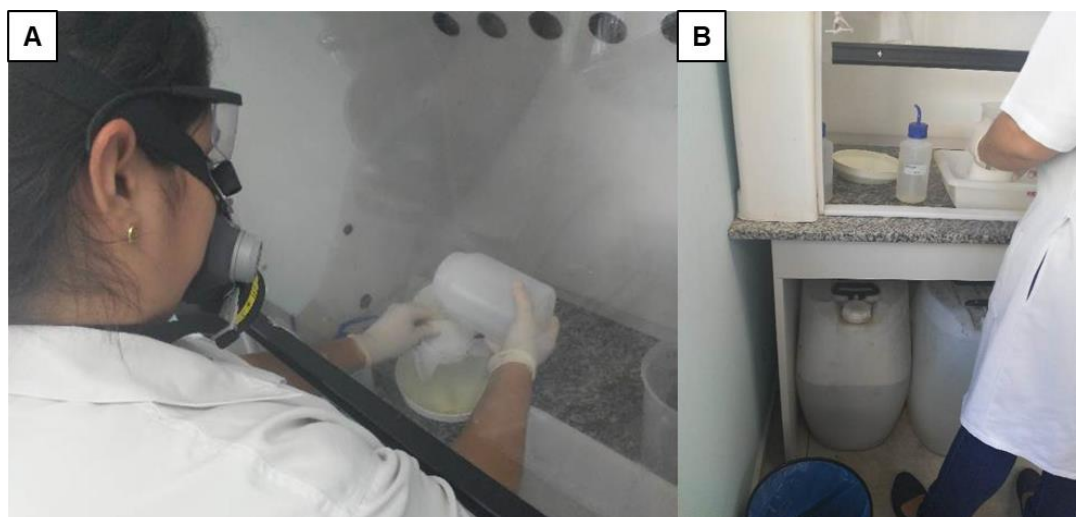


Figura IV.7.2.2.2-1 – (A) Retirada do formaldeído em capela com uso de EPI e (B) Bombonas de armazenamento do formaldeído para descarte.

IV.7.2.2.3 - Biomassa

Para a determinação da biomassa úmida as amostras foram submetidas a um procedimento de retirada do excesso de água. Após a eliminação do meio conservante, como descrito no item anterior, foram realizadas as seguintes etapas:

1. Transferência da amostra do frasco para uma malha de 120 μm de abertura. A malha foi apoiada em um suporte e a amostra lavada com o auxílio de um suporte e pisquete com água doce filtrada, concentrando os organismos no centro da malha para que não ficassem próximos das suas bordas (Figura IV.7.2.2.3-1 A e B);

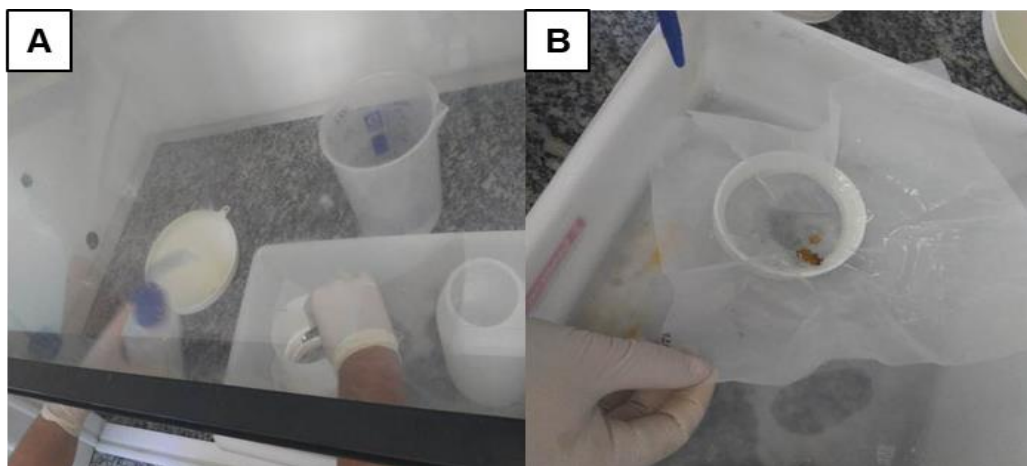


Figura IV.7.2.2.3-1 – (A) Transferência dos organismos para a malha de 120 μm ; (B) Lavagem da amostra com uso de suporte e pisquete.

2. A malha, com os organismos retidos no seu centro, foi retirada do suporte e, com movimentos circulares, foi passada sobre um pano absorvente. Esse movimento foi repetido nos dois lados do pano, por dez vezes consecutivas de cada lado. Em seguida esse mesmo procedimento foi repetido utilizando um papel absorvente, com o objetivo de remover o excesso de líquido contido na amostra (Figura IV.7.2.2.3-2 A e B);

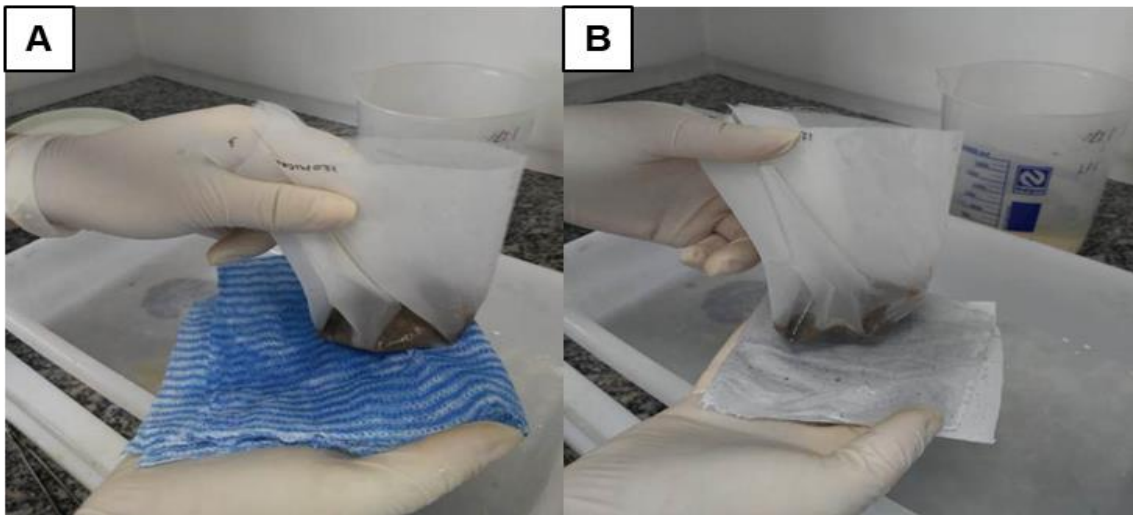


Figura IV.7.2.2.3-2 –Eliminação do excesso de água com utilização de (A) pano e (B) papel absorvente durante a determinação da biomassa.

3. Posteriormente, a malha contendo os organismos, juntamente com um suporte de plástico, foi pesada em balança da marca Bell, modelo M214Ai com precisão de quatro casas decimais (Figuras IV.7.2.2.3-3 A). Os valores de peso das amostras foram registrados em planilhas específicas.
4. Ao término da pesagem, a amostra foi transferida para seu frasco de origem, novamente preenchido com preservante (formaldeído), que foi etiquetado e identificado como “BA” (biomassa analisada), e encaminhada para posterior triagem (Figuras IV.7.2.2.3-3 A e B).

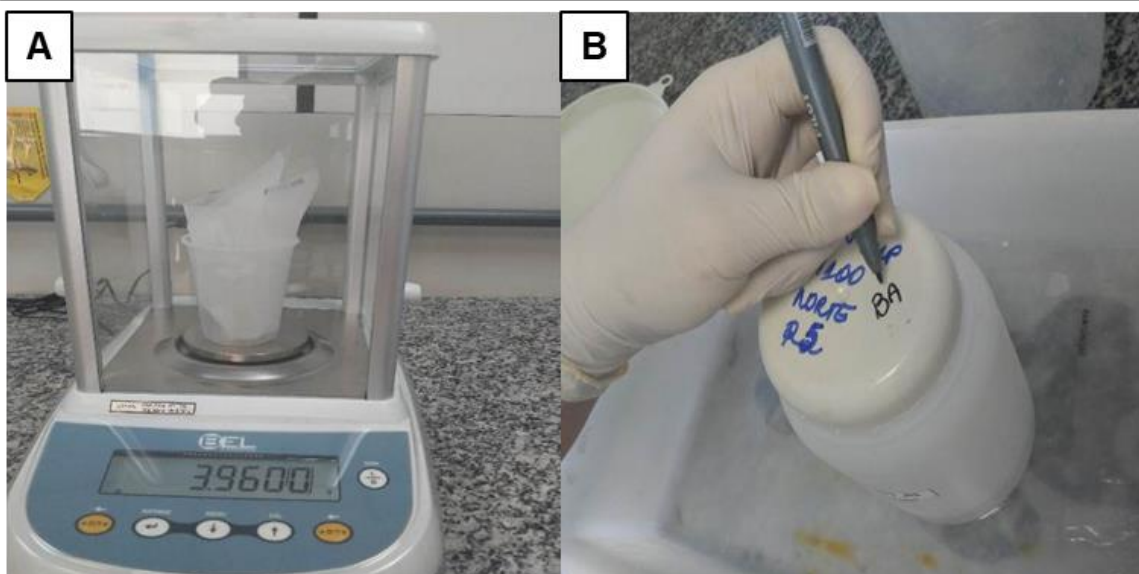


Figura IV.7.2.2.3-3 – (A) *Pesagem das amostras para a determinação da biomassa;*
(B) *Amostra no frasco pronta para o início da triagem.*

Para efeito de cálculo da biomassa úmida, empregou-se a seguinte fórmula:

$$\text{PU} = \text{PCO} - \text{PSO}$$

Onde:

PU – Peso úmido em gramas (g);

PCO – Peso da malha e suporte com organismos retidos de cada amostra (g);

PSO – Peso da malha e suporte secos e sem os organismos retidos (g).

Os resultados de biomassa do ictioplâncton foram expressos em $\text{g} \cdot 100\text{m}^{-3}$ a partir do cálculo do volume de água filtrado. Para os cálculos empregaram-se as seguintes fórmulas:

$$\text{BIOMASSA} = \text{PU}/\text{VF} \cdot 100$$

Onde:

PU – Peso úmido em gramas (g);

VF – Volume filtrado (m^3);

O volume filtrado (VF) foi obtido em campo e é calculado pela seguinte fórmula:

$$VF = DIF * CC * \text{ÁREA}$$

Onde:

DIF – Diferença entre os valores final e inicial do fluxômetro;

CC – Constante de calibração do fluxômetro, definido no certificado de calibração

ÁREA - Área da boca da rede - m² (0,283);

IV.7.2.2.4 - Triagem do ictioplâncton

Esta etapa dos trabalhos foi realizada com o auxílio de estereomicroscópio e, quando necessário, de microscópio (Figura IV.7.2.2.4-1A).

Inicialmente foi feita a separação do ictioplâncton dos organismos do zooplâncton. Posteriormente, o ictioplâncton (ovos e larvas de peixes) foi totalmente triado sob microscópio estereoscópico binocular. Os organismos foram triados, separados em frascos identificados com código de barras e etiqueta interna de papel vegetal e os resultados registrados em planilhas específicas. Os organismos foram mantidos em formaldeído tamponado para os ovos de peixes e larvas Leptocephali e em etanol a 70% para as larvas de peixes.

As amostras que não foram finalizadas no mesmo dia, foram colocadas novamente no meio preservante e a triagem foi reiniciada no dia seguinte para garantir a integridade dos organismos.

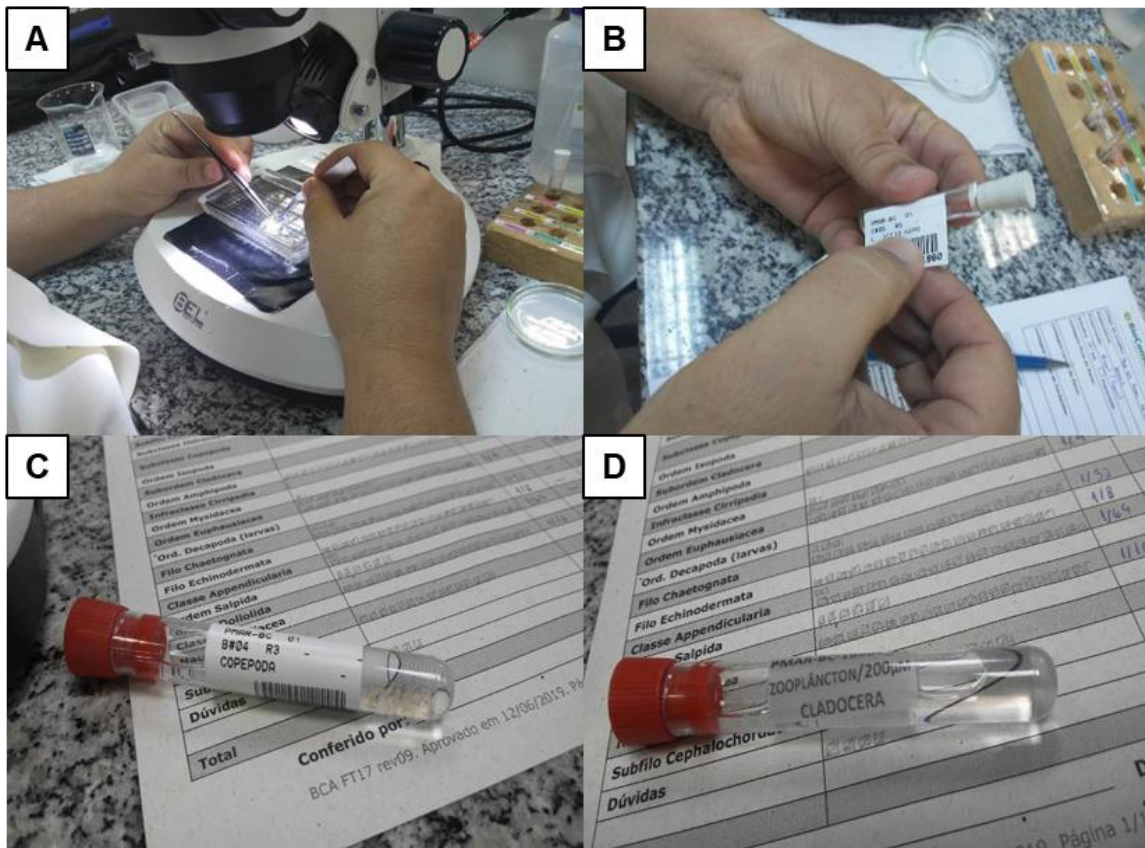


Figura IV.7.2.2.4-1 – (A) Triagem dos organismos; (B) Colagem dos códigos de barra nos frascos; (C) Identificação dos frascos com códigos de barra; (D) Etiquetas internas nos frascos.

Para a análise dos dados de ictioplâncton, foi utilizado o número de organismos encontrados na triagem somado ao número de organismos encontrados no controle de qualidade (quando esta foi sorteada para este processo).

IV.7.2.2.5 – Controle de qualidade

Foi realizado o controle de qualidade das amostras já triadas com o objetivo de detectar e identificar organismos que não foram retirados e contabilizados nestas. Para tal, a cada lote de no máximo dez amostras de cada triador, uma das amostras triadas foi sorteada. As amostras utilizadas no controle de qualidade e os resultados obtidos estão no Anexo IV.7.7-1. Nos casos onde o número de organismos contabilizados no reexame da amostra foi maior que 20% do total de organismos contabilizados a amostra foi reprovada e então uma nova

amostra do mesmo colaborador foi sorteada. Em caso de uma nova rejeição todo o lote é reanalisado. Todos os organismos que foram encontrados no controle de qualidade foram incorporados as amostras originais.

IV.7.2.2.6 – Identificação taxonômica

Após o processo de validação os lotes de amostras de cada triador foram encaminhados para a etapa de identificação taxonômica dos ovos e larvas de peixes. Estes foram identificados sempre até o menor nível taxonômico possível. A identificação foi feita de acordo com chaves de identificação especializadas como Menezes et al. (2003), Bonecker e Castro (2006), Richards (2006) e Fahay (2007). Esta foi baseada nas características morfológicas (formato do corpo e da cabeça, presença de vesícula gasosa, formato das nadadeiras, posição do ânus e das nadadeiras anal e dorsal) e merísticas (número de raios das nadadeiras dorsal, anal, caudal, peitoral e ventral e padrão de pigmentação).

IV.7.2.2.7 – Índices Ecológicos

A comunidade ictioplanctônica foi avaliada com os resultados de densidade de organismos ($\text{ind.}100.\text{m}^{-3}$) e índices de diversidade. Indicadores de diversidade foram utilizados para detectar possíveis variações na composição e na estrutura da comunidade ictioplanctônica.

- **Riqueza (R)**

É expressa pelo número de táxons/espécies (S) encontrados na amostra

$R = \text{Número de táxons/espécies na amostra};$

- **Índice de Diversidade de Shannon (H')**

É uma função do número de espécies em uma comunidade e da uniformidade dos indivíduos entre as espécies (SHANNON, 1949 *apud* KREBS, 1991). Foi utilizado para número de indivíduos.

$$H' = \sum p_i \ln_2 p_i$$

Onde:

p_i = proporção de indivíduos da espécie i.

- **Índice de Dominância de Simpson (Lambda)**

É dado pelo número de indivíduos de uma espécie em relação ao número de indivíduos de todas as espécies obtidas numa amostragem (SIMPSON, 1949 *apud* KREBS, 1991). Foi utilizado para número de indivíduos.

$$\text{Lambda} = \sum (n_i / N)^2$$

Onde:

n_i = número de indivíduos da espécie i ;

N = número total de indivíduos.

- **Índice Relativo de Equitabilidade (J')**:

$$J' = H/H_{\text{max}}$$

Onde:

H = índice de Diversidade de Shannon;

H_{max} = é o índice máximo de diversidade ($H_{\text{max}} = \log_2 S$).

IV.7.2.3 – Metodologia de Tratamento de Dados

As informações sobre os métodos aplicados para o tratamento de dados (estatística descritiva, correlações, NMDS, análises fatoriais não-paramétricas, entre outras) e os procedimentos nos quais foram realizados os agrupamentos dos dados do compartimento Água podem ser encontrados no Capítulo III, item III.3.3 – MÉTODOS DE TRATAMENTO DE DADOS.

Todos os dados de abundância de ictioplâncton (ovos e larvas de peixes) foram convertidos para densidade (indivíduo por amostra/volume filtrado, calculado a partir dos dados de fluxômetro alocado no centro da rede Bongô), sendo utilizada a unidade de medida de $\text{ind.}100\text{m}^{-3}$. Os dados de densidade, assim como os dados de biomassa, foram então utilizados para a análise da estrutura das comunidades e os cálculos de índices ecológicos. Os dados de densidade foram transformados em $\log(x + 1)$, enquanto os dados de biomassa e índices ecológicos (riqueza, densidade, diversidade, equitatividade e dominância), quando analisados juntos em multivariadas, foram Z-padronizados.

Para as análises estatísticas do ictioplâncton, foram utilizados os táxons identificados em diferentes níveis taxonômicos, considerando a limitação na identificação de alguns grupos (e.g. Engraulidae limitou-se a identificação em

nível de família, Anguiliformes ao nível de ordem) e a não sobreposição de táxons (e.g. as larvas de Myctophidae identificadas somente até o nível de família foram retiradas da análise já que a maioria das larvas e diversas espécies desse grupo foram identificadas até o nível de gênero ou espécie). Embora o uso dos níveis de gênero e espécie seja o mais indicado, a exclusão de táxons importantes identificados apenas em níveis superiores (e.g. Engraulidae) poderia trazer prejuízo para a análise dos dados e interpretação dos resultados, uma vez que podem ser abundantes e indicar áreas ou condições ambientais específicas (e.g. Engraulidae costuma ser dominante nas amostras costeiras). Sendo assim, optou-se por manter nas análises diferentes níveis taxonômicos para que não houvesse perda da informação ecológica. Considerando esta seleção, foram retirados 28 táxons do conjunto de dados para as análises exploratórias e inferenciais (Tabela IV.7.2.3-1), as quais foram realizadas com os dados dos 220 táxons restantes (Tabela IV.7.2.3-2).

Tabela IV.7.2.3-1 – Táxons excluídos do conjunto de dados utilizado para realização das análises exploratórias e inferenciais das larvas de peixes.

Nível de refinamento	Táxon
Espécie	Diaphus dumerilii Diaphus garmani Diaphus mollis
Gênero	Auxis spp. Bregmaceros spp. Caranx spp. Decapterus spp. Eucinostomus spp. Hygophum spp. Lepidophanes spp. Myrichthys spp. Ophidion spp. Selene spp. Vinciguerria spp.
Família	Apogonidae Carangidae Carapidae Chlopsidae Congridae Gonostomatidae Myctophidae

Nível de refinamento	Táxon
	Paralepididae
	Phosichthyidae
	Scombridae
	Serranidae
	Sternoptychidae
Ordem	Pleuronectiformes
Subordem	Gobioidei

Tabela IV.7.2.3-2 – Táxons selecionados para realização das análises exploratórias e inferenciais das larvas de peixes.

Espécies	Gêneros	Famílias	Ordens	
Abudefduf saxatilis	Microdesmus bahianus	Acanthurus	Bramidae	Anguilliformes
Acanthocybium solandri	Microdesmus longipinnis	Albula	Bythitidae	Argentiniformes
Ahlia egmontis	Microspathodon chrysurus	Aluterus	Chaetodontidae	Lampridiformes
Amblycirrhitus pinos	Monacanthus ciliatus	Anthias	Chiasmodontidae	
Amphelikturus dendriticus	Myctophum affine	Apogon	Clupeidae	
Anarchias similis	Myctophum nitidulum	Ariomma	Eleotridae	
Auxis rochei	Myctophum obtusirostre	Aristostomias	Engraulidae	
Auxis thazard	Myrichthys ocellatus	Astrapogon	Evermannellidae	
Bathygobius soporator	Myripristis jacobus	Bathycongrus	Exocoetidae	
Bentosema suborbitale	Myrophis plumbeus	Benthodesmus	Gerreidae	
Bothus ocellatus	Nannobranchium cuprarium	Bolinichthys	Gobiesocidae	
Bregmaceros atlanticus	Nesiarchus nasutus	Bothus	Gobiidae	
Bregmaceros cantori	Odontostomops normalops	Calamus	Gobiidae tipo I	
Callionymus bairdi	Ophichthus cylindroideus	Canthigaster	Haemulidae	
Canthidermis sufflamen	Ophidion holbrookii	Ceratoscopelus	Hemiramphidae	
Canthigaster rostrata	Ophidion nocomis	Coryphaena	Howellidae	
Carapus bermudensis	Pagrus pagrus	Cubiceps	Labridae	
Centropyge aurantonotus	Parasudis truculenta	Cyclothone	Lutjanidae	
Chiasmodon niger	Peprilus paru	Cynoscion	Monacanthidae	
Chlorophthalmus brasiliensis	Pollichthys maui	Diaphus	Mullidae	
Chloroscombrus chrysurus	Pomatomus saltatrix	Exocoetus	Muraenidae	
Citharichthys cornutus	Pseudogramma gregoryi	Gigantactis	Nomeidae	
Coryphaena equiselis	Psilotris celsa	Gymnothorax	Ophichthidae	
Coryphaena hippurus	Ptereleotris randalli	Haemulon	Ophidiidae	
Cryptotomus roseus	Rachycentron canadum	Halichoeres	Paralichthyidae	
Ctenogobius boleosoma	Rhomboplites aurorubens	Heteroconger	Pomacanthidae	
Cyclopsetta fimbriata	Sargocentron bullisi	Holacanthus	Pomacentridae	
Cyclothone acclinidens	Scomber colias	Howella	Sciaenidae	
Cyclothone alba	Scopelosaurus smithii	Lampadena	Scorpaenidae	
Cyclothone braueri	Selar crumenophthalmus	Lampanyctus	Sparidae	
Cyclothone pseudopallida	Selene vomer	Lepophidium	Stomiidae	

	Espécies	Gêneros	Famílias	Ordens
	Dactylopterus volitans	Serranus auriga	Lestidiops	Synodontidae
	Decapterus punctatus	Sigmops elongatus	Lutjanus	Tetraodontidae
	Diogenichthys atlanticus	Sphyræna guachancho	Microdesmus	Trichiuridae
	Doratonotus megalepis	Stegastes leucostictus	Microgobius	Triglidae
	Dormitator maculatus	Stemonosudis rothschildi	Mugil	
	Echiodon dawsoni	Stephanolepis hispidus	Myrichthys	
	Euthynnus alletteratus	Sudis atrox	Nannobranchium	
	Evermannella balbo	Syacium papillosum	Nemichthys	
	Evermannella melanoderma	Symphurus ginsburgi	Neoconger	
	Fistularia petimba	Symphurus tessellatus	Neoscopelus	
	Fistularia tabacaria	Symphurus trewavasae	Notoscopelus	
	Flagellostomias boureei	Synodus foetens	Opistognathus	
	Gempylus serpens	Synodus synodus	Polydactylus	
	Gymnothorax moringa	Thalassoma noronhanum	Pomacanthus	
	Gymnothorax ocellatus	Trachinocephalus myops	Pontinus	
	Haemulon plumierii	Trachurus lathamii	Psenes	
	Halichoeres maculipinna	Trichiurus lepturus	Saurenhelys	
	Halichoeres poeyi	Uncisudis advena	Saurida	
	Histrio histrio	Upeneus parvus	Scarus	
	Hygophum reinhardtii	Valenciennellus tripunctulatus	Scomberomorus	
	Hygophum taaningi	Vinciguerria attenuata	Scorpaena	
	Katsuwonus pelamis	Vinciguerria nimbaria	Scorpaenodes	
	Kaupichthys hyoproroides	Vinciguerria poweriae	Seriola	
	Lepidophanes gaussi		Serranus	
	Lepidophanes guentheri		Sparisoma	
	Lestidiops affinis		Sphoeroides	
	Lestidiops jayakari		Sphyræna	
	Lestidiops mirabilis		Stegastes	
	Lestidium atlanticum		Stemonosudis	
	Lestrolepis intermedia		Stomias	
	Liopropoma carmabi		Symphurus	
	Lutjanus synagris		Synodus	
	Maurolicus stehmanni		Thunnus	

Os testes de hipóteses foram realizados considerando separadamente os grupos de ovos e larvas, e os cálculos de índices ecológicos foram feitos utilizando somente os dados de larvas de peixes conforme a seleção de táxons mencionada acima.

IV.7.2.3.1 – Análises Exploratórias

IV.7.2.3.1.1 – Análises exploratórias univariadas

As distribuições dos valores (média, mediana, mínimo, máximo e desvio padrão) de cada variável sintética (biomassa planctônica, densidade total, riqueza, equitatividade, diversidade e dominância), foram resumidas por área (Norte, Centro e Sul), província (Plataforma Continental e Talude) e projeto (PMAR-BC e PCR-BC).

IV.7.2.3.1.2 – Análises exploratórias multivariadas

O escalonamento multidimensional não métrico (Non-metric Multidimensional Scalling - NMDS) foi utilizado para representar a similaridade das amostras em relação à composição e densidade dos táxons (índice Bray-Curtis com os dados transformados em $\log(x + 1)$) e à biomassa, riqueza, abundância, diversidade, dominância e equitatividade (distância Euclidiana, com os dados Z-padronizados) de cada área, província e projeto, com as correlações de Pearson entre estas variáveis.

IV.7.2.3.2 – Análises Inferenciais

As análises inferenciais dos resultados ictioplâncton foram realizadas conforme apresentado no *item III.3.3.1* de forma a atender os objetivos do projeto e testar as hipóteses referentes a possíveis diferenças entre os resultados encontrados.

O padrão de distribuição dos valores de biomassa planctônica ($\text{g } 100 \text{ m}^{-3}$), densidade de ovos e densidade de larvas de peixes ($\text{ind. } 100 \text{ m}^{-3}$), riqueza (S), equitatividade de Pielou (J'), diversidade de Shannon (H'²) e dominância de Simpson (Lambda) entre as áreas de cada província, entre as províncias e projetos foi testado através da Análise Multivariada de Permutação (PERMANOVA) e pela análise da dispersão permutacional (PERMDISP).

Diferenças nas comunidades ictioplanctônicas entre as áreas de cada província, entre as províncias e projetos também foram testadas utilizando, como dados de entrada para as análises PERMANOVA e PERMDISP, a matriz de distância Euclidiana considerando todos os índices ecológicos Z-padronizados (riqueza, equitatividade, diversidade e dominância) além da biomassa planctônica e densidade total, , assim como os dados da matriz de similaridade de Bray-Curtis dos dados de composição e densidade de táxons por amostra, transformados com $\log(x + 1)$.

IV.7.3 – RESULTADOS

Um total de 3.892 ovos de peixes e 10.030 larvas de peixes foram coletados durante este estudo. Cerca de 35% dos ovos (1.391) não puderam ser identificados devido às dificuldades associadas à identificação de caracteres morfológicos que permitam a distinção entre as espécies de peixes durante esta fase. Entretanto, foi possível identificar ovos de quatro táxons distintos: Anguiliformes, *Maurolicus stehmanni* (Sternoptychidae), Beloniformes e Trichiuridae (Tabela IV.7.3.1-2; Tabela IV.7.3.2-2). Dentre as larvas de peixes coletadas, foram identificados 248 táxons. Todas as larvas foram identificadas ao menos a nível de ordem (Anexo IV.7.7-2).

Uma vez que a composição taxonômica de larvas de peixes na área de estudo foi igualmente caracterizada considerando todos os táxons ou apenas os táxons principais (frequência relativa > 5% em pelo menos um polígono), optou-se por apresentar aqui apenas os resultados referentes às análises exploratórias e inferenciais considerando todos os táxons.

IV.7.3.1 – Áreas Norte, Centro e Sul da Plataforma Continental

Ao longo do estudo, foram coletados 2.013 ovos de peixes e 1.452 larvas de peixes na área Sul, 651 ovos de peixes e 1.199 larvas na área Centro e 252 ovos de peixes e 1.867 larvas na área Norte da Plataforma Continental. Os valores médios, de medianas, mínimo e máximo e desvio padrão de índices ecológicos obtidos nessas três áreas são apresentados na Tabela IV.7.3.1-1.

Tabela IV.7.3.1-1 – Número de amostras (N) e valores de biomassa planctônica (g. 100 m⁻³), densidade de ovos e densidade de larvas de peixes (ind. 100 m⁻³), riqueza (S), equitatividade de Pielou (J'), diversidade de Shannon (H') e dominância de Simpson (Lambda) obtidos nas áreas Norte, Centro e Sul da Plataforma Continental.

Área	Parâmetros	N	Média	Mediana	Mín.	Máx.	Desv. Padrão
Norte	Biomassa	18	5,87	5,50	1,85	12,45	2,46
	Densidade de ovos	18	7,44	6,68	0,52	14,81	4,07
	Densidade de larvas	18	63,17	57,08	16,47	130,05	32,60
	Riqueza (S)	18	22,94	23,00	8,00	30,00	5,84
	Equitatividade (J')	18	0,74	0,76	0,48	0,87	0,09
	Diversidade (H')	18	3,32	3,36	1,91	4,04	0,54
	Dominância (Lambda)	18	0,19	0,17	0,09	0,45	0,10
Centro	Biomassa	18	9,77	10,23	3,86	16,75	4,22
	Densidade de ovos	18	32,81	20,53	9,53	237,30	51,63
	Densidade de larvas	18	64,31	64,33	26,17	96,36	22,57
	Riqueza (S)	18	17,94	16,00	12,00	27,00	4,35
	Equitatividade (J')	18	0,77	0,79	0,64	0,92	0,09
	Diversidade (H')	18	3,19	3,17	2,43	4,03	0,46
	Dominância (Lambda)	18	0,19	0,18	0,08	0,33	0,08
Sul	Biomassa	18	4,05	3,72	1,97	7,51	1,39
	Densidade de ovos	18	62,09	48,26	0,00	223,71	66,51
	Densidade de larvas	18	34,15	34,48	10,63	60,67	19,92
	Riqueza (S)	18	19,83	20,50	12,00	27,00	4,37
	Equitatividade (J')	18	0,85	0,88	0,58	0,95	0,09
	Diversidade (H')	18	3,62	3,74	2,64	4,21	0,45
	Dominância (Lambda)	18	0,13	0,11	0,08	0,37	0,08

Os valores médios de biomassa planctônica na Plataforma Continental foram significativamente maiores na área Centro ($t > 3,39$, $p < 0,002$) e menores na área Sul ($t > 2,74$, $p < 0,009$; Figura IV.7.3.1-1).

Ictioplâncton - Plataforma

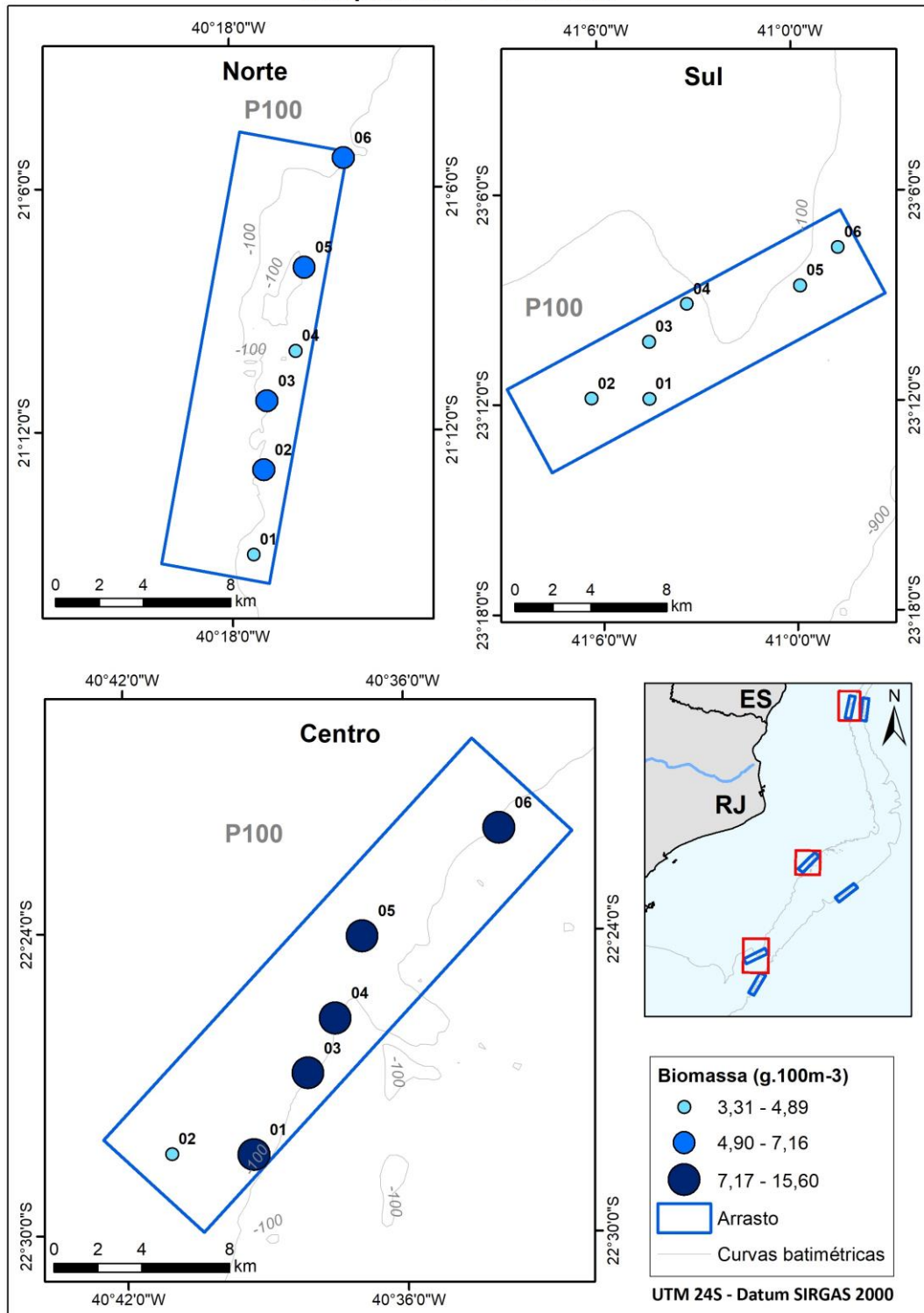


Figura IV.7.3.1-1 – Distribuição da biomassa planctônica (g. 100 m⁻³) obtida ao longo das áreas Norte, Centro e Sul da Plataforma Continental.

As densidades médias de ovos de peixes foram significativamente mais baixas no Norte do que no Centro ($t = 4,10$, $p < 0,001$; Figura IV.7.3.1-2A) e Sul ($t = 2,50$, $p = 0,002$; Figura IV.7.3.1-2A). Foi possível identificar quatro táxons de ovos de peixes: Anguiliformes, *Maurolicus stehmanni* (Sternoptychidae), Beloniformes e Trichiuridae. Na área Sul, os ovos de *M. stehmanni* se destacaram (Tabela IV.7.3.1-2).

Tabela IV.7.3.1-2 – Densidade média de ovos de peixes (ovos. 100 m⁻³) e desvio padrão (DP) dos táxons de ovos de peixes coletados nas áreas Norte, Centro e Sul da Plataforma Continental.

Táxon	Norte		Centro		Sul	
	Média	DP	Média	DP	Média	DP
Anguiliformes	0,28	0,44	0,79	1,00	0,10	0,24
<i>Maurolicus stehmanni</i>	0,26	0,74	13,18	55,93	52,12	69,46
Beloniformes	0,28	0,70	0,07	0,28	-	-
Trichiuridae	0,08	0,25	-	-	-	-
Não identificados	6,54	3,69	18,77	9,11	9,87	21,91

Em relação às larvas de peixes, as densidades médias foram significativamente mais baixas no Sul do que no Centro ($t = 5,10$; $p < 0,001$; Figura IV.7.3.1-2B) e no Norte ($t = 3,58$, $p < 0,001$; Figura IV.7.3.1-2B).

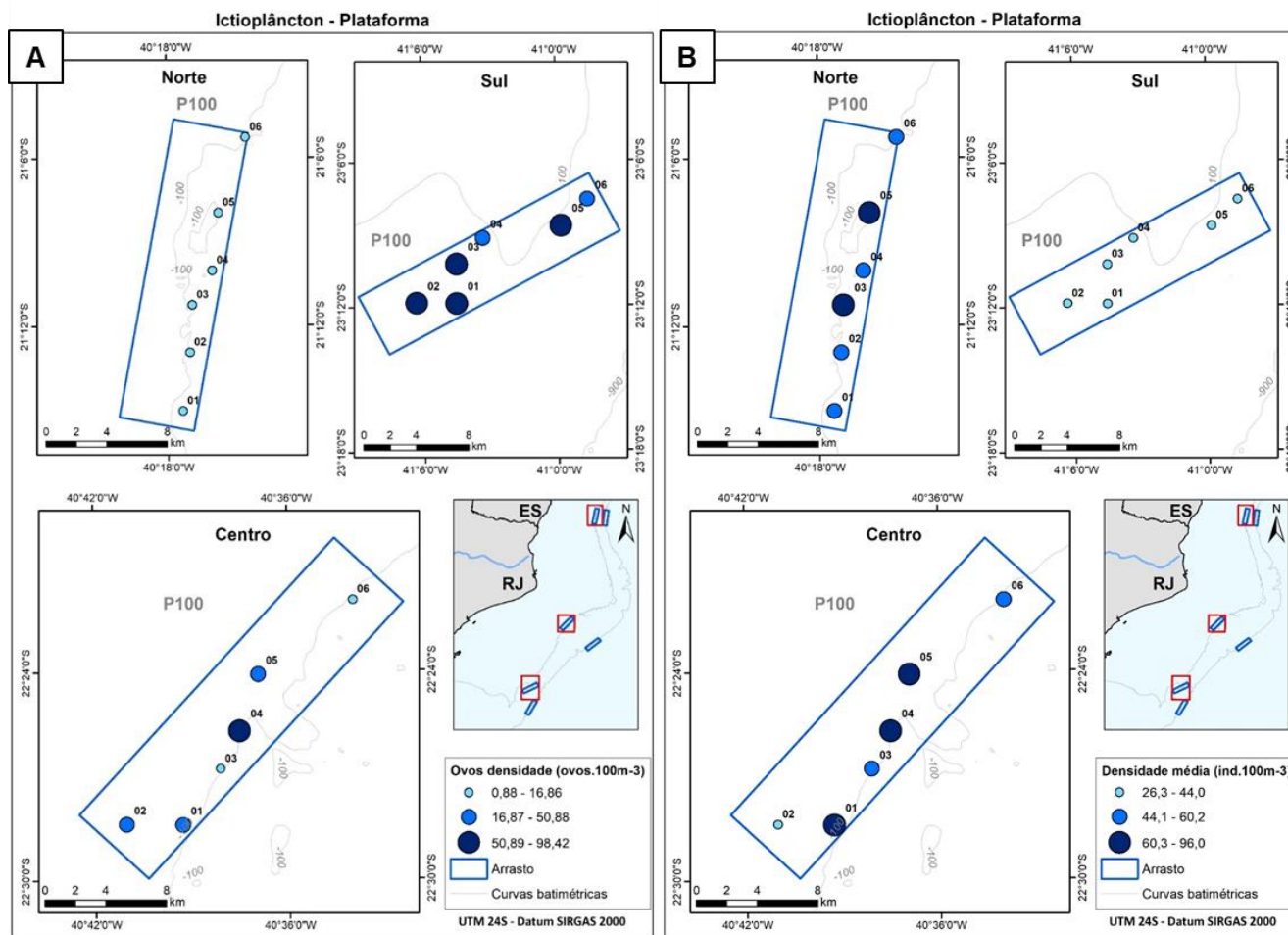


Figura IV.7.3.1-2 – (A) Distribuição da densidade de ovos de peixes (ovos. 100 m⁻³) obtida ao longo das áreas Norte, Centro e Sul da Plataforma Continental; (B) Distribuição da densidade de larvas de peixes (ind. 100 m⁻³) obtida ao longo das áreas Norte, Centro e Sul da Plataforma Continental.

Para as larvas de peixes, diferenças significativas também foram observadas na riqueza, equitatividade, diversidade e dominância. A área Norte apresentou maior riqueza que a área Centro ($t = 2,92$, $p = 0,007$; Figura IV.7.3.1-3A). Na área Sul, foram registrados maiores valores médios de equitatividade que nas áreas Centro ($t = 2,59$, $p = 0,014$; Figura IV.7.3.1-3B) e Norte ($t = 3,52$, $p = 0,002$; Figura IV.7.3.1-3B). Por fim, a área Centro apresentou menor diversidade ($t = 2,83$, $p = 0,007$; Figura IV.7.3.1-4A) e maior dominância ($t = 2,33$, $p = 0,025$; Figura IV.7.3.1-4B) que a área Sul.

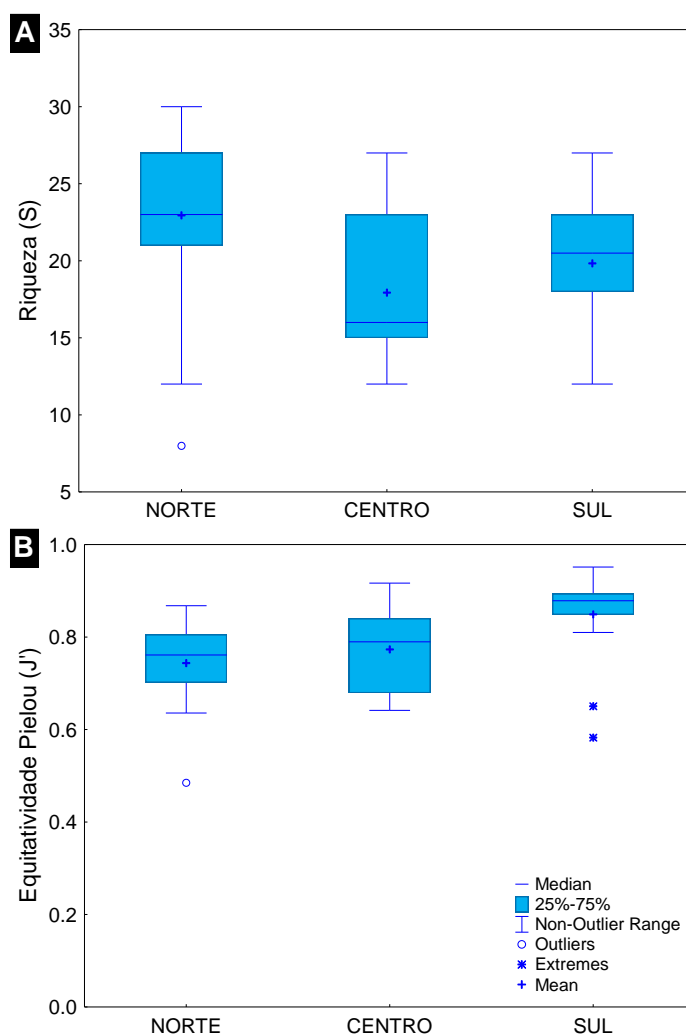


Figura IV.7.3.1-3 – (A) Distribuição da riqueza (S) obtida ao longo das áreas Norte, Centro e Sul da Plataforma Continental. (B) Distribuição da equitatividade de Pielou (J') obtida ao longo das áreas Norte, Centro e Sul da Plataforma Continental.

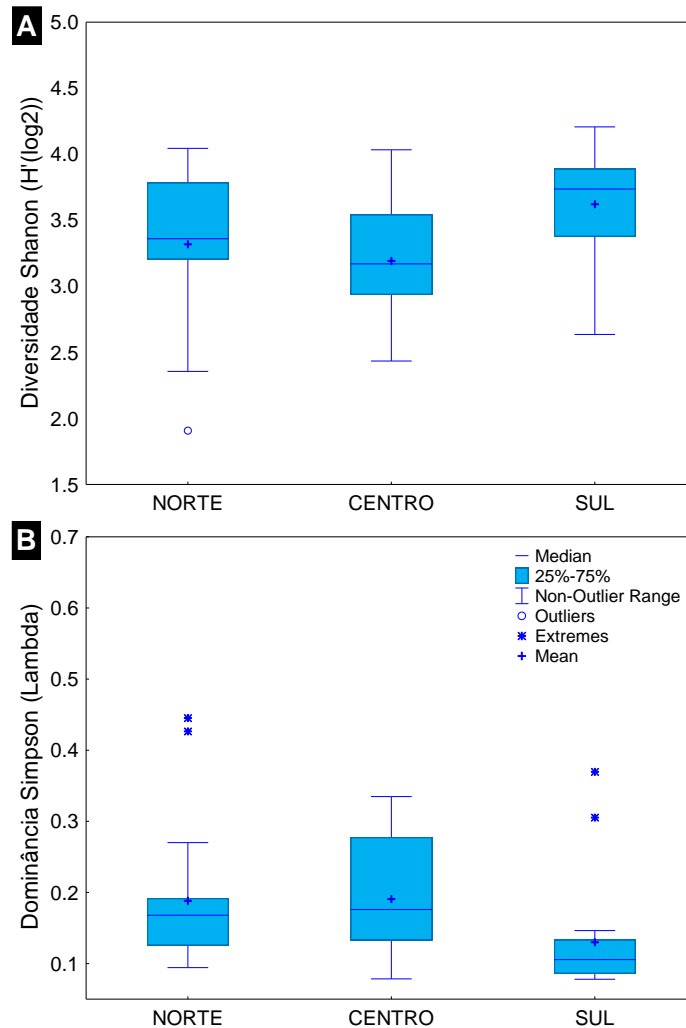


Figura IV.7.3.1-4 – (A) Distribuição da diversidade de Shannon (H') obtida ao longo das áreas Norte, Centro e Sul da Plataforma Continental. (B) Distribuição da dominância de Simpson (Lambda) obtida ao longo das áreas Norte, Centro e Sul da Plataforma Continental.

A composição taxonômica e densidade das comunidades icteoplânctônicas diferiu significativamente entre todas as áreas da Plataforma Continental (Tabela IV.7.3.1-3). Na Figura IV.7.3.1-5 é possível visualizar tal diferença com clareza, visto que há uma evidente distinção entre as áreas Norte (pontos azuis), Centro (pontos vermelhos) e Sul (pontos verdes), considerando a similaridade entre as amostras da Plataforma Continental (índice de Bray-Curtis).

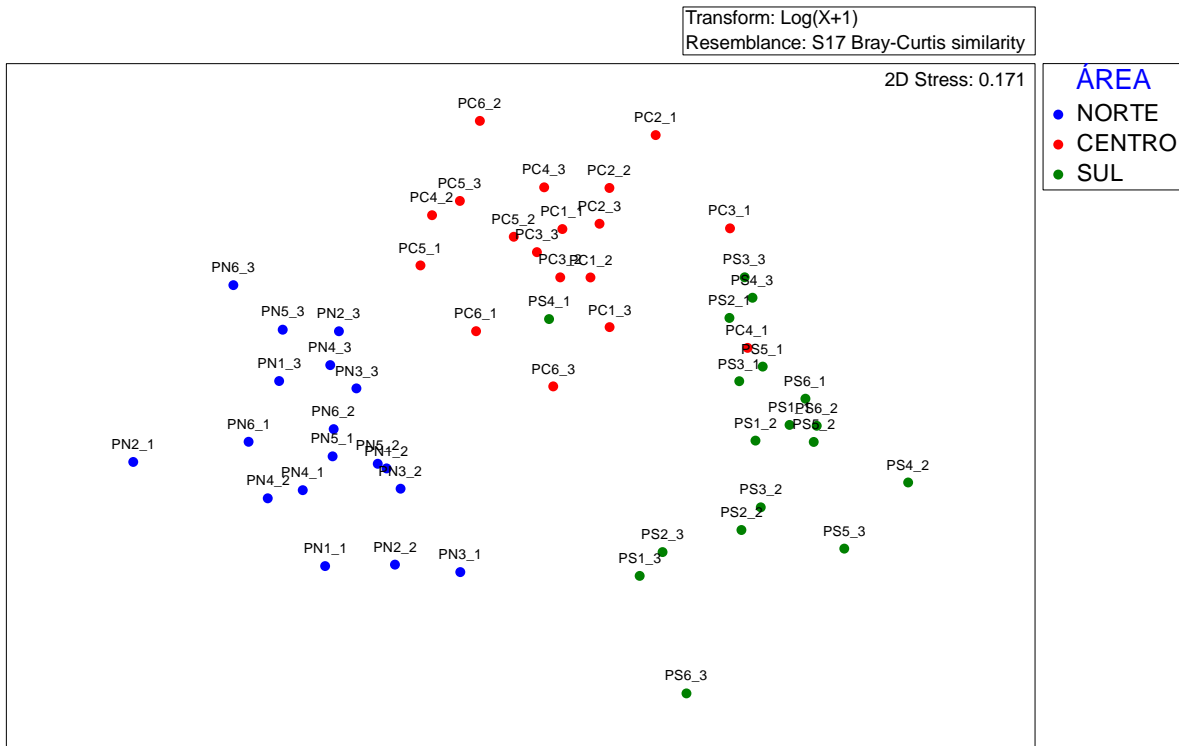


Figura IV.7.3.1-5 – NMSD representando a similaridade das amostras em relação à composição e densidade dos táxons de larvas de peixes (índice Bray-Curtis) da Plataforma Continental, com destaque para as áreas (Norte, Centro e Sul).

As cinco famílias de larvas de peixes que predominaram nessa província foram Myctophidae, Sternoptychidae, Microdesmidae, Engraulidae e Serranidae (Figura IV.7.3.1-6). A família Myctophidae ocorreu com densidade alta na área Sul, sendo menos abundante na área Norte (Figura IV.7.3.1-6). Entre as 23 espécies de Myctophidae identificadas, *Diaphus* sp. e *Lepidophanes gausi* foram as que mais se destacaram. As larvas da família Sternoptychidae ocorreram apenas nas áreas Sul e Centro (Figura IV.7.3.1-6), sendo *Maurolicus stehmanni* a espécie mais abundante. As famílias Microdesmidae, Engraulidae e Serranidae ocorreram nas três áreas, com aumento das densidades no sentido Sul–Norte (Figura IV.7.3.1-6). As espécies mais abundantes foram *Ptereleotris randalli* (Microdesmidae) e *Serranus* sp. e *Dules auriga* (Serranidae) (Anexo IV.7.7-2). As larvas da família Engraulidae não foram identificadas a nível de espécie. A Tabela IV.7.3.1-3 apresenta a contribuição de cada táxon para as diferenças estatísticas observadas entre as áreas.

Os resultados das análises PERMANOVA realizadas com os dados de composição taxonômica do ictioplâncton, biomassa planctônica, densidade de ovos e de larvas de peixes, riqueza (S), equitatividade de Pielou (J'), diversidade de Shannon (H') e dominância de Simpson (Lambda) obtidos durante este estudo nas áreas Norte, Centro e Sul da Plataforma Continental estão detalhados nos Anexos IV.7.7-3 e IV.7.7-4.

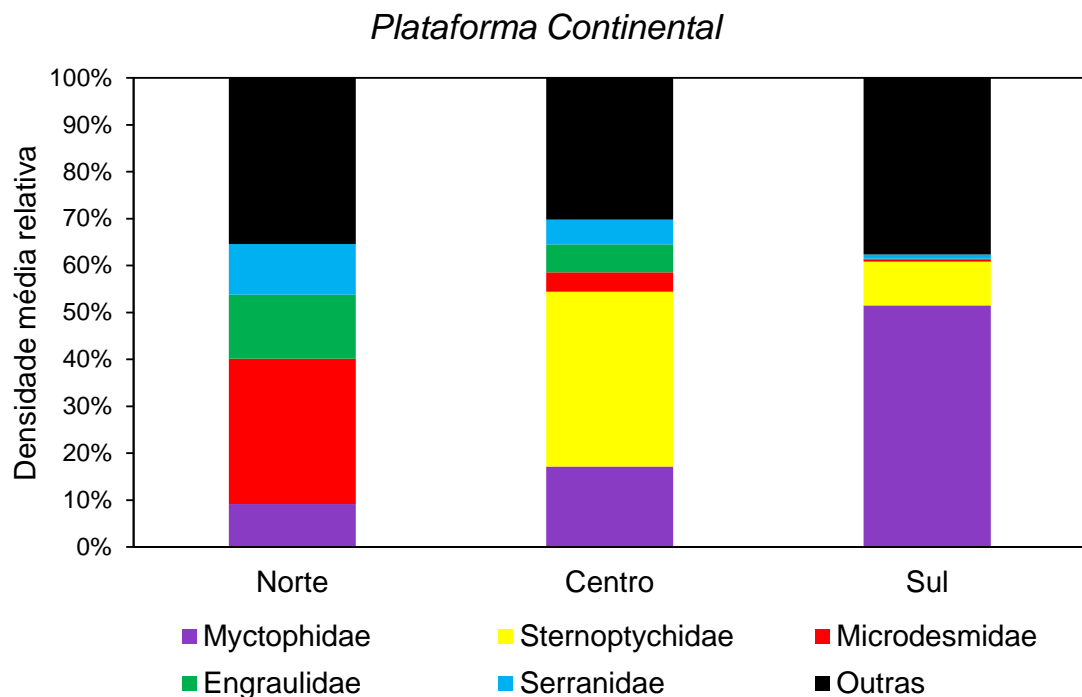


Figura IV.7.3.1-6 – Densidade média relativa (%) das famílias de larvas de peixes coletadas nas áreas Norte, Centro e Sul da Plataforma Continental.

Tabela IV.7.3.1-3 – Contribuição (%) dos táxons de larvas de peixes coletados para as diferenças entre as áreas Norte, Centro e Sul da Plataforma Continental. Os cinco táxons com maior contribuição foram listados. Em negrito, valores de $p < 0,05$.

Táxon	Contribuição (%)
Norte x Sul (t = 4,40, p = 0,001)	
<i>Ptereleotris randalli</i>	9,46
Engraulidae	4,66
Clupeidae	4,49
<i>Serranus</i> sp.	3,80
<i>Lepidophanes gausi</i>	3,79
Centro x Norte (t = 3,67, p = 0,001)	
<i>Maurolicus stehmanni</i>	10,75
<i>Ptereleotris randalli</i>	5,89
Engraulidae	4,54
Clupeidae	4,22
<i>Serranus</i> sp.	3,77
Sul x Centro (t = 2,96, p = 0,001)	
<i>Maurolicus stehmanni</i>	9,52
Engraulidae	5,06
<i>Ptereleotris randalli</i>	4,54
<i>Diaphus</i> sp.	3,93
<i>Lepidophanes gausi</i>	3,50

IV.7.3.2 – Áreas Norte, Centro e Sul do Talude

Neste estudo, foram coletados 487 ovos de peixes e 2.172 larvas de peixes na área Sul, 408 ovos de peixes e 1.725 larvas na área Centro e 81 ovos de peixes e 1.615 larvas na área Norte do Talude. Os valores médios, das medianas, mínimo e máximo e desvio padrão de índices ecológicos obtidos nessas três áreas são apresentados na Tabela IV.7.3.2-1.

Tabela IV.7.3.2-1 – Número de amostras (N) e valores de biomassa planctônica (g. 100 m⁻³), densidade de ovos e densidade de larvas de peixes (ind. 100 m⁻³), riqueza (S), equitatividade de Pielou (J'), diversidade de Shannon (H') e dominância de Simpson (Lambda) obtidos nas áreas Norte, Centro e Sul do Talude.

Área	Parâmetros	N	Média	Mediana	Mín.	Máx.	Desv. Padrão
Norte	Biomassa	18	5,07	4,58	2,93	9,60	1,78
	Densidade de ovos	18	2,33	1,44	0,00	7,68	2,23
	Densidade de larvas	18	37,99	38,19	18,29	80,41	13,40
	Riqueza (S)	18	23,33	22,00	15,00	39,00	6,48
	Equitatividade (J')	18	0,84	0,84	0,70	0,92	0,05
	Diversidade (H')	18	3,77	3,84	2,80	4,48	0,44
	Dominância (Lambda)	18	0,11	0,10	0,06	0,26	0,05
Centro	Biomassa	18	4,07	2,89	1,94	9,89	2,40
	Densidade de ovos	18	11,53	9,92	2,01	30,23	6,47
	Densidade de larvas	18	41,22	34,18	6,79	93,27	27,51
	Riqueza (S)	18	17,28	15,50	7,00	28,00	6,08
	Equitatividade (J')	18	0,73	0,71	0,54	0,90	0,12
	Diversidade (H')	18	2,89	2,85	2,41	3,60	0,36
	Dominância (Lambda)	18	0,24	0,25	0,11	0,38	0,08
Sul	Biomassa	18	4,14	3,82	2,94	8,80	1,31
	Densidade de ovos	18	13,48	1,68	0,00	152,63	35,56
	Densidade de larvas	18	42,80	39,33	19,93	83,59	16,04
	Riqueza (S)	18	18,33	18,00	14,00	22,00	2,17
	Equitatividade (J')	18	0,79	0,83	0,65	0,90	0,09
	Diversidade (H')	18	3,30	3,34	2,77	3,89	0,39
	Dominância (Lambda)	18	0,17	0,14	0,09	0,31	0,08

Os valores médios de biomassa planctônica não foram estatisticamente diferentes entre as áreas do Talude ($t < 1,79$, $p > 0,082$).

As densidades médias de ovos de peixes foram significativamente maiores no Sul em comparação ao Centro ($t = 2,72$, $p = 0,002$; Figura IV.7.3.2-1), e no Centro em comparação ao Norte ($t = 3,72$, $p < 0,001$; Figura IV.7.3.2-1). Três táxons de ovos de peixes foram identificados: Anguiliformes, *Maurolicus stehmanni* (Sternoptychidae) e Trichiuridae. Na área Sul, os ovos de *M. stehmanni* se destacaram (Tabela IV.7.3.2-2).

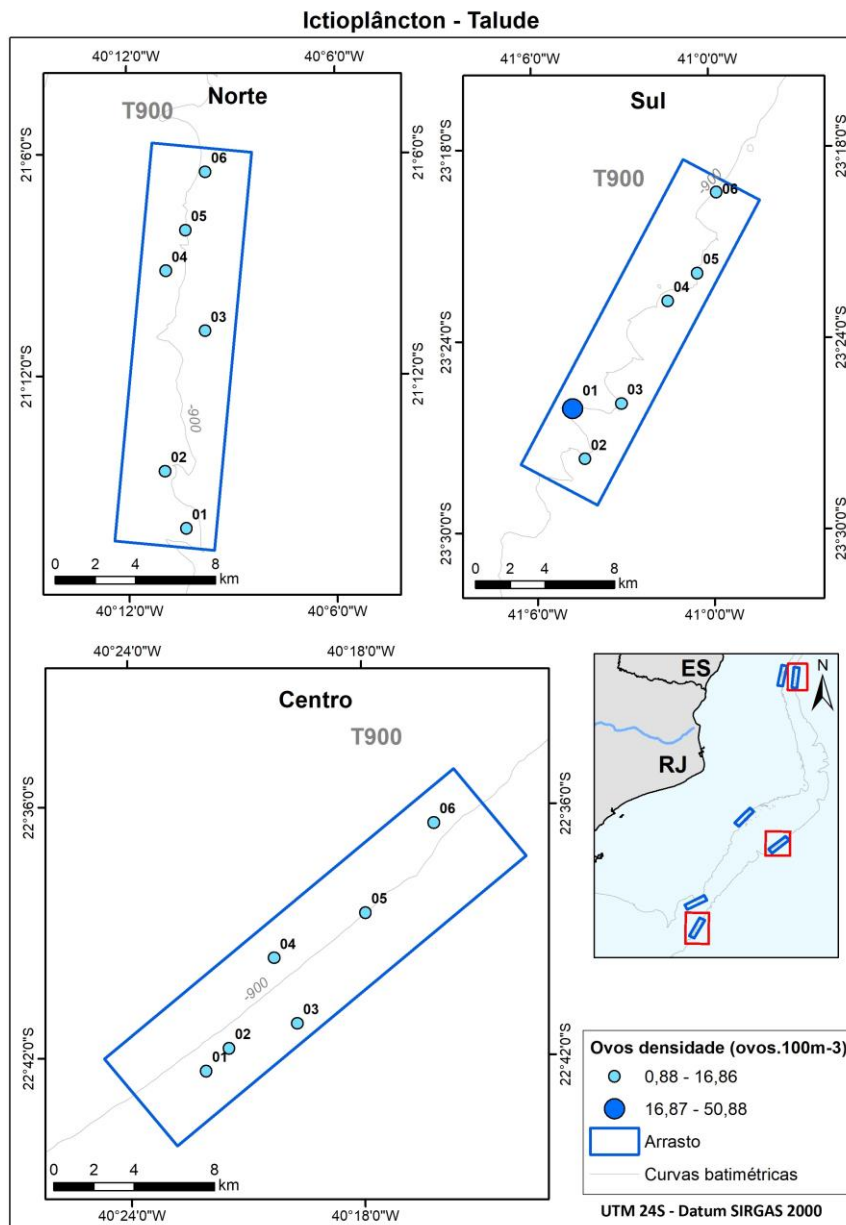


Figura IV.7.3.2-1 – Distribuição da densidade de ovos de peixes (ovos. 100 m⁻³) obtida ao longo das áreas Norte, Centro e Sul do Talude.

Tabela IV.7.3.2-2 - Densidade média de ovos de peixes (ovos. 100 m⁻³) e desvio padrão (DP) dos táxons de ovos de peixes coletados nas áreas Norte, Centro e Sul do Talude.

Táxon	Norte		Centro		Sul	
	Média	DP	Média	DP	Média	DP
Anguilliformes	0,05	0,23	0,06	0,18	-	-
<i>Maurolicus stehmanni</i>	-	-	1,92	5,04	10,78	35,89
Trichiuridae	-	-	0,05	0,22	-	-
Não identificados	2,28	2,13	9,49	3,72	2,70	5,20

As densidades de larvas de peixes não diferiram significativamente entre as três áreas ($t < 0,98$, $p > 0,337$). Entretanto, diferenças significativas foram observadas na riqueza, equitatividade, diversidade e dominância de larvas de peixes. A riqueza foi significativamente maior na área Norte que nas áreas Centro ($t = 2,89$, $p = 0,007$) e Sul ($t = 3,10$, $p = 0,004$; Figura IV.7.3.2-2A). Diferentemente do observado na área Centro, na área Norte foram encontrados os maiores valores de equitatividade ($t = 3,63$, $p = 0,001$; Figura IV.7.3.2-2B) e diversidade ($t > 3,25$, $p < 0,003$; Figura IV.7.3.2-3A) e os menores valores de dominância ($t > 2,54$, $p < 0,016$; Figura IV.7.3.2-3B).

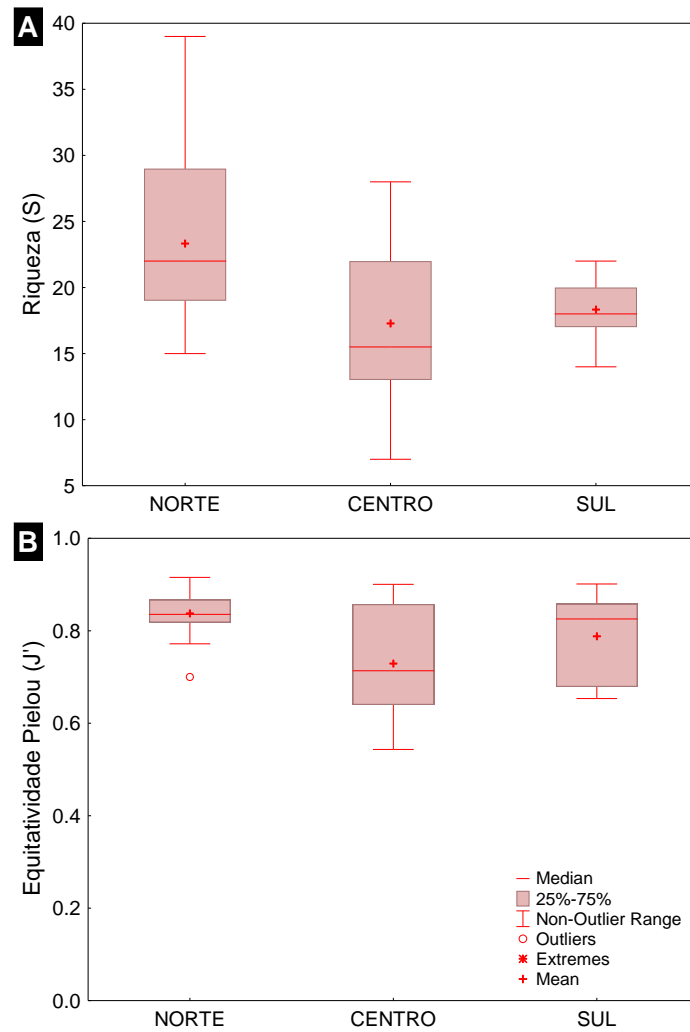


Figura IV.7.3.2-2 – (A) Distribuição da riqueza (S) obtida ao longo das áreas Norte, Centro e Sul do Talude; (B) Distribuição da equitatividade de Pielou (J') obtida ao longo das áreas Norte, Centro e Sul do Talude.

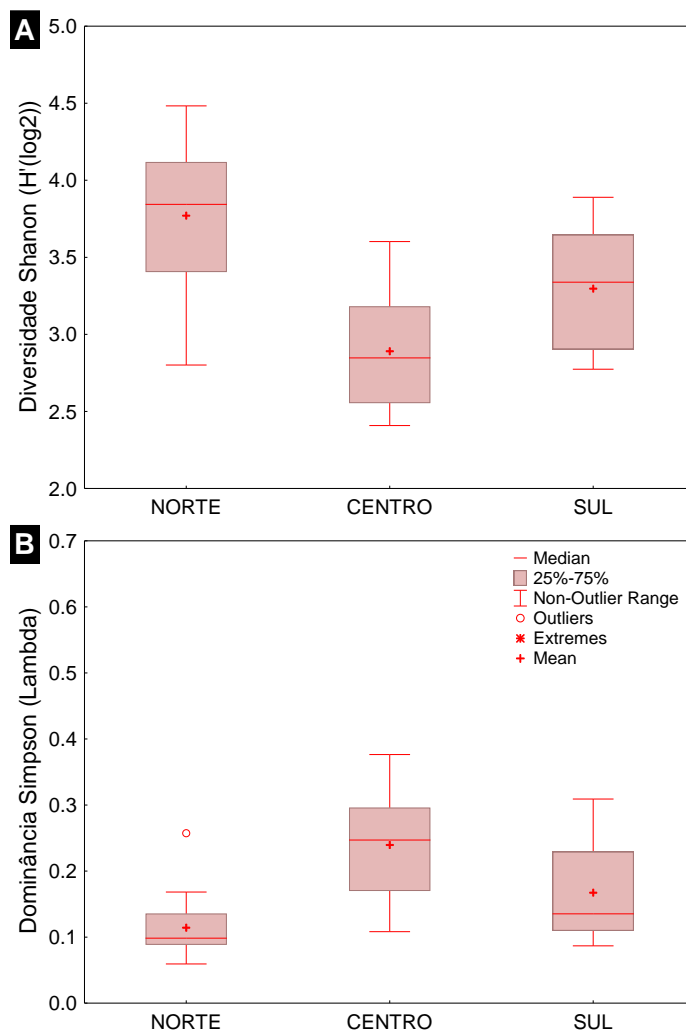


Figura IV.7.3.2-3 – (A) Distribuição da diversidade de Shannon (H') obtida ao longo das áreas Norte, Centro e Sul do Talude; (B) Distribuição da dominância de Simpson (Lambda) obtida ao longo das áreas Norte, Centro e Sul do Talude

A composição taxonômica e densidade das comunidades ictioplanctônicas diferiu significativamente entre todas as áreas do Talude (Tabela IV.7.3.2-3). O escalonamento multidimensional não-métrico (NMDS) gerado a partir da matriz de similaridade das amostras do Talude (índice de Bray-Curtis) de fato aponta uma diferenciação entre as áreas Norte (pontos azuis), Centro (pontos vermelhos) e Sul (pontos verdes), considerando a localização da nuvem de pontos de cada área (Figura IV.7.3.2-4).

Tabela IV.7.3.2-3 – Contribuição (%) dos táxons de larvas de peixes coletados para as diferenças entre as áreas Norte, Centro e Sul do Talude. Os cinco táxons com maior contribuição foram listados. Em negrito, valores de $p < 0,05$.

Táxon	Contribuição (%)
Norte x Sul (t = 3,68, p = 0,001)	
<i>Ptereleotris randalli</i>	6,90
<i>Sparisoma</i> sp.	6,44
<i>Diaphus</i> sp.	4,78
<i>Dules auriga</i>	3,76
<i>Cyclothone</i> sp.	3,72
Centro x Norte (t = 2,62, p = 0,001)	
<i>Ptereleotris randalli</i>	6,89
<i>Lepidophanes gaussi</i>	5,64
<i>Serranus</i> sp.	4,56
<i>Sparisoma</i> sp.	4,52
<i>Diaphus</i> sp.	3,72
Sul x Centro (t = 5,06, p = 0,001)	
<i>Ptereleotris randalli</i>	11,58
<i>Sparisoma</i> sp.	9,28
<i>Lepidophanes gaussi</i>	5,16
<i>Diaphus</i> sp.	4,95
<i>Cyclothone</i> sp.	3,83

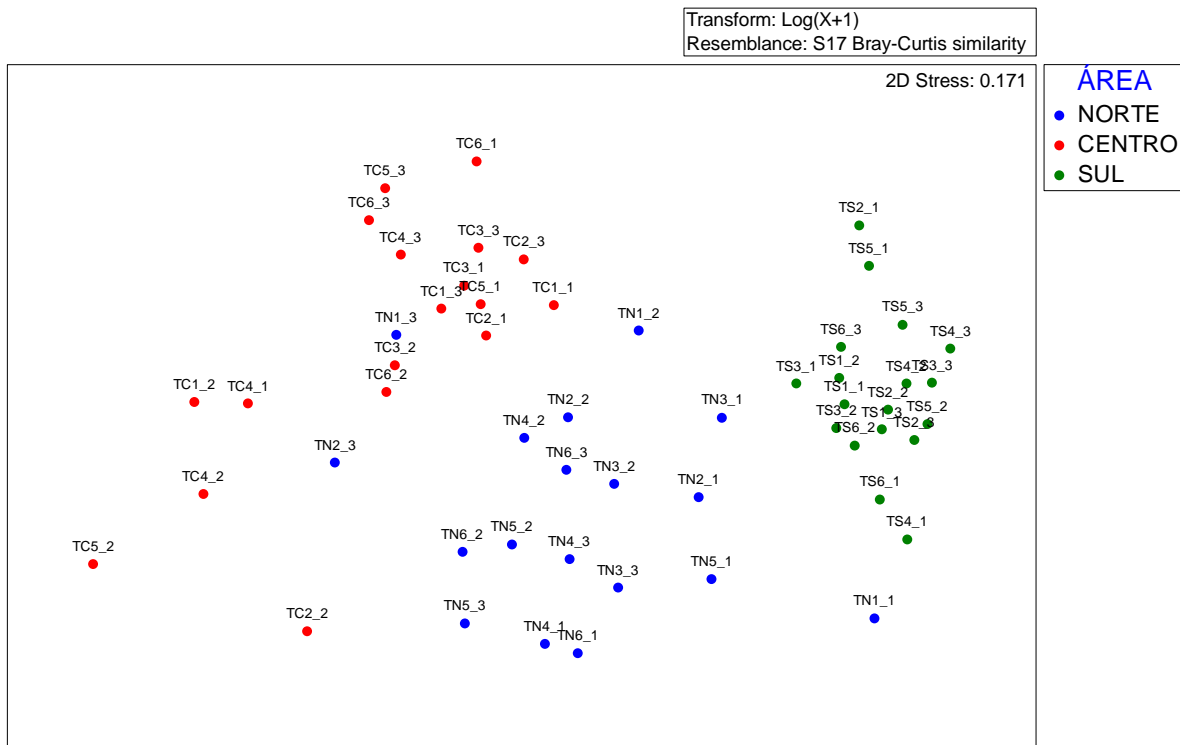


Figura IV.7.3.2-4 – NMDS representando a similaridade das amostras em relação à composição e densidade dos táxons de larvas de peixes (índice Bray-Curtis) do Talude, com destaque para as áreas (Norte, Centro e Sul).

As cinco famílias de larvas de peixes mais abundantes nessa província foram Myctophidae, Microdesmidae, Scaridae, Serranidae e Phosichthyidae (Figura IV.7.3.2-5). A família Myctophidae foi encontrada com densidade alta na área Sul, sendo menos abundante na área Centro. Entre as 21 espécies de Myctophidae identificadas, *Diaphus* sp. e *Lepidophanes gaussi* foram as que mais se destacaram. A família Microdesmidae foi mais abundante na área Centro e menos abundante na área Sul. As larvas da família Scaridae apresentaram maiores densidades na área Sul, sendo menos abundantes na área Centro. A família Serranidae foi encontrada apenas nas áreas Centro e Norte. Nas três áreas do Talude ocorreram larvas de Phosichthyidae, com aumento das densidades no sentido Norte–Sul.

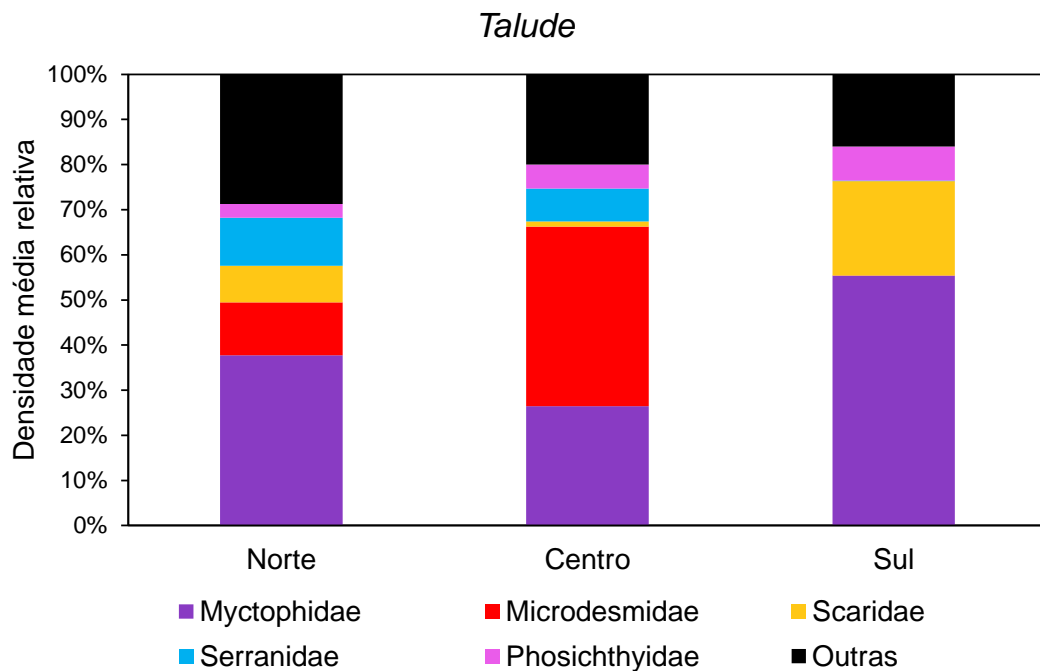


Figura IV.7.3.2-5 – Densidade média relativa (%) das famílias de larvas de peixes coletadas nas áreas Norte, Centro e Sul do Talude.

As espécies mais abundantes dentro de cada uma destas quatro famílias foram *Ptereleotris randalli* (Microdesmidae), *Sparisoma* sp. (Scaridae), *Serranus* sp. (Serranidae) e *Pollichthys mauli* e *Vinciguerrria* spp. (Phosichthyidae) (Anexo IV.7.7-2). A Tabela IV.7.3.2-3 apresenta a contribuição de cada táxon para as diferenças estatísticas observadas entre as áreas.

Os resultados das análises PERMANOVA realizadas com os dados de composição taxonômica do icteoplâncton, biomassa planctônica, densidade de ovos e de larvas de peixes, riqueza (S), equitatividade de Pielou (J'), diversidade de Shannon (H') e dominância de Simpson (Lambda) obtidos durante este estudo nas áreas Norte, Centro e Sul do Talude estão detalhados nos Anexos IV.7.7-3 e IV.7.7-4.

IV.7.3.3 – Comparação Plataforma Continental e Talude

Na área Sul, a densidade de ovos ($t = 2,01$, $p = 0,022$) e a diversidade de larvas de peixes ($t = 2,31$, $p = 0,024$; Figura IV.7.3.3-1) foram significativamente maiores na Plataforma Continental que no Talude. Na área Centro, a biomassa planctônica ($t = 4,98$, $p < 0,001$), densidade de ovos ($t = 3,60$, $p < 0,001$) e de larvas de peixes ($t = 2,75$, $p = 0,007$; Figura IV.7.3.3-1) e diversidade ($t = 2,21$, $p = 0,033$; Figura IV.7.3.3-1) também foram maiores na Plataforma Continental. Na área Norte, a Plataforma Continental apresentou valores médios significativamente maiores de densidade de ovos ($t = 2,61$, $p = 0,001$) e de larvas de peixes ($t = 3,03$, $p = 0,005$; Figura IV.7.3.3-1) e dominância ($t = 2,85$, $p = 0,003$; Figura IV.7.3.3-1), enquanto que no Talude foram observados os maiores valores de equitatividade ($t = 3,92$, $p < 0,001$; Figura IV.7.3.3-1) e diversidade ($t = 2,74$, $p = 0,010$; Figura IV.7.3.3-1). A Figura IV.7.3.3-1 apresenta a representação gráfica da similaridade das amostras do PMAR-BC, considerando o fator província (Plataforma Continental e Talude), gerada a partir da matriz de similaridade destas em relação aos descritores ecológicos (distância Euclidiana). Os resultados de correlação de Pearson entre estes descritores (riqueza -S, biomassa, densidade - N, diversidade - H', equitatividade - J' e dominância - Lambda), apontam o perfil das amostras em relação a cada uma destas variáveis conforme descrito acima.

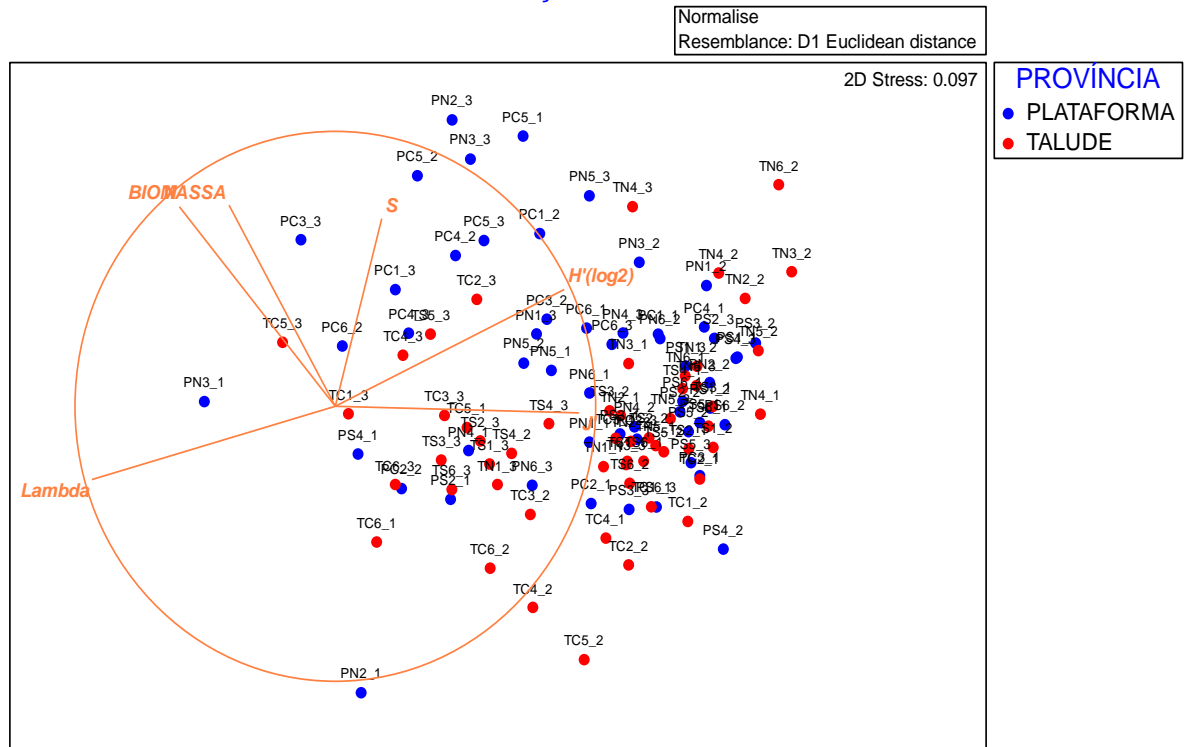


Figura IV.7.3.3-1 – NMDS representando a similaridade das amostras em relação à biomassa, riqueza, abundância, diversidade, dominância e equitatividade (distância Euclidiana) da Plataforma Continental e do Talude, com as correlações de Pearson entre estas variáveis plotada.

Diferenças significativas também foram observadas na composição taxonômica e densidade das comunidades ictioplanctônicas entre as duas províncias (Tabela IV.7.3.3-1). A partir da observação do escalonamento multidimensional não-métrico (NMDS) gerado a partir da matriz de similaridade das amostras do PMAR-BC (índice de Bray-Curtis) (Figura IV.7.3.3-2), podemos observar que as amostras dos polígonos da Plataforma (PN, PC e PS – pontos azuis, verdes e vermelhos) estão localizadas mais ao norte da imagem, enquanto as amostras dos polígonos do Talude (TN, TC e TS - pontos marrons, pretos e roxos) localizam-se mais ao sul.

Na área Sul, a Plataforma Continental foi distinguida do Talude pela maior densidade de *Maurolicus stehmanni* (Sternoptychidae) e menor densidade de *Sparisoma* sp. (Scaridae) e *Diaphus* sp. (Myctophidae). Na área Centro, estas províncias foram distinguidas pela maior densidade dos táxons *M. stehmanni*, Engraulidae e Gobiidae, e menor densidade de *Ptereleotris randalli*

(Microdesmidae) na Plataforma Continental. Na área Norte, *P. randalli*, Engraulidae e Clupeidae foram os táxons responsáveis por essa dissimilaridade, apresentando menores densidades no Talude. Detalhes desses resultados são apresentados na Tabela IV.7.3.3-1.

Tabela IV.7.3.3-1 – Contribuição (%) dos táxons de larvas de peixes coletados para as diferenças entre a Plataforma Continental e Talude nas áreas Norte, Centro e Sul da Bacia de Campos. Os cinco táxons com maior contribuição foram listados. Em negrito, valores de $p < 0,05$.

Táxon	Contribuição (%)
Norte (t = 2,77, p = 0,001)	
<i>Ptereleotris randalli</i>	5,82
Engraulidae	5,21
Clupeidae	4,79
<i>Lepidophanes gaussi</i>	4,39
<i>Serranus</i> sp.	4,29
Centro (t = 3,73, p = 0,001)	
<i>Maurolicus stehmanni</i>	12,80
<i>Ptereleotris randalli</i>	6,34
Engraulidae	5,07
Gobiidae	4,71
<i>Diaphus</i> sp.	3,47
Sul (t = 2,42, p = 0,001)	
<i>Sparisoma</i> sp.	9,00
<i>Maurolicus stehmanni</i>	4,61
<i>Diaphus</i> sp.	4,61
<i>Cyclothone</i> sp.	4,22
<i>Lepidophanes gaussi</i>	4,06

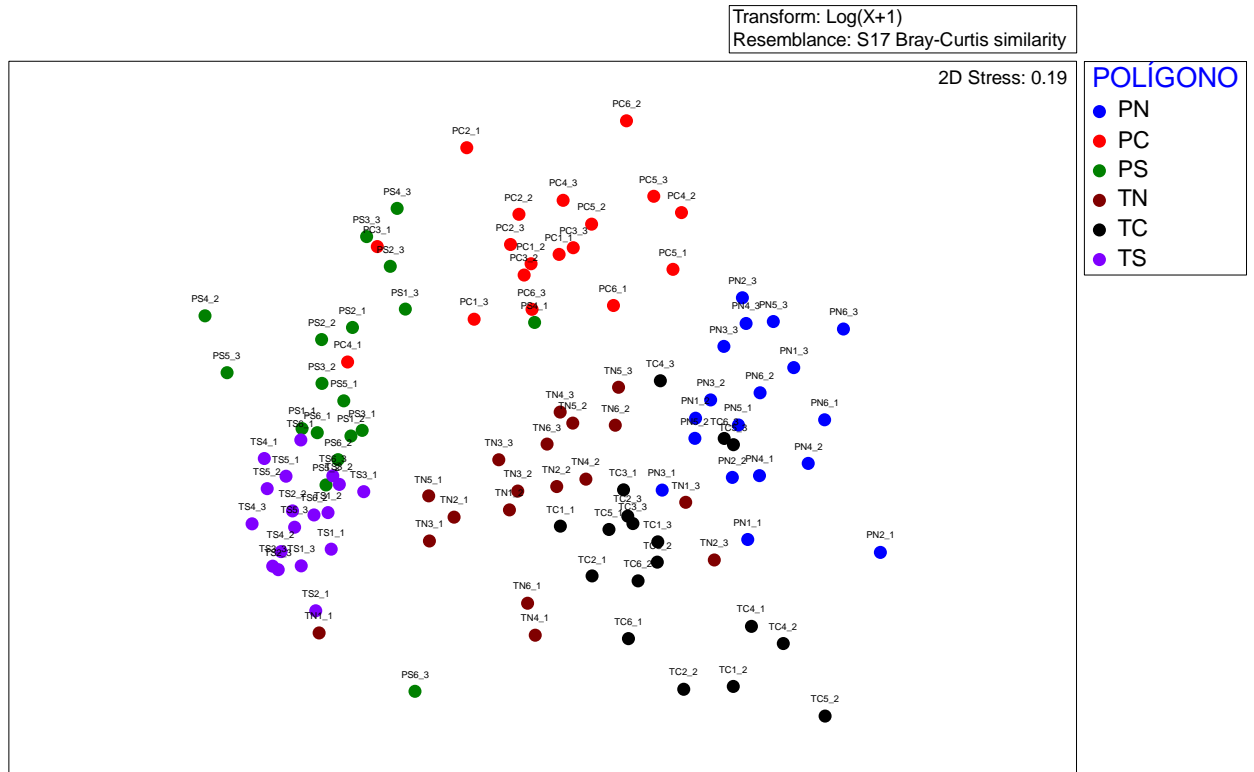


Figura IV.7.3.3-2 – NMDS representando a similaridade das amostras em relação à composição e densidade dos táxons de larvas de peixes (índice Bray-Curtis) dos polígonos da Plataforma Continental (PN = Plataforma Norte, PC = Plataforma Centro e PS = Plataforma Sul) e do Talude (TN = Talude Norte, TC = Talude Centro e TS = Talude Sul).

Os resultados das análises PERMANOVA de comparação de províncias, realizadas com os dados de composição taxonômica do icteoplâncton, biomassa planctônica, densidade de ovos e de larvas de peixes, riqueza (S), equitatividade de Pielou (J'), diversidade de Shannon (H') e dominância de Simpson (Lambda) obtidos durante este estudo na Plataforma Continental e no Talude estão detalhados nos Anexos IV.7.7-3 e IV.7.7-4.

IV.7.3.4 – Comparação PMAR-BC e PCR-BC

A análise da matriz de similaridade (distância Euclidiana) entre as amostras do PMAR-BC e PCR-BC considerando os índices ecológicos z-padronezados (biomassa planctônica, densidade de larvas de peixes, riqueza, equitatividade, diversidade e dominância) apontaram diferenças significativas entre os projetos (PERMDISP, $F = 25,16$, $p < 0,001$; PERMANOVA, Pseudo- $F = 14,48$, $p < 0,001$; Figura IV.7.3.4-1) tanto na Plataforma Continental ($t = 2,08$, $p = 0,014$) quanto no Talude ($t = 3,43$, $p < 0,001$; Figura IV.7.3.4-1). A Figura IV.7.3.4-1 apresenta a representação gráfica da similaridade dos polígonos do PMAR-BC (pontos azuis) e do PCR-BC (pontos vermelhos), gerada a partir da matriz de similaridade destas em relação aos descritores ecológicos (distância Euclidiana). Os resultados de correlação de Pearson entre estes descritores (riqueza -S, biomassa, densidade - N, diversidade - H' , equitatividade - J' e dominância - Lambda), apontam o perfil dos polígonos em relação a cada uma destas variáveis.

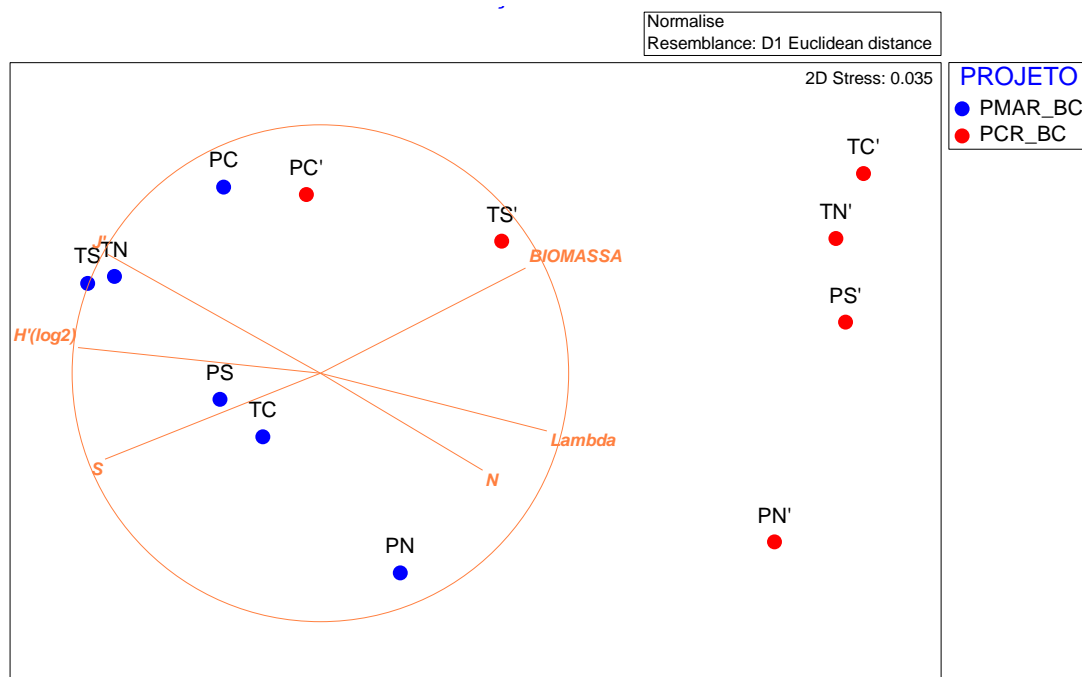


Figura IV.7.3.4-1 – NMDS representando a similaridade das amostras do PMAR-BC e PCR-BC em relação à biomassa, riqueza, abundância, diversidade, dominância e equitatividade (distância Euclidiana), com as correlações de Pearson entre estas variáveis.

Na Plataforma Continental, PCR-BC apresentou valores médios significativamente maiores de biomassa planctônica ($t = 3,47$, $p = 0,001$; Figura IV.7.3.4-2), enquanto o PMAR-BC apresentou os maiores valores médios de riqueza ($t = 2,39$, $p = 0,026$; Figura IV.7.3.4-3) e diversidade de larvas de peixes ($t = 2,37$, $p = 0,023$; Figura IV.7.3.4-4). No Talude, os maiores valores médios de riqueza ($t = 3,02$, $p = 0,006$; Figura IV.7.3.4-3), equitatividade ($t = 2,56$, $p = 0,017$; Figura IV.7.3.4-5) e diversidade ($t = 4,12$, $p < 0,001$; Figura IV.7.3.4-4) foram observados no PMAR-BC, enquanto que no PCR-BC foram observados os maiores valores de biomassa planctônica ($t = 5,50$, $p < 0,001$; Figura IV.7.3.4-2) e dominância ($t = 3,01$, $p = 0,006$; Figura IV.7.3.4-6).

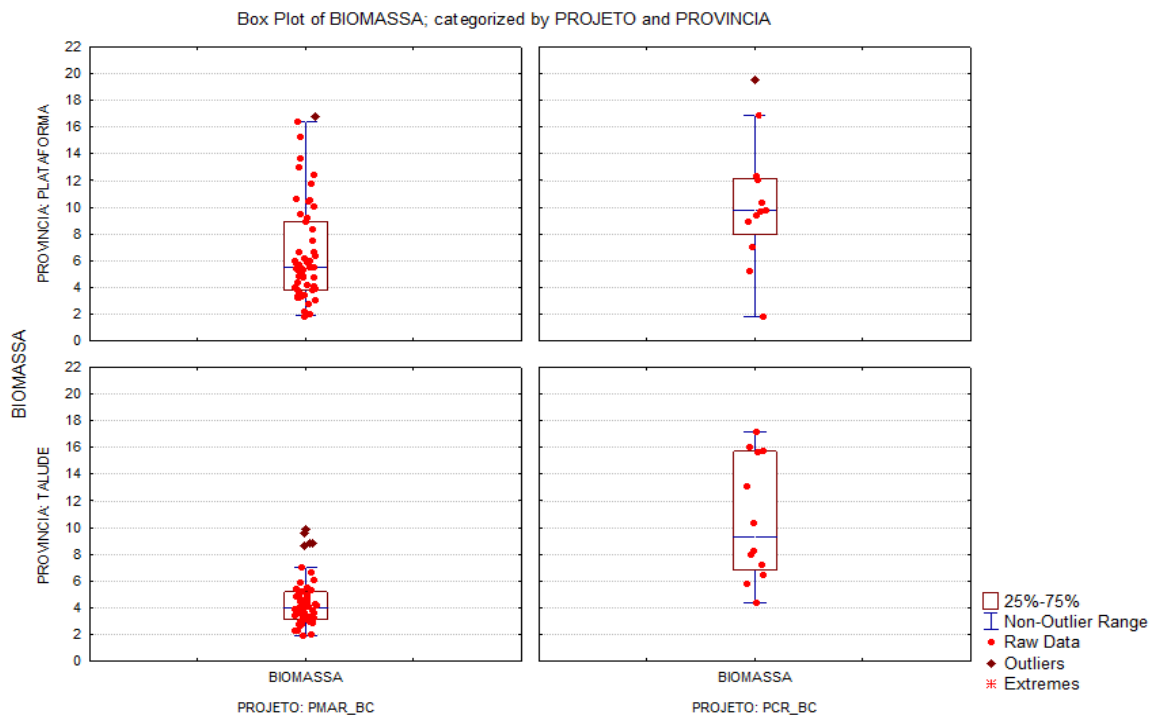


Figura IV.7.3.4-2 – Valores médios da biomassa planctônica ($g. 100 m^{-3}$) obtidos ao longo das áreas Sul, Centro e Norte da Plataforma Continental e do Talude durante os projetos PMAR e PCR-BC.

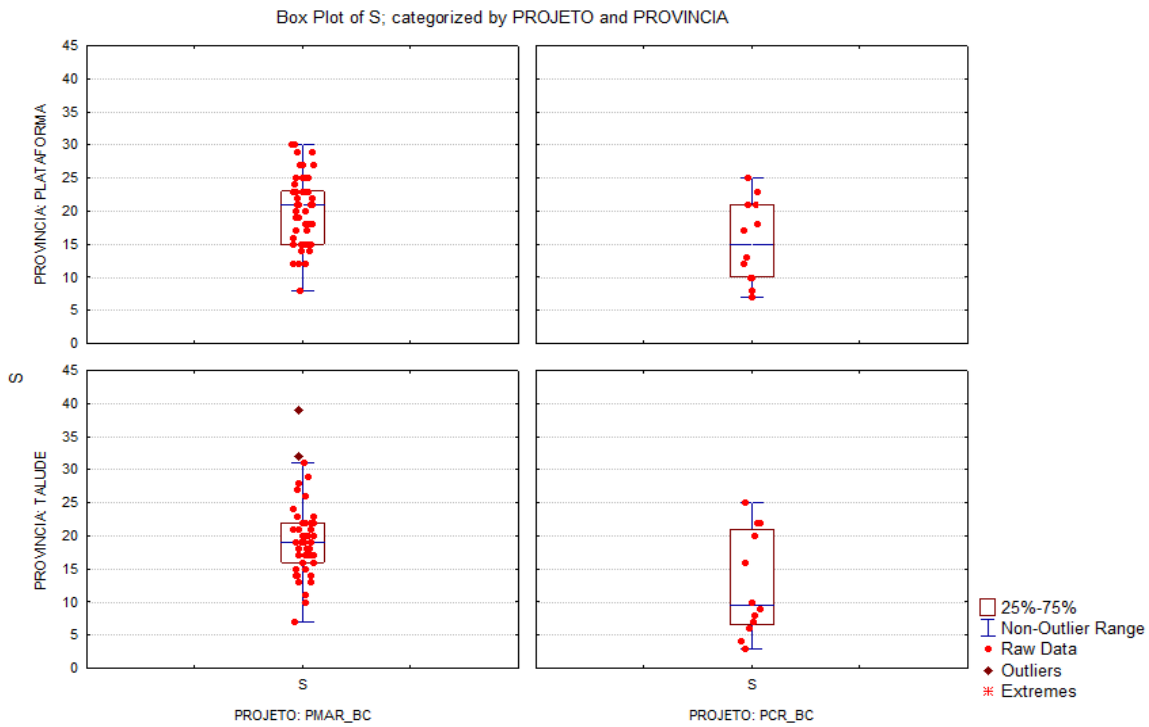


Figura IV.7.3.4-3 – Valores médios da riqueza (S) obtidos ao longo das áreas Sul, Centro e Norte da Plataforma Continental e do Talude durante os projetos PMAR e PCR-BC.

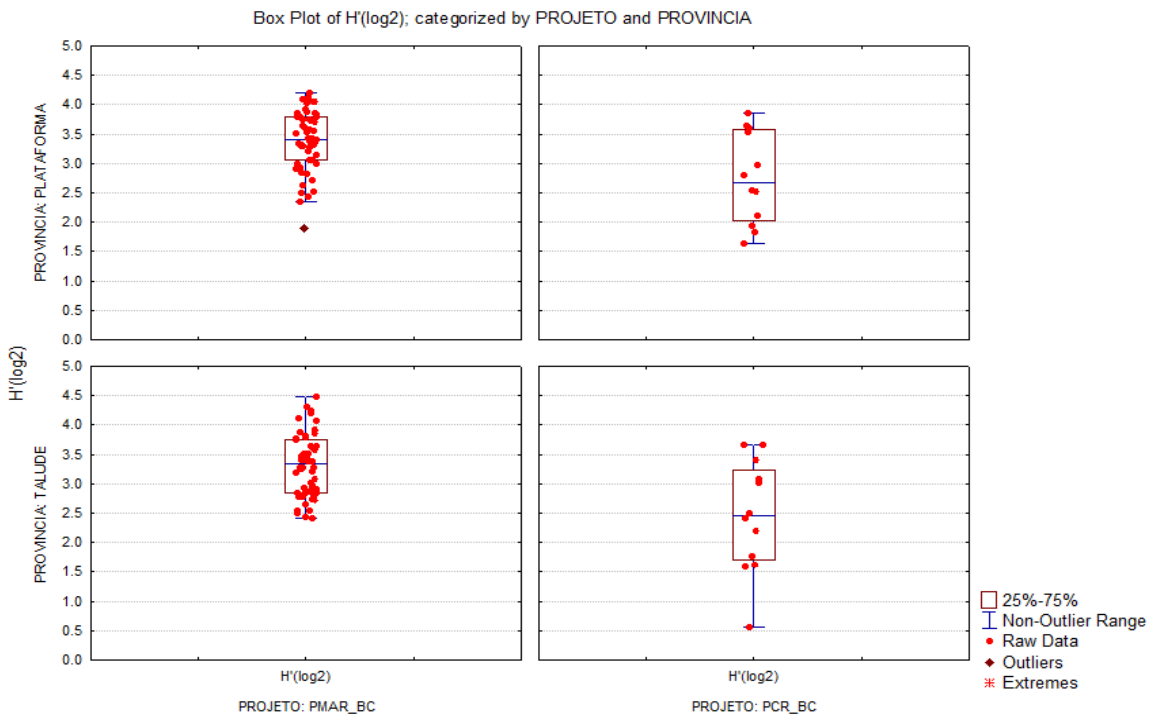


Figura IV.7.3.4-4 – Valores médios da diversidade de Shannon (H') obtidos ao longo das áreas Sul, Centro e Norte da Plataforma Continental e do Talude durante os projetos PMAR e PCR-BC.

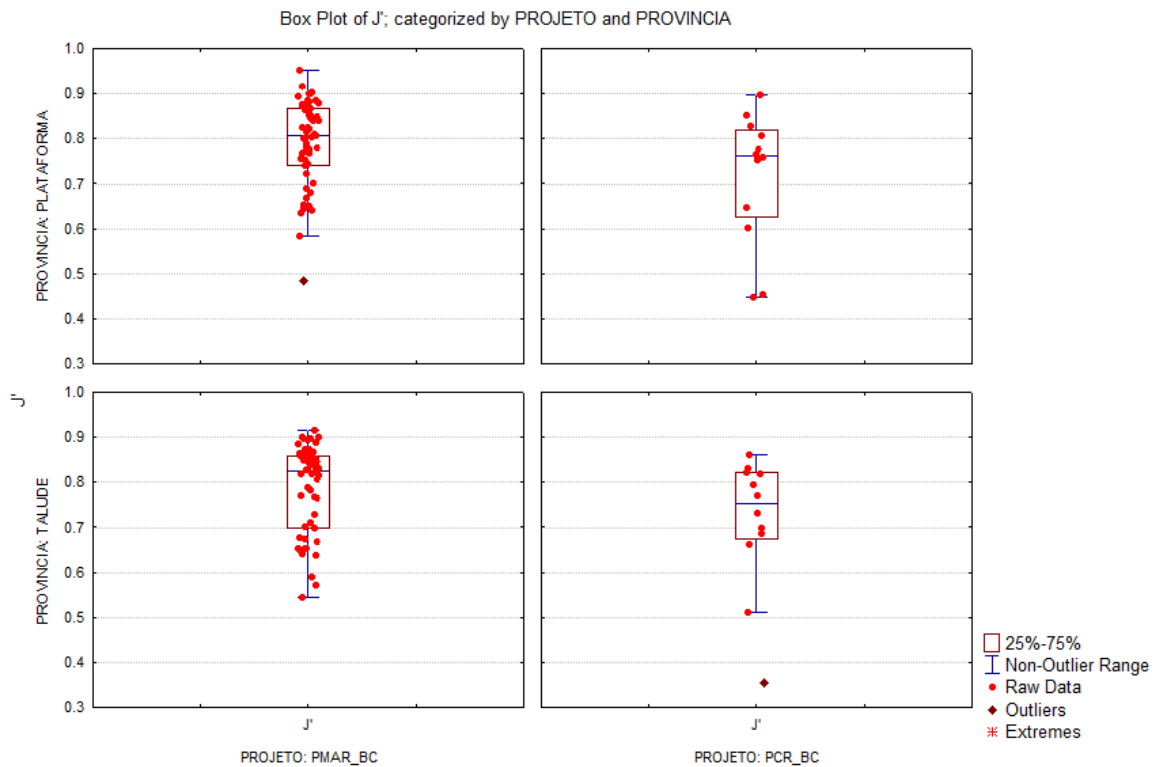


Figura IV.7.3.4-5 – Valores médios da equitatividade de Pielou (J') obtidos ao longo das áreas Sul, Centro e Norte da Plataforma Continental e do Talude durante os projetos PMAR e PCR-BC.

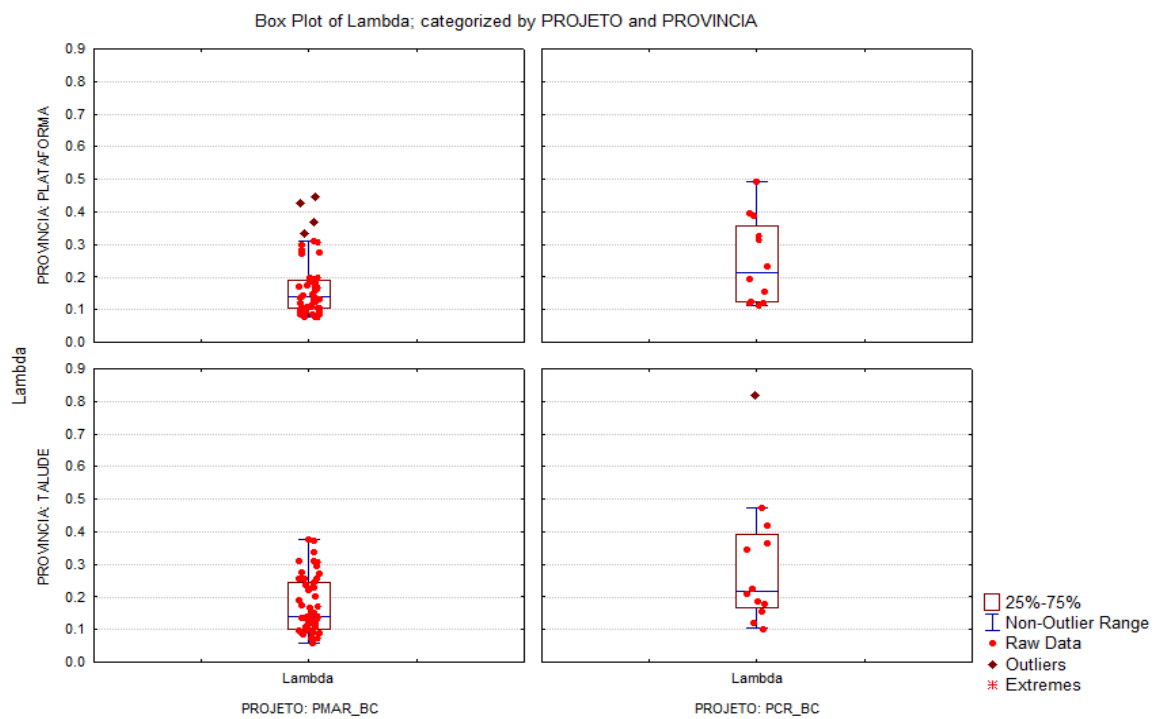


Figura IV.7.3.4-6 – Valores médios da dominância de Simpson (Λ) obtidos ao longo das áreas Sul, Centro e Norte da Plataforma Continental e do Talude durante os projetos PMAR e PCR-BC.

Relativamente à composição taxonômica e densidades das comunidades ictioplanctônicas nos dois projetos, foram identificadas diferenças significativas entre o PMAR-BC e PCR-BC (PERMDISP, $F = 8,64$, $p = 0,012$; PERMANOVA, Pseudo- $F = 7,92$, $p = 0,001$; Figura IV.7.3.4-7). Na Figura IV.7.3.4-7 é possível visualizar a diferenciação das comunidades ictioplanctônicas dos dois projetos, visto que há uma evidente separação entre as amostras do PMAR-BC (pontos azuis) e do PCR-BC (pontos vermelhos), considerando a similaridade destas (índice de Bray-Curtis).

Dentre os táxons que mais contribuíram para estas diferenças na região da Plataforma Continental estão *Sardinella brasiliensis* (Clupeidae) e *Maurolicus stehmanni* (Sternoptychidae). No Talude, *Ptereleotris randalli* (Microdesmidae) e *Sparisoma* sp. (Scaridae) foram os táxons que tiveram maior contribuição (Tabela IV.7.3.4-1).

Os resultados das análises PERMANOVA e PERMDISP de comparação entre projetos, realizadas com os dados de composição taxonômica do ictioplancton, biomassa planctônica, densidade de ovos e de larvas de peixes, riqueza (S), equitatividade de Pielou (J'), diversidade de Shannon (H') e dominância de Simpson (Lambda) do PMAR-BC e PCR-BC estão detalhados nos Anexos IV.7.7-3 e IV.7.7-5.

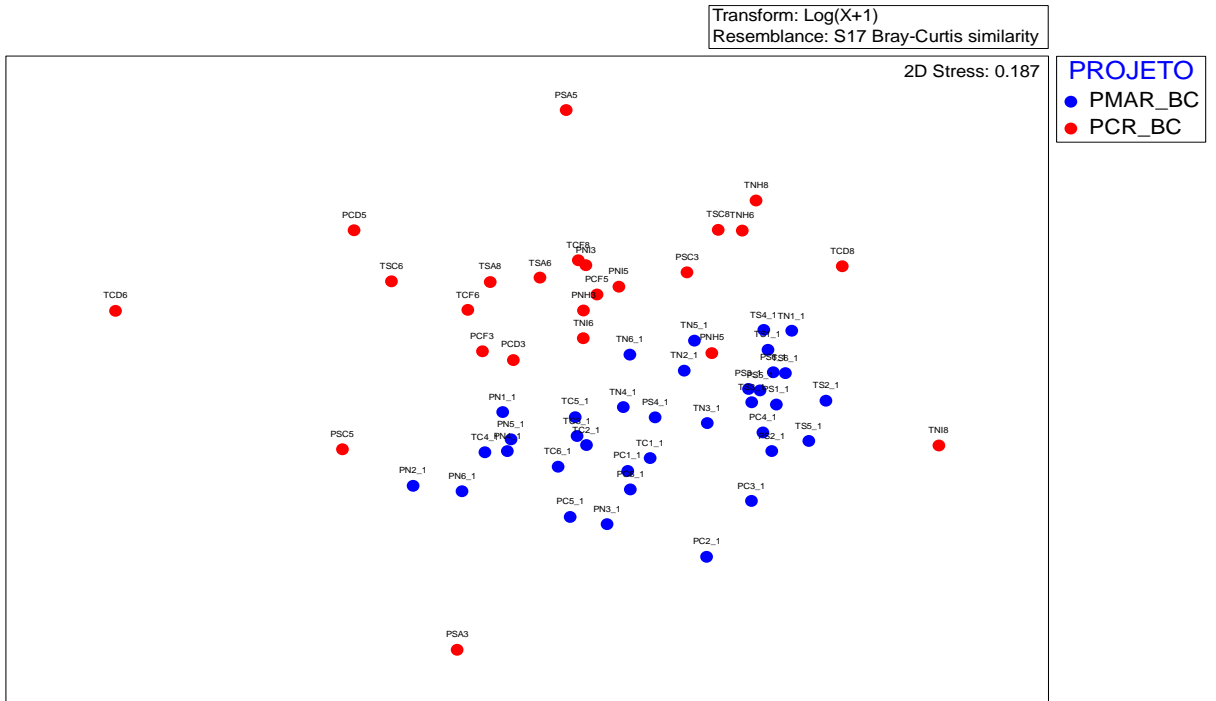


Figura IV.7.3.4-7 – NMDS representando a similaridade das amostras do PMAR-BC e PCR-BC em relação à composição e densidade dos táxons de larvas de peixes (índice Bray-Curtis).

Tabela IV.7.3.4-1 – Contribuição (%) dos táxons de larvas de peixes coletados para as diferenças entre a PMAR-BC e PCR-BC nas áreas da Plataforma Continental e Talude da Bacia de Campos. Os cinco táxons com maior contribuição foram listados. Em negrito, valores de $p < 0,05$.

Plataforma Continental		Talude	
Táxon	Contribuição (%)	Táxon	Contribuição (%)
Norte (t = 2,13, p = 0,008)		Norte (t = 1,46, p = 0,064)	
<i>Sardinella brasiliensis</i>	9,61	<i>Sparisoma</i> sp.	10,17
<i>Lepidophanes gaussi</i>	7,57	<i>Ptereleotris randalli</i>	5,63
<i>Ptereleotris randalli</i>	6,84	<i>Lepidophanes gaussi</i>	5,19
<i>Diaphus</i> sp.	6,69	<i>Diaphus</i> sp.	4,74
<i>Lepidophanes guentheri</i>	5,29	<i>Lestrolepis intermedia</i>	3,66
Centro (t = 1,81, p = 0,014)		Centro (t = 1,61, p = 0,030)	
<i>Maurolicus stehmanni</i>	8,89	<i>Ptereleotris randalli</i>	11,58
<i>Sardinella brasiliensis</i>	5,89	<i>Diaphus</i> sp.	5,88
<i>Serranus</i> sp.	4,37	<i>Stegastes leucostictus</i>	4,66
<i>Diaphus</i> sp.	3,70	<i>Sardinella brasiliensis</i>	4,31
Gobiidae	3,45	<i>Pollichthys maui</i>	3,93
Sul (t = 1,94, p = 0,012)		Sul (t = 2,22, p = 0,004)	
<i>Maurolicus stehmanni</i>	8,62	<i>Sparisoma</i> sp.	7,01
<i>Sparisoma</i> sp.	6,41	<i>Trachurus lathami</i>	4,96
Clupeidae	6,09	<i>Antigonia capros</i>	4,95
Gobiidae	5,03	<i>Ptereleotris randalli</i>	4,80
<i>Diaphus</i> sp.	4,79	<i>Pollichthys maui</i>	4,51

IV.7.4 – DISCUSSÃO

As comunidades ictioplanctônicas são formações temporárias, uma vez que são restritas às fases iniciais de estágio de vida de peixes e são resultantes dos padrões e estratégias reprodutivas dos adultos, bem como de influências ambientais (ACHA et al., 2018; BOEHLERT; MUNDY, 1993; FRANCO-GORDO et al., 2008; MACEDO-SOARES et al., 2014).

Na plataforma continental da Bacia de Campos, foi observado um padrão horizontal (latitudinal) de distribuição de biomassa planctônica e densidade de ovos e larvas de peixes durante o presente estudo. Os maiores valores de biomassa e densidade de larvas foram registrados entre o litoral sul do Espírito Santo e Cabo de São Tomé (áreas Norte e Centro da Bacia de Campos), tal como anteriormente observado por Bonecker et al. (2017, 1992). Esse padrão de distribuição tem sido relacionado ao fato da região da Bacia de Campos estar sob influência da Corrente do Brasil, que é pobre em nutrientes, limitando as áreas de alta produtividade a regiões de ressurgência (e.g. Arraial do Cabo), vórtices e sujeitas a contribuições costeiras (EKAU; MATSUURA, 1996). Alguns autores também tem observado que a estratégia de desova de algumas espécies de peixes e a formação de áreas de retenção de ovos também são afetadas por esses processos oceanográficos (e.g. GIGLIOTTI et al., 2010; LOPES et al., 2006; SANTANA et al., 2020). Neste estudo, o centro e sul da plataforma continental foram identificadas como as áreas da Bacia de Campos com maior densidade de ovos de peixes.

Comparativamente às outras áreas estudadas da plataforma continental, a área central da Bacia de Campos apresentou, de modo geral, alguns sintomas de estresse ambiental, nomeadamente menor riqueza e diversidade e, maior dominância (FAUSCH et al., 1990; ODUM, 1983). Para além da área central da Bacia de Campos ser caracterizada por uma elevada concentração de poços e unidades estacionárias de produção (UEPs), foi observado o efeito de processos oceanográficos (vórtices) nesta área (ver capítulo IV.1 – ASPECTOS FÍSICOS (PERFIS DE CTD: TEMPERATURA, SALINIDADE E OD)). Assim, há a necessidade da continuidade dos estudos que proporcionem o entendimento dos

fatores, sejam eles naturais e/ou antrópicos, que, de fato, têm regulado a dinâmica das comunidades ictioplanctônicas nessa área. Neste sentido, a realização de um monitoramento continuado, como previsto no PMAR-BC, com uma segunda campanha de coleta e análise de dados do ictioplâncton, possibilitará uma interpretação mais aprofundada dos atuais fatores influentes nesta comunidade, na região da Bacia de Campos.

Diferentemente do observado na plataforma continental, no talude não foi encontrado um padrão horizontal de distribuição de biomassa e de densidade de larvas de peixes. Como mencionado acima, em regiões costeiras e oceânicas, a distribuição e composição das espécies do ictioplâncton são fortemente influenciadas por processos oceanográficos. Entretanto, sabe-se que quanto mais perto da costa, maiores são os efeitos de processos físicos, como o escoamento continental e a ressurgência induzida pelo vento costeiro, sobre a estrutura de comunidades zooplanctônicas e ictioplanctônicas (LOPES et al., 2006). Por outro lado, assim como observado para a plataforma continental, a área sul do talude parece ter sido uma zona de retenção de ovos de peixes. Sinais de estresse ambiental (menor riqueza, diversidade e equitatividade e maior dominância) de origem incerta (não determinada), também foram observados na área centro do talude.

De modo geral, o típico gradiente costa-oceano, i.e., da plataforma continental ao talude, de redução da biomassa, densidade de ovos e larvas de peixes, riqueza e diversidade foi observado neste estudo. Resultados semelhantes foram encontrados na mesma região por Bonecker et al. (2017) e na região sul do Brasil por Lopes et al. (2006). Entretanto, esse gradiente de distribuição pode sofrer alterações consoante a predominância de certas massas d'água, como a Água Tropical (AT), quente e salina, e Água Central do Atlântico Sul (ACAS), fria e rica em nutrientes (SANTANA et al., 2020). No presente estudo, foi observado uma maior diversidade e equitatividade no talude em comparação à plataforma continental apenas na área norte da Bacia de Campos. De acordo com Santana et al. (2020), o predomínio de AT e ACAS pode explicar esse aumento no número de espécies em direção a regiões oceânicas. Na área norte da Bacia de Campos, essas massas d'água foram identificadas em menor profundidade, tal como na área centro, mas de forma mais estratificada (ver capítulo IV.1 –

ASPECTOS FÍSICOS (PERFIS DE CTD: TEMPERATURA, SALINIDADE E OD)) e isto pode ter resultado nos padrões de diversidade e equitatividade observados.

Dentre as famílias de larvas de peixes registradas, a família Myctophidae foi a mais abundante, tanto na plataforma continental quanto no talude. A grande representatividade desta família na comunidade ictioplanctônica tem sido observada em outras regiões oceânicas do Brasil (BONECKER et al., 2017; FRANCO; MUELBERT, 2003; KATSURAGAWA et al., 2014; SANTANA et al., 2020) e do mundo (HARRIS; CYRUS; BECKLEY, 1999; HARRIS et al., 2020; LOEB, 1979). Myctophidae é uma família caracteristicamente mesopelágica, muito abundante sobre a plataforma continental, bem como em áreas oceânicas (BONECKER et al., 2017; CASTRO; RICHARDS; BONECKER, 2010; FRANCO; MUELBERT, 2003; KATSURAGAWA et al., 2014).

Uma espécie não identificada do gênero *Diaphus* e a espécie *Lepidophanes gaussi* foram as espécies de Myctophidae mais abundantes durante o período estudado, ocorrendo em todas as áreas da plataforma continental e talude, sendo mais abundantes na área sul. Estas espécies realizam migração vertical durante a noite, indo de profundidades de 300 a 2.000 m até a camada de mistura (MOSER; WATSON, 2006), e têm sido coletadas em grandes densidades na região (BONECKER et al., 2017). Embora sejam espécies oceânicas, suas larvas estão associadas à AT (BONECKER et al., 2019), e podem ocorrer na plataforma continental interna e externa (OKAZAKI; NAKATA, 2007).

As famílias Microdesmidae e Serranidae ocorreram em todas as áreas da plataforma continental e do talude, sendo mais abundantes nas áreas centro e norte. Dentre os seus representantes, *Ptereleotris randalli* (Microdesmidae), *Serranus* sp. e *Dules auriga* (Serranidae) têm sido as espécies dominantes nos primeiros estratos de profundidade da Bacia de Campos (BONECKER et al., 2012). A ocorrência dessas espécies está frequentemente associada a características específicas do habitat, tais como salinidade, profundidade, tipo de fundo ou formações de algas calcárias (DOS-SANTOS et al., 2019; GASPARINI; ROCHA; FLOETER, 2001).

Ovos e larvas de *Maurolicus stehmanni* (Sternoptychidae) foram coletados principalmente nas áreas sul e centro das províncias, sendo mais abundante na plataforma continental. Na região nordeste e centro do Brasil, grandes cardumes

de indivíduos adultos desta espécie tem sido reportados (MADUREIRA et al., 2004). As fêmeas desovam o ano todo e a desova ocorre ao longo de toda a borda da plataforma continental sudeste-sul do Brasil (ALMEIDA; ROSSI-WONGTSCHOWSKI, 2007). Na Bacia de Campos, *M. stehmanni*, antes identificado como *M. muelleri*, é encontrado onde a AT normalmente influencia a biota (BONECKER; HUBOLD, 1990). Durante o presente estudo, as áreas centro e sul apresentaram, de forma mais notável, os efeitos de processos oceanográficos (vórtices) na estrutura termohalina (ver capítulo IV.1 – ASPECTOS FÍSICOS (PERFIS DE CTD: TEMPERATURA, SALINIDADE E OD)). Tal processo pode ter favorecido uma maior abundância (concentração) de larvas de *M. stehmanni* nessas áreas (ver por exemplo BELLEGGIA et al. (2018)). De modo similar, a distribuição de larvas de Phosichthyidae (*Pollichthys mauli* e *Vinciguerria* spp.) também parecem estar associadas a esses fenômenos (BONECKER; HUBOLD, 1990).

A família Engraulidae ocorreu em todas as áreas e províncias consideradas neste estudo, sendo mais abundante na área norte da plataforma continental. Ovos e larvas desta família têm sido comumente abundantes na plataforma continental do Brasil (BONECKER et al., 2012; FRANCO; MUELBERT; MATA, 2006; MOTA et al., 2017) e do mundo (ABLE et al., 2010; HERNÁNDEZ-MIRANDA; PALMA; OJEDA, 2003; PATTRICK; STRYDOM, 2014) e sua maior ocorrência tem sido associada a locais com influência de contribuições costeiras (BORGES et al., 2007; FRANCO; MUELBERT; MATA, 2006; MACEDO-SOARES et al., 2014), tal como observado para larvas da família Clupeidae (BONECKER et al., 2017).

As larvas da família Scaridae, predominantemente larvas da espécie *Sparisoma* sp., foram mais abundantes na região do talude. Resultados semelhantes também foram encontrados por Bonecker et al. (2017) em estudos conduzidos na Bacia de Campos e por Santana et al. (2020) e Nonaka; Matsuura; Suzuki (2000) no nordeste do Brasil. Os indivíduos desta espécie geralmente estão associados a corais, algas, gramas marinhas e substratos rochosos (WATSON, 1996). Na Bacia de Campos, larvas de *Sparisoma* sp. estiveram correlacionadas positivamente com salinidades mais altas (BONECKER et al., 2017). Uma análise conjunta dos dados obtidos na presente campanha com os

dados a serem obtidos na segunda campanha do PMAR-BC, poderá esclarecer melhor a existência de alguma possível correlação entre os diferentes aspectos ambientais das áreas estudadas e a composição e densidade de larvas e ovos de peixes destas.

De maneira geral, a composição taxonômica do ictioplâncton evidenciou assembleias de peixes com características distintas entre as províncias da Bacia de Campos. Resultados semelhantes foram encontrados por Bonecker et al. (2017), em estudos pretéritos na mesma região. Na plataforma continental, esses autores observaram a predominância de famílias de peixes com hábitos costeiros como Clupeidae (*Harengula jaguana*, *Opisthonema oglinum* e *Sardinella brasiliensis*) e Engraulidae, e no talude, de famílias de hábitos mesobatipelágicos como Myctophidae, Sternoptychidae e Gonostomatidae (BONECKER et al., 2017).

Diferenças nas assembleias de larvas de peixes entre a região costeira e oceânica já foram citadas por muitos autores para a costa brasileira (CASTRO, 2006; FRANCO; MUELBERT; MATA, 2006; MACEDO-SOARES et al., 2014) e para outras regiões do mundo (MARANCIK; CLOUGH; HARE, 2005; MUHLING et al., 2008) e têm sido relacionadas às áreas de desova da população adulta. Entretanto, a proximidade geográfica entre as regiões dessas províncias que foram amostradas no presente estudo (ver capítulo III- METODOLOGIAS DE AMOSTRAGEM, ANALÍTICAS E DE TRATAMENTO DE DADOS), pode ter favorecido a elevada ocorrência e abundância de famílias mesobatipelágicas, como Sternoptychidae, também na região da plataforma continental.

Estudos sobre ictioplâncton, além de serem relevantes para o conhecimento da biologia e sistemática das espécies de peixes, são indispensáveis para avaliar as modificações espaço-temporais da composição dos recursos pesqueiros (CHAMBERS; TRIPPEL, 2012; HEATH, 1992). No Brasil, são várias as espécies de peixes de importância econômica que utilizam as regiões da plataforma continental e talude como zonas de reprodução e crescimento larvar (e.g. espécies da ordem Gadiformes e das famílias Serranidae, Carangidae e Coryphaenidae; BONECKER; NAMIKI; CASTRO, 2014). Neste contexto, as comunidades ictioplanctônicas ao longo da costa brasileira tem sido cada vez mais estudadas, sobretudo a partir de 1995 com o Programa de

Avaliação do Potencial Sustentável de Recursos Vivos na Zona Econômica Exclusiva (REVIZEE) (CASTRO, 2006; KATSURAGAWA; MUELBERT; DIAS, 2006).

Na área da Bacia de Campos, a estrutura espacial e temporal das comunidades ictioplanctônicas foi amplamente caracterizada no âmbito do projeto PCR-BC, em 2009. Apesar das áreas de amostragem de ictioplâncton no presente estudo terem sido similares às aquelas do projeto PCR-BC, foram encontradas diferenças significativas entre as comunidades de ovos e larvas de peixes observadas nos dois projetos em ambas as províncias. Maiores valores médios de biomassa planctônica e dominância foram observados durante o PCR-BC. Já no presente estudo, foi observada uma maior riqueza, equitatividade e diversidade de larvas de peixes.

Levando em consideração que o período de coleta foi similar (PCR-BC ocorreu em fevereiro-abril, enquanto o presente estudo em março-maio), as diferenças encontradas entre as comunidades ictioplanctônicas podem estar associadas aos padrões espaciais de ocorrência e distribuição do ictioplâncton, ao maior esforço amostral (número de amostras) durante o PMAR-BC, e/ou às diferentes metodologias de amostragem empregadas nos dois projetos (arrastos horizontais com rede Multinet a 1 m de profundidade no PCR-BC e, no presente estudo, arrastos oblíquos com rede cilíndrico-cônica em armação de Bongô da profundidade de 90 m até a superfície).

Enquanto nos arrastos oblíquos a amplitude vertical do habitat amostrado é maior, o que aumenta a probabilidade de captura de diferentes espécies ao longo da massa d'água amostrada, sabe-se que, durante à noite, as camadas mais superficiais possuem maior abundância devido à migração vertical diária do zooplâncton e ictioplâncton (BONECKER et al., 2019). Portanto, com o aumento da profundidade, a biomassa planctônica marinha em geral diminui (GASOL; DEL GIORGIO; DUARTE, 1997). Para além disso, é sabido que, horizontalmente, larvas de peixes, como as da espécie *Sardinella brasiliensis* (Clupeidae), e outros organismos planctônicos, se distribuem de forma agregada, isto é, em manchas (SPACH, 1990; MACKAS; DENMAN; ABBOTT, 1985). Assim, arrastos horizontais superficiais (1 m), como aqueles realizados com Multinet no projeto PCR-BC,

apresentariam uma maior capturabilidade que arrastos oblíquos com rede Bongô (ver HABTES et al., 2014; SHIMA; BAILEY, 1994).

Esse resultado destaca a importância de se considerar o tipo de rede de plâncton e metodologia de amostragem na realização de estudos comparativos que visam identificar alterações espaço-temporais nas comunidades ictioplanctônicas.

IV.7.5 – CONCLUSÕES

Com base nos resultados encontrados, é possível concluir que houve diferença espacial nas comunidades ictioplanctônicas da Bacia de Campos, considerando tanto a comparação das áreas amostrais posicionadas sobre a mesma isóbata quanto a comparação entre as áreas amostrais posicionadas sobre a isóbata de 100 m (plataforma continental) e 900 m (talude). As diferenças encontradas provavelmente estiveram relacionadas a processos oceanográficos físicos amplamente estudados, tais como o escoamento continental e a ressurgência induzida pelo vento costeiro, e às áreas de distribuição e reprodução das espécies.

De modo geral, foi observado neste estudo o típico gradiente costa-oceano de redução da biomassa, densidade de ovos e larvas de peixes, riqueza e diversidade. Para além disso, o segmento central da Bacia de Campos apresentou, comparativamente às outras áreas, sinais de estresse ambiental de origem (natural ou antropogênica) não determinada (incerta), nomeadamente menor riqueza, diversidade e equitatividade e maior dominância de espécies de larvas de peixes. Estes resultados podem estar associados tanto ao grande número de poços e UEPs presentes nesta área, quanto a processos oceanográficos, como vórtices. Neste sentido, os dados a serem obtidos na segunda campanha do PMAR-BC, poderão esclarecer melhor a existência de alguma tendência e, caso haja a necessidade de estudos específicos adicionais para o entendimento dos fatores (antrópicos e/ou naturais) que têm regulado a dinâmica das comunidades ictioplanctônicas nessa região, estes serão propostos.

Por fim, houve variação temporal nas comunidades ictioplanctônicas da Bacia de Campos, considerando a comparação dos resultados do PMAR-BC com os do PCR-BC, sobre as mesmas isóbatas (100 e 900 m). Entretanto, estas diferenças podem estar relacionadas tanto a diferenças espaciais (as estações de amostragem, mesmo que próximas, não foram correspondentes entre os projetos; ver capítulo III- METODOLOGIAS DE AMOSTRAGEM, ANALÍTICAS E DE TRATAMENTO DE DADOS) e de esforço amostral (o número de amostras recolhidas durante o PMAR-BC foi superior àquele do PCR-BC), quanto às diferentes metodologias de amostragem utilizadas (arrastos horizontais com rede Multinet a 1 m de profundidade no PCR-BC e arrastos oblíquos com rede Bongô da profundidade de 90 m até a superfície no PMAR-BC).

IV.7.6 - REFERÊNCIAS

- ABLE, K. W.; WILBER, D. H.; MUZENI-CORINO, A.; CLARKE, D. G. Spring and summer larval fish assemblages in the surf zone and nearshore off northern New Jersey, USA. *Estuaries and Coasts*, v. 33, n. 1, p. 211–222, 2010.
- ACHA, E. M.; EHRLICH, M. D.; MUELBERT, J. H.; PÁJARO, M.; BRUNO, D.; MACHINANDIARENA, L.; CADAVEIRA, M. Ichthyoplankton Associated to the Frontal Regions of the Southwestern Atlantic. In: HOFFMEYER, M. S.; SABATINI, M. E.; BRANDINI, F. P.; CALLIARI, D. L.; SANTINELLI, N. H. (org.). *Plankton Ecology of the Southwestern Atlantic: From the Subtropical to the Subantarctic Realm*. Cham: Springer International Publishing, 2018. p. 219–246.
- ALMEIDA, E. M. De; ROSSI-WONGTSCHOWSKI, C. L. del B. *Maurolicus stehmanni* Parin & Kobylansky, 1993 (Sternoptychidae): length of first maturation, and spawning seasons in the south-southeast Brazilian region. *Brazilian Journal of Oceanography*, v. 55, n. 4, p. 309–322, 2007.
- BAILEY, K. M.; HOUDE, E. D. Predation on eggs and larvae of marine fishes and the recruitment problem. *Advances in Marine Biology*, v. 25, p. 1–83, 1989.
- BELLEGGIA, M.; VILLANUEVA-GOMILA, G. L.; BURATTI, C.; COLOMBO, G. A.; FIGUEROA, D. E.; VENERUS, L. A. Updating the distribution and habitat pattern of *Maurolicus stehmanni* (Sternoptychidae, Stomiformes) in the Southwest Atlantic Ocean. *Journal of Sea Research*, v. 136, p. 10–14, 2018.
- BOEHLERT, G. W.; MUNDY, B. C. Ichthyoplankton assemblages at seamounts and oceanic islands. *Bulletin of Marine Science*, v. 53, n. 2, p. 336–361, 1993.
- BONECKER, A. C. T. & CASTRO, M. S. (Eds.). *Atlas de larvas de peixes da região central da Zona Econômica Exclusiva brasileira*. 1ª. edição. Rio de Janeiro: Museu Nacional (Série Livros no. 19). 2006. 214 p.
- BONECKER, A. C. T.; DIAS, C. O.; CASTRO, M. S.; CARVALHO, P. F.; ARAUJO, A. V.; PARANHOS, R.; CABRAL, A. S.; BONECKER, Sergio L. C. Vertical

- distribution of mesozooplankton and ichthyoplankton communities in the South-western Atlantic Ocean (2314'1"S 4042'19"W). *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, v. 99, n. 1, p. 51–65, 2019. DOI: 10.1017/S0025315417001989.
- BONECKER, A. C. T.; HUBOLD, G. Distribution and abundance of larval gonostomatid fishes in the southwest Atlantic. *Meeresforschung (Hamburg)*, v. 33, n. 1, p. 38–51, 1990.
- BONECKER, A. C. T.; KATSURAGAWA, M.; CASTRO, M. S.; GOMES, E. A. P.; NAMIKI, C. A. P.; ZANI-TEIXEIRA, M. L. Estrutura espacial e temporal da comunidade ictioplanctônica. In: FALCÃO, A. P. C.; MOREIRA, D. L. (org.). *Ambiente pelágico: caracterização ambiental regional da Bacia de Campos, Atlântico Sudoeste*. Habitats, ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2017. p. 207–245. DOI: 10.1016/b978-85-352-7276-5.50016-6.
- BONECKER, A. C. T.; KATSURAGAWA, M.; CASTRO, M. S.; GOMES, E. A. P.; NAMIKI, C. A. P.; ZANI-TEIXEIRA, M. L. Larval fish of the campos basin, southeastern Brazil. *Check List*, v. 8, n. 6, p. 1280–1291, 2012. DOI: 10.15560/8.6.1280.
- BONECKER, A. C. T.; NAMIKI, C. A. P.; CASTRO, M. S. Catálogo dos estágios iniciais de desenvolvimento dos peixes da bacia de Campos. *Zoologia ed. Curitiba: SciELO Books*, 2014. DOI: 10.7476/9788598203102.
- BONECKER, S. L. C.; NOGUEIRA, C. R.; BONECKER, A. C. T.; SANTOS, L. H. S.; REYNIER, M. V.; TENENBAUM, D. R. Estudo Hidrográfico e Planctonológico da Região entre Cabo Frio (Rio de Janeiro) e o Arquipélago de Abrolhos (BA). *Nerítica*, v. 7, n. 1–2, p. 71–86, 1992.
- BORGES, R.; BEN-HAMADOU, R.; CHICHARO, M. A.; RÉ, P.; GONÇALVES, E. J. Horizontal spatial and temporal distribution patterns of nearshore larval fish assemblages at a temperate rocky shore. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, v. 71, n. 3–4, p. 412–428, 2007.
- CASTRO, M. S. *Variação espacial e temporal das larvas de peixes ao Norte e ao Sul do Banco de Abrolhos e no entorno da Cadeia Vitória-Trindade*. 2006. Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2006.

- CASTRO, M. S.; RICHARDS, W. J.; BONECKER, A. C. T. Occurrence and distribution of larval lanternfish (Myctophidae) from the southwest Atlantic Ocean. *Zoologia (Curitiba)*, v. 27, n. 4, p. 541–553, 2010. DOI: 10.1590/S1984-46702010000400006.
- CHAMBERS, R. C.; TRIPPEL, E. A. Early life history and recruitment in fish populations. [s.l.] : Springer Science & Business Media, 2012. v. 21
- CUSHING, D. H. Marine ecology and fisheries. Cambridge, United Kingdom: Cambridge University Press, 1975.
- DOS-SANTOS, M. R.; KATSURAGAWA, M.; ZANI-TEIXEIRA, M. L.; FAVERO, J. M. Del. Composition and distribution of Serranidae (Actinopterygii:Perciformes) larvae in the Southeastern Brazilian Bight. *Brazilian Journal of Oceanography*, v. 67, 2019. DOI: 10.1590/s1679-87592019026406701.
- EKAU, W.; MATSUURA, Y. Diversity and Distribution of Ichthyoplankton in the Continental Shelf Waters of East Brazil. In: EKAU, W.; KNOPPERS, B. (org.). Sedimentation Process and productivity in the Continental Shelf Waters off East and Northeast Brazil. Joint Ocea ed. [s.l.] : Center for Tropical Marine Ecology, 1996. p. 135–147.
- FAHAY, M. P. Early Stages of Fishes in the Western North Atlantic Ocean. Davis Strait, Southern Greenland and Flemish Cap to Cape Hatteras. 2007. 1696 p.
- FAUSCH, K. D.; LYONS, J.; KARR, J. R.; ANGERMEIER, P. L. Fish communities as indicators of environmental degradation. In: AMERICAN FISHERIES SOCIETY SYMPOSIUM 1990, Anais [...]. [s.l: s.n.] p. 123–144.
- FIKSEN, O.; JORGENSEN, C.; KRISTIANSEN, T.; VIKEBO, F.; HUSE, G. Linking behavioural ecology and oceanography: larval behaviour determines growth, mortality and dispersal. *Marine Ecology Progress Series*, v. 347, p. 195–205, 2007.
- FRANCO, B. C.; MUELBERT, J. H. Distribuição e composição do ictioplâncton na quebra de plataforma do sul do Brasil. *Atlântica*, v. 25, n. 1, p. 75–86, 2003.

- FRANCO, B. C.; MUELBERT, J. H.; MATA, M. M. Mesoscale physical processes and the distribution and composition of ichthyoplankton on the southern Brazilian shelf break. *Fisheries Oceanography*, v. 15, n. 1, p. 37–43, 2006.
- FRANCO-GORDO, C.; GODÍNEZ-DOMÍNGUEZ, E.; SUÁREZ-MORALES, E.; FREIRE, J. Interannual and seasonal variability of the diversity and structure of ichthyoplankton assemblages in the central Mexican Pacific. *Fisheries Oceanography*, v. 17, n. 3, p. 178–190, 2008. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2419.2008.00463.x>.
- GASOL, J. M.; DEL GIORGIO, P. A.; DUARTE, C. M. Biomass distribution in marine planktonic communities. *Limnology and Oceanography*, v. 42, n. 6, p. 1353–1363, 1997.
- GASPARINI, J. L.; ROCHA, L. A.; FLOETER, S. R. *Ptereleotris randalli* n. sp., a new dartfish (Gobioidei: Microdesmidae) from the Brazilian Coast. *aqua*, v. 4, n. 3, p. 109–114, 2001.
- GIGLIOTTI, E. S.; GHERARDI, D. F. M.; PAES, E. T.; SOUZA, R. B.; KATSURAGAWA, M. Spatial analysis of egg distribution and geographic changes in the spawning habitat of the Brazilian sardine *Sardinella brasiliensis*. *Journal of Fish Biology*, v. 77, n. 10, p. 2248–2267, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1095-8649.2010.02802.x>.
- HABTES, S.; MULLER-KARGER, F. E.; ROFFER, M. A.; LAMKIN, J. T.; MUHLING, B. A. A comparison of sampling methods for larvae of medium and large epipelagic fish species during spring SEAMAP ichthyoplankton surveys in the Gulf of Mexico. *Limnology and Oceanography: Methods*, v. 12, n. 2, p. 86–101, 2014. DOI: <https://doi.org/10.4319/lom.2014.12.86>.
- HARRIS, S. A.; CYRUS, D. P.; BECKLEY, L. E. The larval fish assemblage in nearshore coastal waters off the St Lucia Estuary, South Africa. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, v. 49, n. 6, p. 789–811, 1999. DOI: [10.1006/ecss.1999.0554](https://doi.org/10.1006/ecss.1999.0554).
- HARRIS, S. A.; NOYON, M.; MARSAC, F.; VIANELLO, P.; ROBERTS, M. J. Ichthyoplankton assemblages at three shallow seamounts in the South

- West Indian Ocean. Deep-Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography, v. 176, p. 104809, 2020. DOI: 10.1016/j.dsr2.2020.104809.
- HEATH, M. R. Field investigations of the early life stages of marine fish. Advances in marine biology, v. 28, p. 1–174, 1992.
- HERNÁNDEZ-MIRANDA, E.; PALMA, Á.; OJEDA, F. Larval fish assemblages in nearshore coastal waters off central Chile: temporal and spatial patterns. Estuarine, Coastal and Shelf Science, v. 56, p. 1075–1092, 2003.
- KATSURAGAWA, M.; DIAS, J. F.; HARARI, J.; NAMIKI, C.; ZANI-TEIXEIRA, M. L. Patterns in larval fish assemblages under the influence of the Brazil current. Continental Shelf Research, v. 89, p. 103–117, 2014.
- KATSURAGAWA, M.; MUELBERT, J. H.; DIAS, J. F. O Ictioplâncton na região entre o Cabo de São Tomé (RJ) e o Chuí (RS). [s.l.] : Edusp, 2006.
- KREBS, C. J. Ecological Methodology. New York. Harper & Row Publishers, 654p. 1991.
- LOEB, V. J. Larval fishes in the zooplankton community of the North Pacific Central Gyre. Marine Biology, v. 53, n. 2, p. 173–191, 1979.
- LOPES, R. M.; KATSURAGAWA, M.; DIAS, J. F.; MONTÚ, M. A.; MUELBERT, J. H.; GORRI, C.; BRANDINI, F. P. Zooplankton and ichthyoplankton distribution on the southern Brazilian shelf: an overview. 2006.
- MACEDO-SOARES, L. C. P. De; GARCIA, C. A. E.; FREIRE, A. S.; MUELBERT, J. H. Large-Scale Ichthyoplankton and Water Mass Distribution along the South Brazil Shelf. PLOS ONE, v. 9, n. 3, p. e91241, 2014.
- MACKAS, D. L.; DENMAN, K. L.; ABBOTT, M. R. Plankton patchiness: biology in the physical vernacular. Bulletin of Marine Science, v. 37, n. 2, p. 652–674, 1985.
- MADUREIRA, L. S. P. et al. Prospecção de recursos pesqueiros pelágicos por método hidroacústico na plataforma, talude e região oceânica da costa central do Brasil. São Paulo: Instituto Oceanográfico da USP, 2004.
- MARANCIK, K. E.; CLOUGH, L. M.; HARE, J. A. Cross-shelf and seasonal variation in larval fish assemblages on the southeast United States

continental shelf off the coast of Georgia. *Fishery Bulletin*, v. 103, n. 1, p. 108–129, 2005.

MATSUURA, Y. Distribution and abundance of skipjack (*Katsuwonus pelamis*) larvae in eastern Brazilian waters. *Boletim do Instituto Oceanográfico*, v. 3, n. 2, p. 5-7, 1982.

MENEZES, N. A.; BUCKUP, P. A.; FIGUEIREDO, J. L.; MOURA, R.L. Catálogo das espécies de peixes marinhos do Brasil. São Paulo: Museu de Zoologia da Universidade de São Paulo, 2003. 159 p.

MOSER, H. G.; WATSON, W. Myctophidae: lanternfishes. In: RICHARDS, W. J. (org.). *Early stages of Atlantic fishes: an identification guide for the Western North Atlantic*. Boca Raton, Florida: CRC Press, 2006. p. 473–579.

MOTA, E. M. T.; GARCIA, T. M.; FREITAS, J. E. P.; SOARES, M. O. Composition and cross-shelf distribution of ichthyoplankton in the Tropical Southwestern Atlantic. *Regional Studies in Marine Science*, v. 14, p. 27–33, 2017. DOI: 10.1016/j.rsma.2017.05.001.

MUHLING, B. A.; BECKLEY, L. E.; KOSLOW, J. A.; PEARCE, A. F. Larval fish assemblages and water mass structure off the oligotrophic south-western Australian coast. *Fisheries Oceanography*, v. 17, n. 1, p. 16–31, 2008. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2419.2007.00452.x>.

NONAKA, R. H.; MATSUURA, Y.; SUZUKI, K. Seasonal variation in larval fish assemblages in relation to oceanographic conditions in the Abrolhos Bank region off eastern Brazil. *Fishery Bulletin*, v. 98, n. 4, p. 767, 2000.

ODUM, E. P. *Basic ecology*. [s.l.] : Saunders College Pub., 1983.

OKAZAKI, Y.; NAKATA, H. Effect of the mesoscale hydrographic features on larval fish distribution across the shelf break of East China Sea. *Continental Shelf Research*, v. 27, n. 10–11, p. 1616–1628, 2007.

PARRISH, R. H.; NELSON, C. R.; BAKUN, A. Transport mechanisms and reproductive success of fishes in the California. *Biological Oceanography*, v. 1, p. 175–203, 1981.

- PATTRICK, P.; STRYDOM, N. A. Larval fish variability in response to oceanographic features in a nearshore nursery area. *Journal of Fish Biology*, v. 85, n. 3, p. 857–881, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1111/jfb.12477>.
- RICHARDS, W. J. *Early Stages of Atlantic Fishes: an identification guide for the Western Central North Atlantic*. Boca Raton, FL: Taylor & Francis, 2006. 2 v.
- RODRIGUEZ, J. M.; HERNANDEZ-LEON, S.; BARTON, E. D. Mesoscale distribution of fish larvae in relation to an upwelling filament off Northwest Africa. *Deep-Sea Research Part I*, v. 46, p. 1969–1984, 1999.
- SABATES, A.; OLIVAR, M. P. Variation of larval fish distributions associated with variability in the location of a shelf-slope front. *Marine Ecology Progress Series*, v. 135, p. 11–20, 1996.
- SANTANA, J. R.; COSTA, A. E. S. F.; VELEDA, D.; SCHWAMBORN, S. H. L.; MAFALDA JÚNIOR, P. O.; SCHWAMBORN, R. Ichthyoplankton community structure on the shelf break off northeastern Brazil. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, v. 92, 2020.
- SHIMA, M.; BAILEY, K. M. Comparative analysis of ichthyoplankton sampling gear for early life stages of walleye pollock (*Theragra chalcogramma*). *Fisheries Oceanography*, v. 3, n. 1, p. 50–59, 1994. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2419.1994.tb00047.x>.
- SPACH, H. L. Estudo comparativo da distribuição espaço-temporal e de padrões de agregação de ovos e larvas de *Harengula jaguana*, *Sardinella brasiliensis* (Clupeidae: Osteichthyes) e *Engraulis anchoita* (Engraulidae: Osteichthyes) na costa sudeste do Brasil. 1990. Universidade de São Paulo, 1990.
- WATSON, W. Scaridae: Parrotfishes. In: MOSER, G. H. (org.). *The Early Stages of Fishes in the California Current Region*. Atlas no 3 ed. La Jolla, CA, USA: Calcofi, 1996. p. 1104–1109.

IV.7.7 – ANEXOS

ANEXO IV.7.7-1 Controle de qualidade realizado nas amostras de ictioplâncton da 1ª Campanha do PMAR-BC.

ANEXO IV.7.7-2. Densidade média de larvas de peixes (larvas 100 m⁻³) e desvio padrão (DP) dos táxons de larvas de peixes coletados nas áreas Sul, Centro e Norte da Plataforma Continental e Talude. A classificação taxonômica está de acordo com Eschmeyer's Catalog of Fishes (FRICKE; ESCHMEYER; VAN DER LAAN, 2021). Táxons dentro de uma mesma família encontram-se em ordem decrescente de abundância total.

ANEXO IV.7.7-3. PERMDISP e PERMANOVA para os dados univariados de densidade de ovos de peixes da primeira campanha do PMAR-BC nas três áreas (Norte, Centro e Sul), e na comparação entre o PMAR-BC e PCR-BC.

ANEXO IV.7.7-4. PERMANOVA para os dados multivariados de táxons de larvas de peixes, dados multivariados das variáveis sintéticas (descritores ecológicos), e dados univariados de cada variável sintética (riqueza, biomassa, abundância, diversidade de Shannon, equitatividade de Pielou e dominância de Simpson) da primeira campanha do PMAR-BC nas diferentes províncias (Plataforma Continental e Talude) e áreas (Norte, Centro e Sul).

ANEXO IV.7.7-5. PERMDISP e PERMANOVA para os dados multivariados de táxons de larvas de peixes, dados multivariados das variáveis sintéticas (descritores ecológicos), e dados univariados de cada variável sintética (riqueza, biomassa, abundância, diversidade de Shannon, equitatividade de Pielou e dominância de Simpson) do PMAR-BC e PCR-BC, nas diferentes províncias (Plataforma Continental e Talude) e áreas (Norte, Centro e Sul).

ANEXO IV.7.7-6. Listagem de táxons de larvas e ovos de peixes registrados na 1ª Campanha do PMAR-BC e no PCR-BC. A classificação taxonômica está de acordo com o World Register of Marine Species (WoRMS; <http://www.marinespecies.org>).

IV.8 – NÊUSTON

Coordenadores

Mário Sérgio Ximenez

Biólogo, Doutor em Zoologia, N° CTF IBAMA 204221, Diretor Bioconsult Ambiental Ltda

ximenez@bioconsultambiental.com.br

Cristina Falcão

Bióloga, Doutora em Ecologia, N° CTF IBAMA 24023, Vice Diretora Técnica Bioconsult Ambiental Ltda

cfalcao@bioconsultambiental.com.br

Equipe Bioconsult Ambiental Ltda

Régis Santos

Biólogo, Doutor em Zoologia, Pós-doutorado em Pescas, N° CTF IBAMA 2045770

regisvinicius@gmail.com

Laboratório

Taxonomista

Dr Cláudio Leandro Gomes - N° CTF IBAMA 5996504

MSc Eduardo de Araújo Pinto Gomes - N° CTF IBAMA 91191

Triadores

Biol. Igor Souza leite de Freitas - N° CTF IBAMA 4263487

Biol. Aldimir Lowndes Vieira - N° CTF IBAMA 7393948

Biol. Daniela Menezes Barbosa Menezes - N° CTF IBAMA 7393992

Biol. Ivana Ximenez de Souza Rodrigues - N° CTF IBAMA 6492402

Biol. Raquel da Silva Parracho - N° CTF IBAMA 7394055

RESUMO

Os organismos neustônicos são um conjunto diversificado de plâncton, que ocorre na camada superficial mais alta dos oceanos e inclui espécies que vivem no filme superficial da interface água-atmosfera, classificadas como epinêuston, e as que vivem logo abaixo do filme superficial e são classificadas como hiponêuston. Este trabalho visa obter informações sobre as comunidades nêustônicas da Bacia de Campos comparando as regiões de maior (central) e menor (sul e norte) concentração de atividades de E&P, de forma a monitorar estas áreas e simultaneamente avaliar as tendências ambientais regionais desta bacia. No mês de abril de 2019 foi realizada a oitava pernada em três áreas (Norte, Centro e Sul) da Bacia de Campos, no âmbito do Projeto de Monitoramento Ambiental Regional da Bacia de Campos (PMAR-BC), na plataforma continental (isóbata de 100 m) e no talude (isóbata de 900 m). Em cada área foram definidas seis estações, onde foram realizados três arrastos horizontais com Catamarã tipo David/Hempel com malha de 500 μm , preferencialmente no período diurno por 20 minutos. As amostras de nêuston foram coletadas apenas na pernada 8 perfazendo um total de 72 amostras. Para a avaliação da comunidade nêustônica foram utilizados os dados de densidade dos táxons registrados, biomassa do nêuston e os índices ecológicos. Um total de 45 táxons de zoonêuston foram registrados, enquanto para o ictionêuston, foram registrados 72 táxons de larvas de peixes. Em relação aos ovos de peixes, cerca de 82% não puderam ser identificados. No presente estudo, a região da Plataforma Continental apresentou os menores valores de biomassa, densidade, riqueza, diversidade e equitatividade do nêuston (zoonêuston e ictionêuston) na área Norte. Diferenças entre as áreas Centro e Sul foram estatisticamente pouco pronunciadas. No Talude, os maiores valores de densidade do nêuston foram observados na área Centro. Na área Sul, foram encontrados os menores valores de riqueza e maior equitatividade do zoonêuston e menor diversidade do ictionêuston. Relativamente à variação temporal nas comunidades neustônicas da Bacia de Campos, considerando a comparação dos resultados dos projetos PMAR-BC e PCR-BC, foi possível observar algumas variações na composição e abundância das espécies. Entretanto, estas diferenças, para além de não terem sido testadas quanto à sua significância estatística, podem estar relacionadas a diferenças espaciais e de esforço amostral (o número de amostras recolhidas durante o PMAR-BC foi superior àquele do PCR-BC).

IV.8.1 –INTRODUÇÃO

O Projeto de Monitoramento Ambiental Regional (PMAR-BC) é um dos produtos do Projeto de Caracterização Ambiental da Bacia de Campos (PCR-BC). Ambos fazem parte do Modelo Regional para execução de Projetos de Monitoramento Ambiental na Bacia de Campos, que tem o propósito de integrar todas as ações envolvendo coleta, interpretação e armazenamento de dados para gestão ambiental dos empreendimentos da Bacia de Campos.

Este relatório apresenta os resultados das análises dos táxons e tratamento de dados do nêuston obtidos durante a primeira campanha oceanográfica do PMAR-BC.

A região de nêuston é um habitat único onde ocorre a passagem molecular ar/água, a intensidade da luz da coluna de água é maior e as diferentes substâncias hidrofílicas e poluentes transportadas pelo ar se acumulam (HARDY, 1997). Os organismos neustônicos são um conjunto diversificado de plâncton, que ocorrem na camada superficial mais alta (10-20 cm) dos oceanos e são coletivamente referidos como o nêuston (PERES, 1982; ZAITSEV, 1971). Estes organismos contêm frequentemente um conjunto diversificado de algas, bactérias, e várias fases de vida (por exemplo, ovos e larvas) de zooplâncton e peixes (ZAITSEV, 1971). O nêuston fornece alimentos a níveis tróficos mais elevados, tais como peixes, e inclui espécies que vivem na camada do filme superficial da interface água-atmosfera (interface superior), classificadas como epinêuston, e as que vivem logo abaixo da camada deste filme superficial (interface inferior) e são classificadas como hiponêuston.

Poucos estudos sobre a distribuição de nêuston planctônico foram realizados no Sudoeste do Oceano Atlântico. A maioria destes tem focado principalmente no ictionêuston (larvas e ovos de peixes) e foram realizados durante o Programa de Avaliação do Potencial Sustentável de Recursos Vivos na Zona Econômica Exclusiva (REVIZEE) (e.g., BITTENCOURT et al., 2007; BONECKER, 2006; KATSURAGAWA; MATSUURA, 1990; LESSA et al., 2009, 1999). Mais recentemente, alguns estudos pioneiros sobre caracterização do zoonêuston foram desenvolvidos em ilhas oceânicas brasileiras (LIRA et al., 2014).

Na Bacia de Campos, o conhecimento acerca dessa comunidade foi ampliado com o desenvolvimento do projeto PCR-BC/HABITATS (BONECKER et al., 2017). Neste projeto, a comunidade ictioneustônica entre o Cabo de São Tomé (RJ) e sul de Vitória (ES) foi amplamente caracterizada, identificando-se variações temporais (períodos chuvoso e seco), espaciais (plataforma e talude) e verticais (epinêuston e hiponêuston) na estrutura da comunidade em função das características oceanográficas (BONECKER et al., 2019).

As informações obtidas neste relatório são de relevante interesse para a compreensão da influência que a atividade de E&P exerceu e exerce sobre o meio ambiente da Bacia de Campos, e visam fornecer subsídios ao IBAMA e à PETROBRAS para aprimorar a gestão ambiental destas atividades.

IV.8.1.1 – Objetivo Geral

Obter sistematicamente informações sobre comunidades neustônicas comparando as regiões de maior (central) e menor (sul e norte) concentração de atividades de E&P na Bacia de Campos, de forma a monitorar estas áreas e simultaneamente avaliar as tendências ambientais regionais desta bacia.

IV.8.1.1.1 – Objetivos Específicos

- Caracterizar as comunidades do nêuston (zoonêuston, ovos e ictionêuston) nas três áreas de estudo quanto a sua riqueza, densidade, biomassa e distribuição;
- Avaliar se existem diferenças entre as comunidades do nêuston nas duas redes (epinêuston e hiponêuston) e entre as três áreas (Norte, Centro e Sul);
- Avaliar se existem diferenças nas comunidades do nêuston nas duas redes (epinêuston e hiponêuston) situadas nas províncias de Plataforma Continental e Talude;

Hipóteses nulas

- Não há diferença estatística entre as comunidades zoonêustônicas e ictioneustônicas entre as três regiões da Bacia de Campos, considerando a comparação das áreas amostrais posicionadas sobre a mesma isóbata;
- Não há diferença estatística entre as comunidades zoonêustônicas e ictioneustônicas da Bacia de Campos, considerando a comparação das duas áreas amostrais posicionadas sobre a isóbata de 100 e 900 m no segmento central da bacia de Campos;

IV.8.2 – METODOLOGIAS APLICADAS

IV.8.2.1 – Metodologia de Campo

As informações sobre os métodos aplicados durante a amostragem podem ser encontradas no Capítulo III, item III.3.1 – MÉTODOS DE AMOSTRAGEM, em que estão inclusos os procedimentos referentes à metodologia de amostragem do nêuston. Sendo assim, abordaremos neste item, de maneira resumida, a metodologia utilizada no campo durante a primeira campanha do PMAR-BC, para obtenção das amostras de epinêuston e hiponêuston

Para a coleta do nêuston foi utilizado um catamarã David/Hempel equipado com duas redes retangulares, com malha de 500 µm. No final de cada rede foram acoplados copos de PVC para concentrar as amostras. A rede superior coletou amostras da interface ar/água (epinêuston) e a rede inferior coletou amostras de sub-superfície nos primeiros 10 cm da coluna d'água (hiponêuston). O fluxômetro aferido foi acoplado apenas na rede inferior.

Em cada estação de coleta foram realizados arrastos horizontais, durante 20 minutos, entre às 6:00 e 18:00h. Assim como para o ictioplâncton e zooplâncton, também para o nêuston foram obtidas réplicas temporais. Para a obtenção de réplicas temporais das amostras, cada replicação foi feita após a coleta da primeira réplica em todas as estações do polígono, ou seja, foi feito um arrasto em cada uma das seis estações do polígono, e só então feito a réplica 2 nas mesmas seis estações e em seguida a réplica 3. As amostras de epinêuston e hiponêuston foram armazenadas em frasco de polietileno de boca larga e preservadas com formaldeído 4% tamponado com tetraborato de sódio.

Devido aos limites operacionais para os arrastos de nêuston, não foi possível obter todas as réplicas temporais das 36 estações amostradas, sendo que 24 arrastos não puderam ser realizados.

IV.8.2.2 – Metodologia Analítica

IV.8.2.2.1 – Conferência das amostras no laboratório

As amostras de nêuston foram coletadas apenas na pernada 8. Houve dificuldade de amostragem em função das condições de mar na pernada 7 e na pernada 6 houve problemas com o equipamento. O desembarque das amostras obtidas ocorreu no dia 04/05/2019. As amostras foram entregues na Bioconsult no mesmo dia do desembarque.

No laboratório procedeu-se a conferência e a avaliação das amostras recebidas, no primeiro dia útil subsequente à sua chegada, verificando-se sua identificação e integridade física (Figura IV.8.2.2.1-1A). Para cada amostra foi atribuída uma identificação interna - número do laboratório (Figura IV.8.2.2.1-1B e C), e um código de barras para acompanhamento dos processos (Figura IV.8.2.2.1-1D). Foram coletadas e conferidas 84 amostras de epinêuston e 84 amostras de hiponêuston.

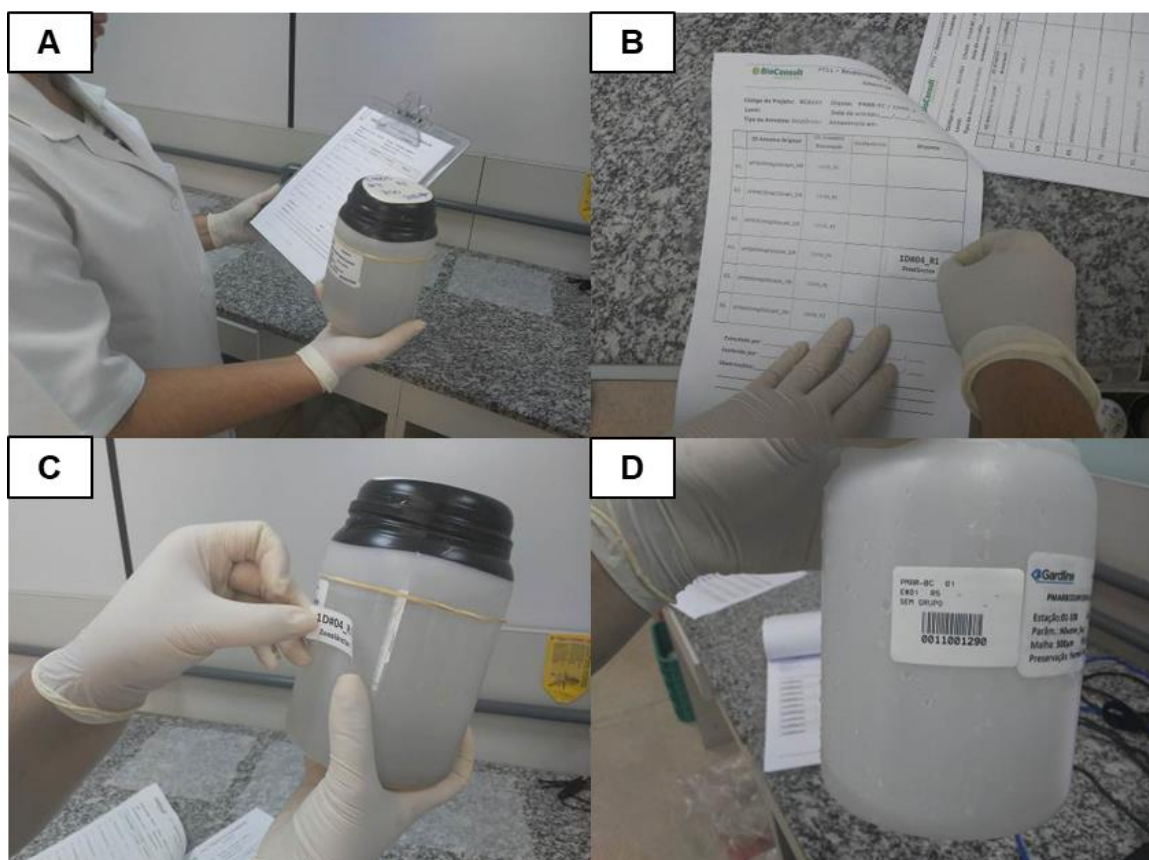


Figura IV.8.2.2.1-1 – A - Conferência da integridade da amostra e código; B – Atribuição de código interno; C – Atribuição do código interno à amostra; D - Registro no sistema e geração do código de barras.

IV.8.2.2.2. Retirada do meio conservante

Antes do início dos procedimentos analíticos de obtenção da biomassa foi realizada a retirada do formaldeído das amostras. Esse procedimento foi realizado em uma capela com exaustão forçada onde o meio conservante de cada amostra foi retirado e recolhido em recipientes adequados para posterior reutilização, descarte ou neutralização (Figura IV.8.2.2.2-1). Durante todo o procedimento no laboratório, foram utilizados equipamentos de proteção individual (EPIs), contando com luvas e aventais impermeáveis, jalecos, óculos de proteção e máscara de carvão ativado com dupla filtragem e os trabalhos foram realizados na capela (Figura IV.8.2.2.2-1).

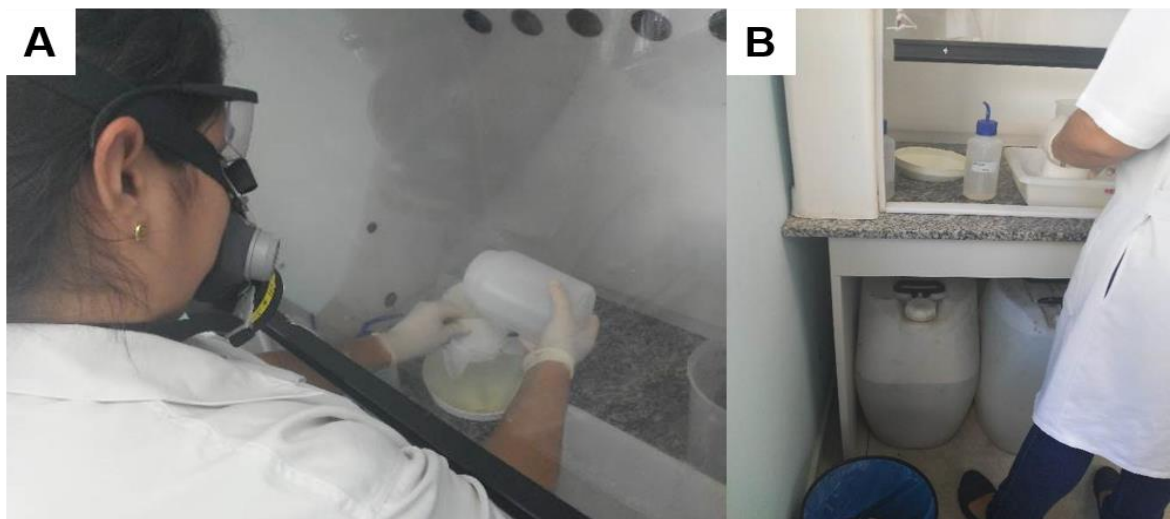


Figura IV.8.2.2-1 - (A) Retirada do formaldeído em capela com uso de EPI e (B) Bombonas de armazenamento do formaldeído para descarte.

IV.8.2.2.3. Biomassa

Para a determinação da biomassa úmida as amostras foram submetidas a um procedimento de retirada do excesso de água. Após a eliminação do meio conservante, como descrito no item anterior, foram realizadas as seguintes etapas:

1. Transferência da amostra do pote para malha de 120 μm de abertura. A malha foi apoiada em um suporte e lavada com o auxílio de pissete com água doce filtrada, concentrando os organismos no centro da malha para que não ficassem próximos das suas bordas (Figura IV.8.2.2.3-1);

2. A malha, com os organismos retidos no seu centro, foi retirada do suporte e com movimentos circulares foi passada sobre um pano absorvente. Esse movimento foi repetido nos dois lados do pano, por dez vezes consecutivas de cada lado. Em seguida esse mesmo procedimento foi repetido utilizando um papel absorvente, com o objetivo de remover o excesso líquido contido na amostra (Figura IV.8.2.2.3-2A e B);

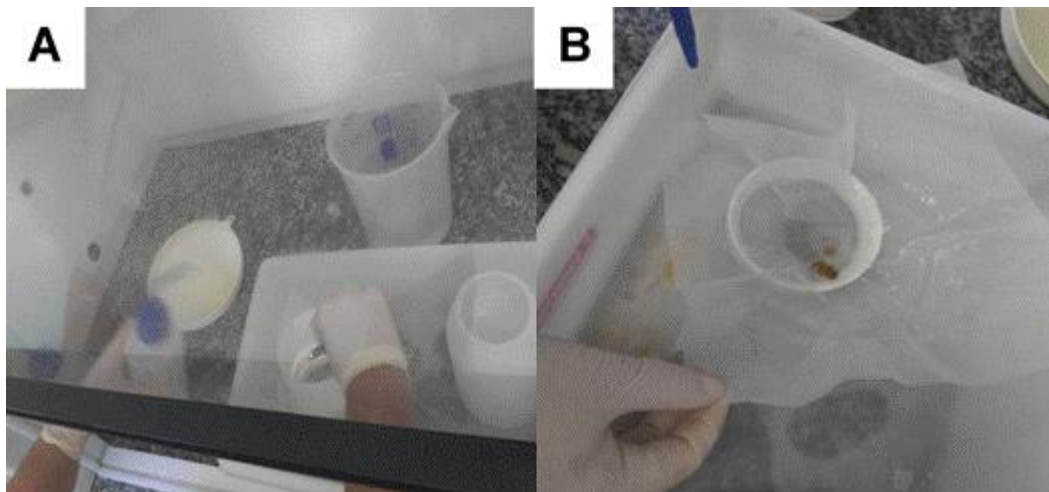


Figura IV.8.2.2.3-1. (A) Transferência dos organismos para a malha de 120 µm; (B) Lavagem da amostra com uso de suporte e pissete.

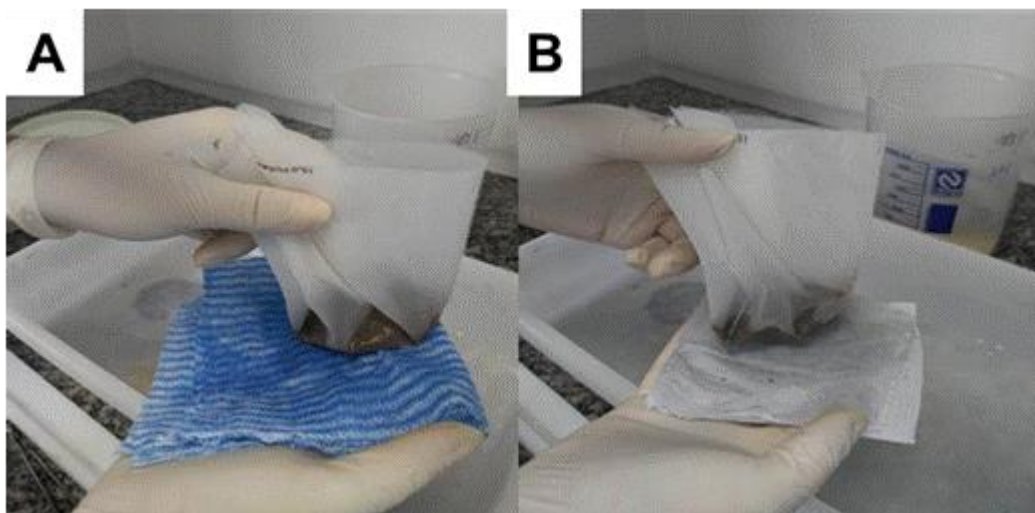


Figura IV.8.2.2.3-2. Eliminação do excesso de água com utilização de (A) pano e (B) papel absorvente durante a determinação da biomassa.

3. Posteriormente, a malha contendo os organismos, juntamente com um suporte de plástico, foi pesada em balança marca Bell, modelo M214Ai com precisão de 4 casa decimais (Figuras IV.8.2.2.3-3A). Os valores de peso das amostras foram registrados em planilhas específicas;
4. Ao término da pesagem, a amostra foi transferida para seu frasco de origem, novamente preenchido com preservante (formaldeído), que foi etiquetado e identificado como “BA” (biomassa analisada), e encaminhada para posterior triagem (Figuras IV.8.2.2.3-3A e B). Por fim, a malha de 120 µm utilizada foi lavada e totalmente seca para ser pesada.

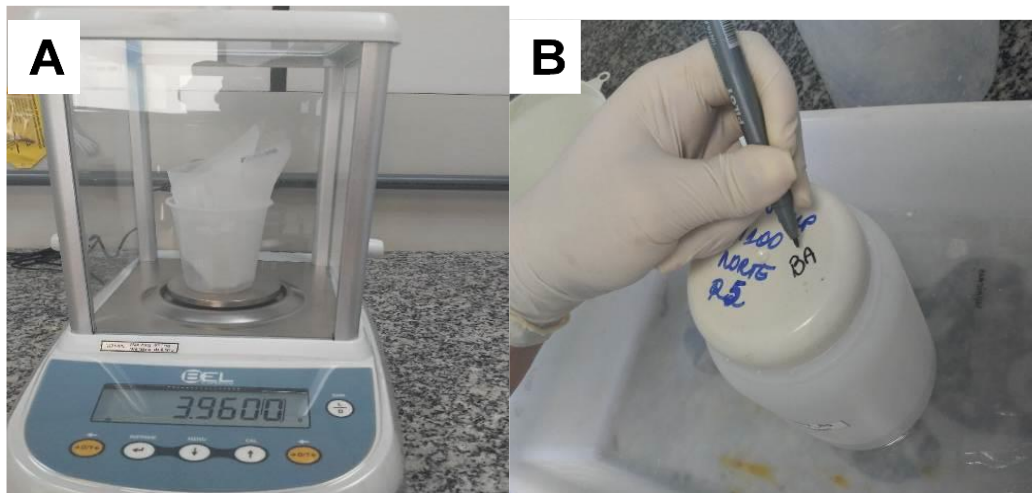


Figura IV.8.2.2.3-3 - (A) Pesagem das amostras para a determinação da biomassa; (B) Amostra no frasco pronta para o início da triagem.

Para efeito de cálculo da biomassa úmida, empregou-se a seguinte fórmula:

$$PU = PCO - PSO$$

Onde:

PU – Peso úmido em gramas (g);

PCO – Peso do filtro/peneira com organismos retidos de cada amostra; e

PSO – Peso do filtro/peneira sem os organismos retidos e seco.

Os resultados de biomassa foram apresentados em relação à área amostrada, em $g \cdot 100m^{-2}$. Para os cálculos empregaram-se as seguintes fórmulas:

BIOMASSA = PU/AA

Onde:

PU – Peso úmido em gramas (g);

AA – Área do Arrasto (m²);

A área do arrasto (AA) foi obtida em campo e é calculada pela seguinte fórmula:

$$AA = DIF * CC * LARGURA$$

Onde:

DIF – Diferença entre os valores final e inicial do fluxômetro;

CC – Constante de calibração do fluxômetro, definido no certificado de calibração;

LARGURA – Largura da rede (0,3 m).

IV.8.2.2.4. Triagem do nêuston

As amostras de nêuston foram totalmente triadas com o auxílio de estereomicroscópio (Figura IV.8.2.2.4-1) e, quando necessário, de microscópio, para separação e contagem dos ovos e larvas de peixes (ictonêuston), larvas de decápodes e demais organismos (zoonêuston). Todos os organismos do zoonêuston e larvas de peixes foram mantidos em frascos preenchidos com solução de etanol a 70%. Os ovos de peixes e larvas Leptocephali foram mantidos em formaldeído tamponado.

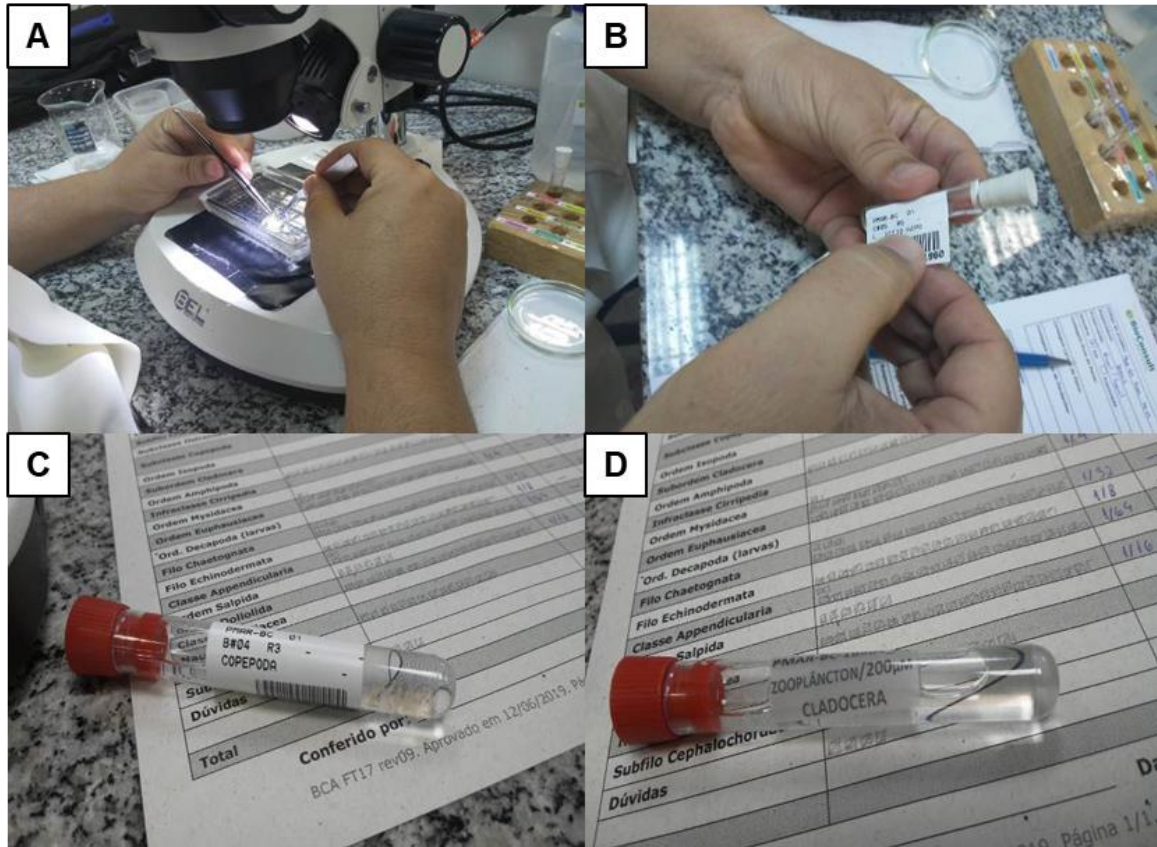


Figura IV.8.2.2.4-1 – (A) Triagem dos organismos; (B) Colagem dos códigos de barra nos frascos; (C) Identificação dos frascos com códigos de barra; (D) Etiquetas internas nos frascos.

IV.8.2.2.5. Controle de Qualidade

Foi realizado o controle de qualidade das amostras já triadas com o objetivo de detectar e identificar organismos que não foram retirados e contabilizados nestas. Para tal, a cada lote de no máximo dez amostras de cada triador, uma das amostras triadas foi sorteada para avaliação. As amostras utilizadas no controle de qualidade e os resultados obtidos estão no anexo IV.8.7-1.

Caso o número de organismos contabilizados no reexame da amostra fosse maior que 20% do total de organismos contabilizados, a amostra era reprovada e então uma nova amostra do mesmo colaborador era sorteada. Em caso de uma nova rejeição, todo o lote foi reanalisado. Todos os organismos que foram encontrados no controle de qualidade foram incorporados às amostras originais.

IV.8.2.2.6. Identificação taxonômica

Após o processo de validação, os lotes de amostras de cada triador foram encaminhados para a etapa de identificação taxonômica do ictionêuston (os ovos e larvas de peixes) e do zoonêuston (larvas de Decapoda e demais grupos). Para as larvas de Decapoda foi realizado um maior refinamento taxonômico, sendo estas identificadas sempre até o menor nível taxonômico possível, enquanto que os demais organismos foram deixados a nível de Filo/Classe, conforme identificação na triagem. A identificação do ictionêuston foi feita de acordo com chaves de identificação especializadas como Menezes *et al.* (2003), Bonecker e Castro (2006), Richards (2006) e Fahay (2007), ao menor nível taxonômico possível. Esta foi baseada nas características morfológicas (formato do corpo e da cabeça, presença de vesícula gasosa, formato das nadadeiras, posição do ânus e das nadadeiras anal e dorsal) e merísticas (número de raios das nadadeiras dorsal, anal, caudal, peitoral e ventral e padrão de pigmentação). As larvas de Decapoda foram identificadas com o auxílio de uma placa Dollfus e/ou microscópio óptico e de acordo com Boltovskoy (1981), Boschi (1981), Calazans (1993), Fernandes (2006) e Fernandes *et al.* (2002 e 2006). Foram denominados como “não identificado” os indivíduos onde não foi possível refinar a identificação (fragmentos, ausência de apêndices ou desconhecidos).

V.8.2.2.7. Índices Ecológicos

A comunidade do epinêuston e hiponêuston foi avaliada com os resultados de densidade de organismos (ind.1000m^{-2}) e índices de diversidade. Indicadores de diversidade foram utilizados para detectar possíveis variações na composição e na estrutura da comunidade do nêuston.

- **Riqueza (R)**

É expressa pelo número de táxons/espécies (S) encontrados na amostra

$R = \text{Número de táxons/espécies na amostra};$

- **Índice de Diversidade de Shannon (H')**

É uma função do número de espécies em uma comunidade e da uniformidade dos indivíduos entre as espécies (SHANNON, 1949 *apud* KREBS, 1999). Foi utilizado para densidade de indivíduos.

$$H' = \sum p_i \ln 2p_i$$

Onde:

p_i = proporção de indivíduos da espécie i .

- **Índice de Dominância de Simpson (Λ)**

É dado pelo número de indivíduos de uma espécie em relação ao número de indivíduos de todas as espécies obtidas numa amostragem (SIMPSON, 1949 *apud* KREBS, 1999). Foi utilizado para densidade de indivíduos.

$$\Lambda = \sum (n_i / N)^2$$

Onde:

n_i = densidade de indivíduos da espécie i ;

N = densidade total de indivíduos.

- **Índice de Equitabilidade de Pielou (J'):**

$$J' = H' / H_{\max}$$

Onde:

H' = índice de Diversidade de Shannon;

H_{\max} = é o índice máximo de diversidade ($H_{\max} = \log_2 S$).

IV.8.2.3 – Metodologia de Tratamento de Dados

As informações sobre os métodos aplicados para o tratamento de dados (estatística descritiva, correlações, NMDS, análises fatoriais não-paramétricas, entre outras) e os procedimentos nos quais foram realizados os agrupamentos dos dados do compartimento Água podem ser encontrados no Capítulo III, item III.3.3 – MÉTODOS DE TRATAMENTO DE DADOS.

Todos os dados de abundância do nêuston foram convertidos para densidade (indivíduo por amostra/área do arrasto, calculado a partir dos dados de fluxômetro), sendo utilizada a unidade de medida de ind.1000m². Os dados de densidade, assim como os dados de biomassa, foram então utilizados para a análise da estrutura das comunidades e os cálculos de índices ecológicos.

Para as análises estatísticas do zoonêuston foram utilizados todos os táxons encontrados. No ictionêuston, foram utilizados os táxons identificados em diferentes níveis taxonômicos, considerando a limitação na identificação de alguns grupos (e.g. Carangidae, Mullidae e Myctophidae, identificadas somente até o nível de família foram retiradas da análise). Embora o uso dos níveis de gênero e espécie seja o mais indicado, a exclusão de táxons importantes identificados apenas em níveis superiores (e.g. Engraulidae) poderia trazer prejuízo para a análise dos dados e interpretação dos resultados, uma vez que podem ser abundantes e indicar áreas ou condições ambientais específicas. Sendo assim, optou-se por manter nas análises diferentes níveis taxonômicos para que não houvesse perda da informação ecológica. Considerando esta seleção, foram retirados 3 táxons de larvas do conjunto de dados para as análises exploratórias e inferenciais (Tabela IV.8.2.3-1), as quais foram realizadas com os dados dos 42 táxons restantes (Tabela IV.8.2.3-2).

Tabela IV.8.2.3-1 – *Táxons excluídos do conjunto de dados utilizado para realização das análises exploratórias e inferenciais do ictionêuston.*

Nível de refinamento	Táxon
Família	Carangidae
	Myctophidae
	Mulliidae

Tabela IV.8.2.3-2 – Táxons selecionados para realização das análises exploratórias e inferenciais do ictionêuston.

Espécie	Gênero		Família
<i>Amphelikurus dendriticus</i>	<i>Antigonia</i>	<i>Polydactylus</i>	Apogonidae
<i>Chlorophthalmus agassizi</i>	<i>Apogon</i>	<i>Seriola</i>	Engraulidae
<i>Coryphaena hippurus</i>	<i>Bolinichthys</i>	<i>Serranus</i>	Exocoetidae
<i>Cryptotomus roseus</i>	<i>Caranx</i>	<i>Sparisoma</i>	Gerreidae
<i>Euleptorhamphus velox</i>	<i>Coryphaena</i>	<i>Sphyraena</i>	Istiophoridae
<i>Dactylopterus volitans</i>	<i>Decapterus</i>	<i>Scorpaena</i>	Pomacentridae
<i>Myctophum affine</i>	<i>Exocoetus</i>	<i>Stegastes</i>	Serranidae
<i>Pseudocaranx dentex</i>	<i>Hirundichthys</i>		Sparidae
<i>Ptereleotris randalli</i>	<i>Lepidophanes</i>		Syngnathidae
<i>Sarda sarda</i>	<i>Lutjanus</i>		
<i>Stegastes leucostictus</i>	<i>Myctophum</i>		
<i>Stephanolepis hispidus</i>	<i>Parexocoetus</i>		
<i>Upeneus parvus</i>	<i>Oxyporhamphus</i>		

Ainda para o ictionêuston, os testes de hipóteses foram realizados considerando separadamente os grupos de ovos e larvas, sendo que os dados de ovos de peixes foram agrupados e analisados de forma univariada (exploratórias e inferenciais). Os cálculos de índices ecológicos foram feitos utilizando somente os dados de larvas de peixes conforme a seleção de táxons mencionada acima.

IV.8.2.3.1 – Análises Exploratórias

IV.8.2.3.1.1 – Análises exploratórias univariadas

As distribuições dos valores (média, mediana, mínimo, máximo e desvio padrão) de cada variável sintética (biomassa, densidade total, riqueza, equitatividade, diversidade e dominância), foram resumidas por estrato (Superior e Inferior), área (Norte, Centro e Sul) e província (Plataforma Continental e Talude).

IV.8.2.3.1.2 – Análises exploratórias multivariadas

O escalonamento multidimensional não métrico (Non-metric Multidimensional Scalling - NMDS) foi utilizado para representar a similaridade das amostras em relação à composição e densidade dos táxons (índice Bray-Curtis, com os dados

transformados em $\log(x + 1)$) e à biomassa, riqueza, abundância, diversidade, dominância e equitatividade (distância Euclidiana, com os dados Z-padronizados) de cada área, estrato e província, com as correlações de Pearson entre estas variáveis.

IV.8.2.3.2 – Análises Inferenciais

As análises inferenciais dos resultados de zoonêuston e ictionêuston foram realizadas conforme apresentado no *item III.3.3.1* de forma a atender os objetivos do projeto e testar as hipóteses referentes a possíveis diferenças entre os resultados encontrados.

O padrão de distribuição dos valores de densidade de ovos ($\text{ind.}1000\text{m}^{-2}$), biomassa ($\text{g. }100\text{m}^{-2}$), densidade ($\text{ind. }1000\text{ m}^{-2}$), riqueza (S), equitatividade de Pielou (J'), diversidade de Shannon (H') e dominância de Simpson (Lambda) entre as áreas de cada província e estrato, entre os estratos e províncias foi testado através da Análise Multivariada de Permutação (PERMANOVA).

Diferenças nas comunidades neustônicas entre as áreas de cada província e estrato, entre os estratos e províncias também foram testadas utilizando, como dados de entrada para as análises PERMANOVA, a matriz de distância Euclidiana considerando todos os índices ecológicos Z-padronizados (densidade total, riqueza, equitatividade, diversidade e dominância), assim como os dados da matriz de similaridade de Bray-Curtis dos dados de composição e densidade de táxons por amostra, transformados com $\log(x + 1)$.

IV.8.3 – RESULTADOS

Um total de 45 táxons de zoonêuston foram registrados durante este estudo (Anexos IV.8.7-3 e IV.8.7-7). Hydrozoa, Siphonophorae, Copepoda, Chaetognatha, Salpida, Doliolida, Palaemonidae e Luciferidae foram os táxons principais do zoonêuston, i.e, táxons cuja frequência relativa esteve acima de 5% em pelo menos um polígono. No ictionêuston, cerca de 82% dos ovos de peixes não puderam ser identificados devido às dificuldades associadas à identificação de caracteres morfológicos que permitam a diferenciação entre as espécies durante esta fase. Entretanto, foi possível identificar ovos de Anguiliformes, *Maurolicus stehmanni* (Sternoptychidae) e Clupeidae. Dentre os 72 táxons de larvas de peixes identificados, 34 foram classificados como táxons principais (Anexos IV.8.7-5 e IV.8.7-9). As larvas de peixes não identificadas representaram 0,5% do total capturado.

Considerando a interferência dos táxons raros nas análises estatísticas exploratórias e inferenciais, optou-se por apresentar aqui apenas os resultados referentes às análises considerando os táxons cuja frequência relativa esteve acima de 5% em pelo menos um polígono. Nas análises de porcentagem de similaridade (SIMPER), a contribuição dos táxons principais para as diferenças observadas entre estratos, áreas e províncias foi testada utilizando apenas amostras não zeradas visto as limitações estatísticas que a escassez e a própria distribuição dos dados trouxeram para as análises.

IV.8.3.1 – Áreas Sul, Centro e Norte da Plataforma Continental

IV.8.3.1.1 – Biomassa do nêuston – rede superior e inferior

Os valores médios, de medianas, mínimo e máximo e desvio padrão de biomassa do nêuston superior e inferior nas áreas Norte, Centro e Sul da Plataforma Continental são apresentados na Tabela IV.8.3.1.1-1.

Tabela IV.8.3.1.1-1 – Número de amostras (N) e valores de biomassa (g.100 m⁻²) do estrato superior e inferior do nêuston obtidos nas áreas Norte, Centro e Sul da Plataforma Continental.

Estrato	Área	N	Média	Mediana	Mín.	Máx.	Desv. Padrão
Superior	Norte	18	0,13	0,12	0,04	0,05	0,10
	Centro	12	0,15	0,15	0,11	0,18	0,02
	Sul	12	0,10	0,11	0,04	0,21	0,05
Inferior	Norte	18	0,11	0,11	0,04	0,21	0,04
	Centro	12	0,84	0,54	0,24	2,41	0,69
	Sul	12	0,27	0,16	0,08	0,88	0,25

Os valores médios de biomassa no estrato superior do nêuston foram significativamente maiores na área Centro que na área Sul ($t = 3,07$, $p = 0,009$) da Plataforma Continental (Figura IV.8.3.1.1-1). No estrato inferior, valores médios significativamente maiores foram observados na área Centro em relação às áreas Norte ($t = 4,21$, $p = 0,001$) e Sul ($t = 2,69$, $p = 0,016$). Quando comparados os valores de biomassa entre os dois estratos, observou-se que o estrato inferior do nêuston apresentou valores significativamente maiores nas áreas Centro ($t = 3,47$, $p = 0,003$) e Sul ($t = 2,27$, $p = 0,036$; Figura IV.8.3.1.1-1).

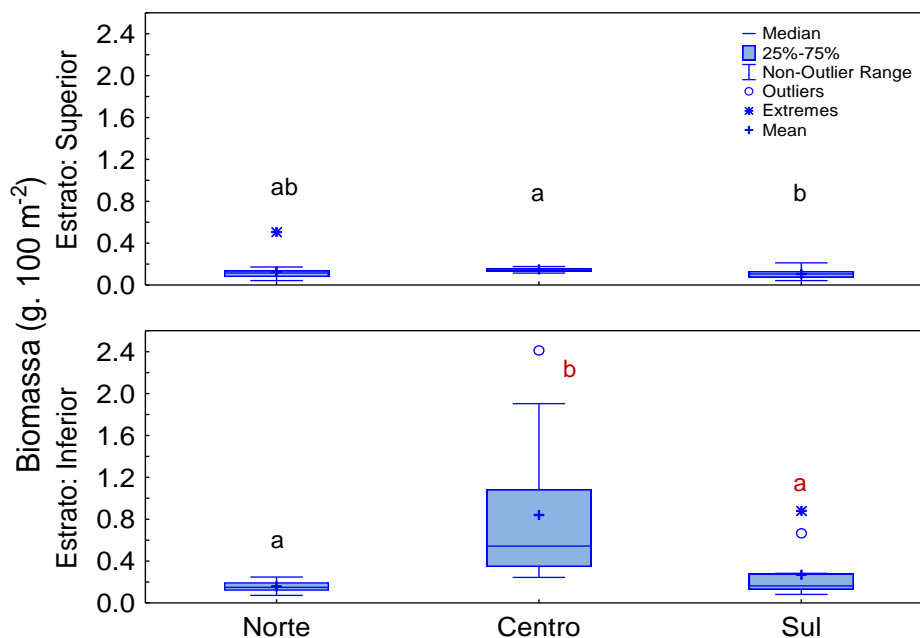


Figura IV.8.3.1.1-1 – Distribuição da biomassa (g. 100 m⁻²) obtida ao longo das áreas Norte, Centro e Sul da Plataforma Continental. Letras diferentes conotam diferenças significativas entre áreas dentro de cada estrato (superior e inferior), e letras de cores diferentes conotam diferenças significativas entre os estratos de cada área.

Os resultados das análises univariadas da biomassa do nêuston podem ser observados no Anexo IV.8.7-2.

IV.8.3.1.2 – Zoonêuston – rede superior e inferior

Ao longo do estudo, foram registrados 24 táxons de zoonêuston na área Norte, 31 na área Centro e 32 na área Sul da Plataforma Continental. Os valores médios, de medianas, mínimo e máximo e desvio padrão de densidade e índices ecológicos obtidos nessas três áreas são apresentados na Tabela IV.8.3.1.2-1 (estrato superior do zoonêuston) e na Tabela IV.8.3.1.2-2 (estrato inferior).

Tabela IV.8.3.1.2-1 – Número de amostras (N) e valores de densidade de zoonêuston (ind. 1000 m⁻²), riqueza (S), equitatividade de Pielou (J'), diversidade de Shannon (H') e dominância de Simpson (Lambda) do estrato superior do zoonêuston obtidos nas áreas Norte, Centro e Sul da Plataforma Continental.

Área	Parâmetros	N	Média	Mediana	Mín.	Máx.	Desv. Padrão
Norte	Densidade	18	170,83	123,74	19,12	576,00	131,99
	Riqueza (S)	18	5,61	5,00	3,00	10,00	1,85
	Equitatividade (J')	18	0,53	0,53	0,18	0,83	0,18
	Diversidade (H')	18	1,26	1,19	0,41	2,33	0,44
	Dominância (Lambda)	18	0,57	0,55	0,31	0,90	0,16
Centro	Densidade	12	177,04	144,79	25,95	318,73	109,78
	Riqueza (S)	12	7,33	7,00	3,00	12,00	2,99
	Equitatividade (J')	12	0,70	0,71	0,51	0,93	0,12
	Diversidade (H')	12	1,93	1,89	0,99	2,94	0,57
	Dominância (Lambda)	12	0,37	0,37	0,19	0,63	0,13
Sul	Densidade	12	174,19	97,14	16,94	464,60	161,74
	Riqueza (S)	12	6,92	7,00	3,00	11,00	2,02
	Equitatividade (J')	12	0,62	0,66	0,26	0,87	0,23
	Diversidade (H')	12	1,63	1,56	0,74	2,49	0,60
	Dominância (Lambda)	12	0,47	0,47	0,21	0,80	0,21

Tabela IV.8.3.1.2-2 – Número de amostras (N) e valores de densidade de zoonêuston (incl. 1000 m²), riqueza (S), equitatividade de Pielou (J'), diversidade de Shannon (H') e dominância de Simpson (Lambda) do estrato inferior do zoonêuston obtidos nas áreas Norte, Centro e Sul da Plataforma Continental.

Área	Parâmetros	N	Média	Mediana	Mín.	Máx.	Desv. Padrão
Norte	Densidade	18	134,46	67,02	11,37	464,60	144,17
	Riqueza (S)	18	6,33	6,50	3,00	11,00	2,14
	Equitatividade (J')	18	0,67	0,73	0,26	0,96	0,21
	Diversidade (H')	18	1,67	1,67	0,74	2,49	0,49
	Dominância (Lambda)	18	0,43	0,37	0,21	0,80	0,18
Centro	Densidade	12	2081,50	1403,03	386,83	5441,04	1630,50
	Riqueza (S)	12	12,00	11,50	8,00	18,00	2,95
	Equitatividade (J')	12	0,60	0,62	0,42	0,78	0,12
	Diversidade (H')	12	2,13	2,20	1,34	2,80	0,47
	Dominância (Lambda)	12	0,35	0,33	0,19	0,59	0,13
Sul	Densidade	12	1293,19	776,08	135,57	4396,77	1270,47
	Riqueza (S)	12	12,58	11,50	8,00	20,00	3,90
	Equitatividade (J')	12	0,54	0,58	0,23	0,64	0,13
	Diversidade (H')	12	1,93	2,03	0,86	2,49	0,52
	Dominância (Lambda)	12	0,40	0,36	0,24	0,77	0,18

As densidades médias de zoonêuston no estrato superior não foram estatisticamente diferentes entre as áreas da Plataforma Continental ($t < 0,13$, $p > 0,905$). No estrato inferior, densidades foram significativamente mais baixas no Norte que no Centro ($t = 4,36$, $p < 0,001$) e Sul ($t = 2,96$, $p = 0,009$; Figura IV.8.3.1.2-1). Quanto às diferenças entre estratos, estas foram estatisticamente significativas em todas as áreas ($t > 2,80$, $p < 0,003$), com o estrato superior apresentando as menores densidades médias (Figura IV.8.3.1.2-1).

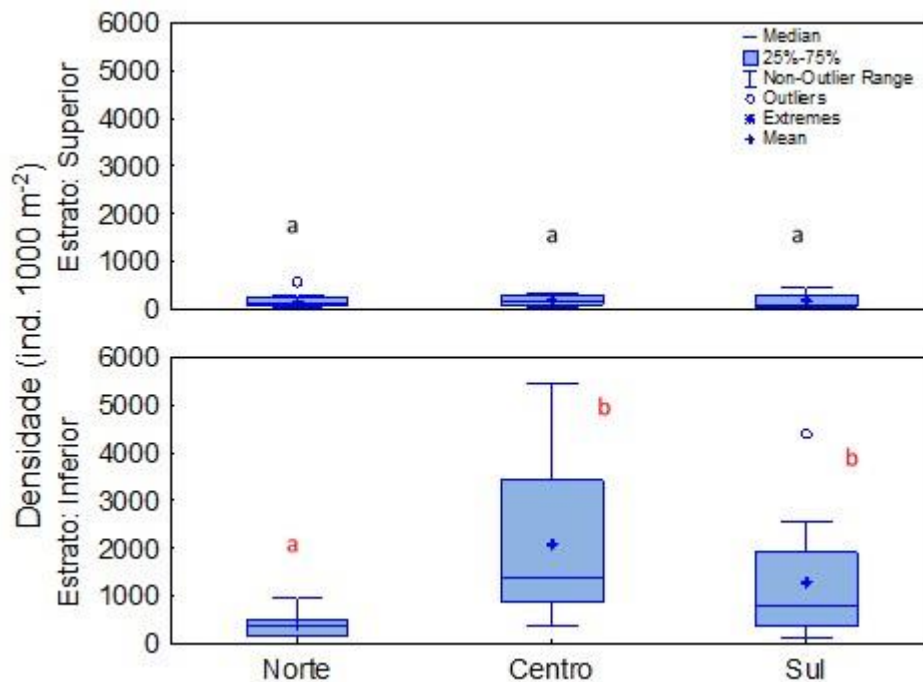


Figura IV.8.3.1.2-1 – Distribuição da densidade de zoonêuston (ind. 1000 m⁻²) obtida ao longo das áreas Norte, Centro e Sul da Plataforma Continental. Letras diferentes conotam diferenças significativas entre áreas dentro de cada estrato (superior e inferior), e letras de cores diferentes conotam diferenças significativas entre os estratos de cada área.

Diferenças significativas também foram observadas na riqueza (Figura IV.8.3.1.2-2), equitatividade (Figura IV.8.3.1.2-3), diversidade (Figura IV.8.3.1.2-4) e dominância (Figura IV.8.3.1.2-5). No estrato superior, a área Norte apresentou menores equitatividade ($t = 2,76$, $p = 0,018$) e diversidade ($t = 3,61$, $p = 0,002$) e maior dominância ($t = 3,54$, $p = 0,003$) que a área Centro da Plataforma Continental. No estrato inferior, a área Norte apresentou menor riqueza que as áreas Centro ($t = 4,25$, $p = 0,001$) e Sul ($t = 4,17$, $p = 0,001$), e menor diversidade que a área Centro ($t = 2,94$, $p = 0,004$). Quando comparados os valores de riqueza entre os dois estratos, observou-se que o estrato superior apresentou valores significativamente menores em todas as áreas ($t > 2,74$, $p < 0,010$). Na área Norte, foi observada ainda uma maior diversidade ($t = 2,98$, $p = 0,007$) e menor dominância ($t = 3,07$, $p = 0,007$) no estrato inferior quando comparado ao estrato superior.

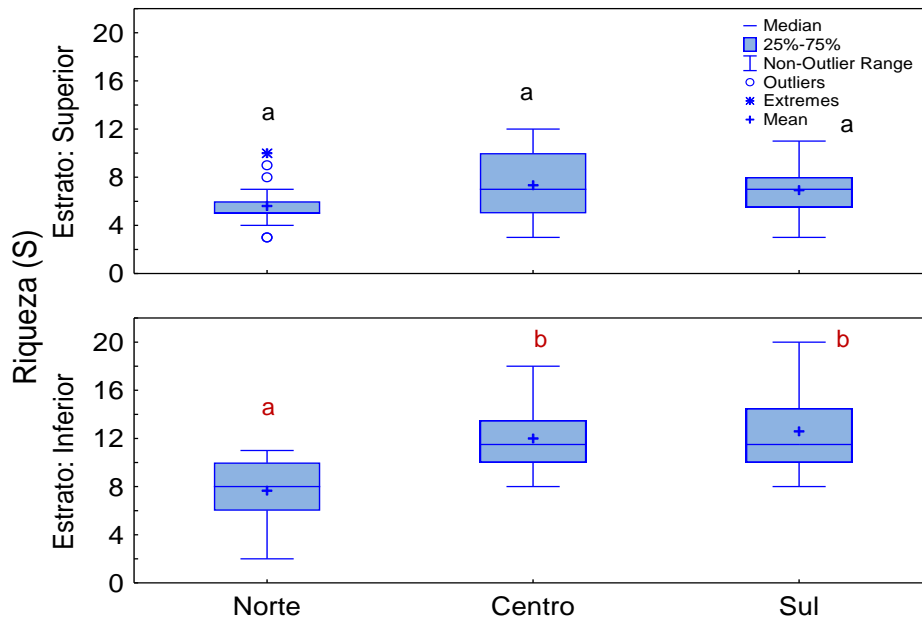


Figura IV.8.3.1.2-2 – Distribuição da riqueza (S) do zoonêuston obtida ao longo das áreas Norte, Centro e Sul da Plataforma Continental. Letras diferentes conotam diferenças significativas entre áreas dentro de cada estrato (superior e inferior), e letras de cores diferentes conotam diferenças significativas entre os estratos de cada área.

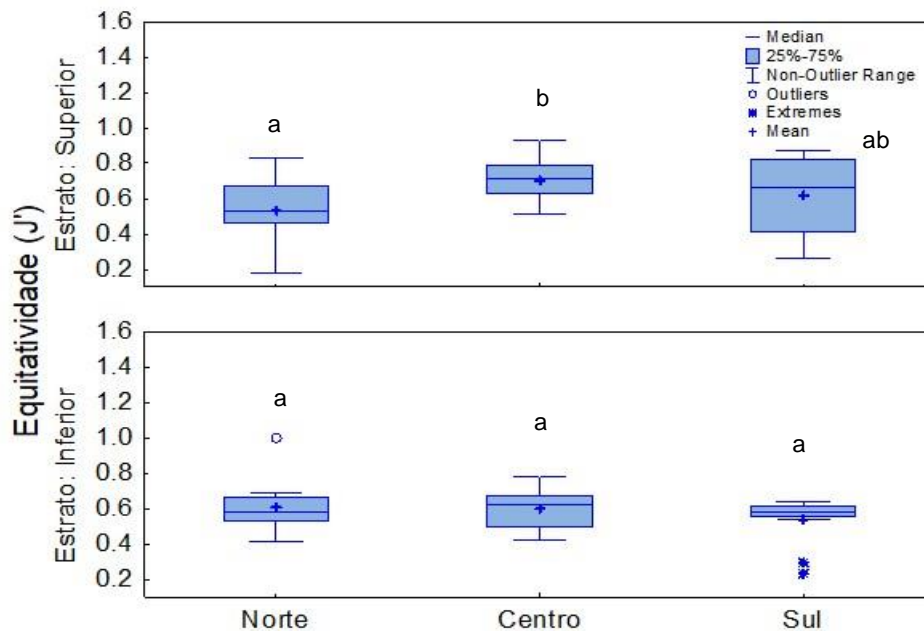


Figura IV.8.3.1.2-3 – Distribuição da equitatividade de Pielou (J') do zoonêuston obtida ao longo das áreas Norte, Centro e Sul da Plataforma Continental. Letras diferentes conotam diferenças significativas entre áreas dentro de cada estrato (superior e inferior), e letras de cores diferentes conotam diferenças significativas entre os estratos de cada área.

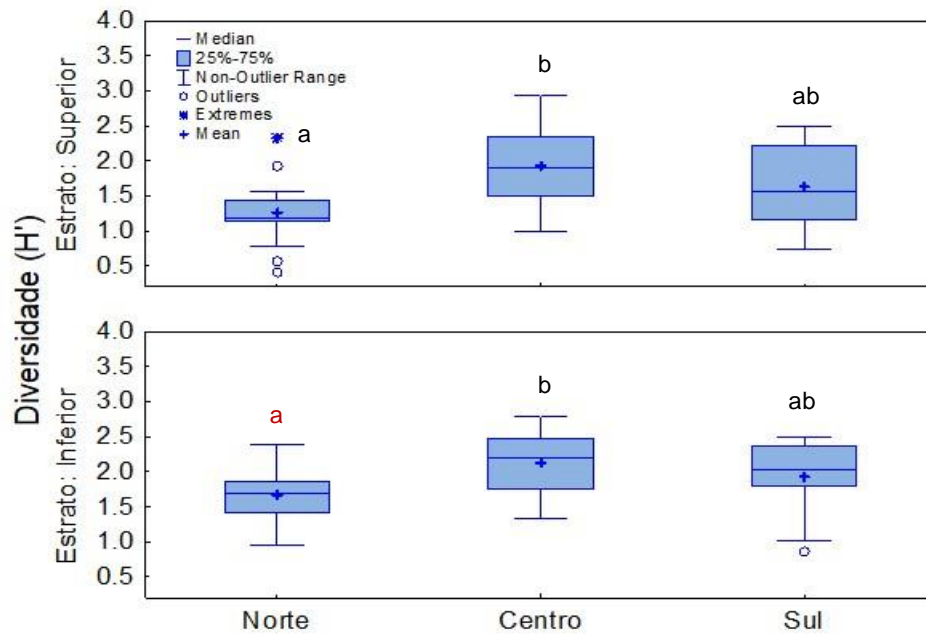


Figura IV.8.3.1.2-4 – Distribuição da diversidade de Shannon (H') do zoonêuston obtida ao longo das áreas Norte, Centro e Sul da Plataforma Continental. Letras diferentes conotam diferenças significativas entre áreas dentro de cada estrato (superior e inferior), e letras de cores diferentes conotam diferenças significativas entre os estratos de cada área.

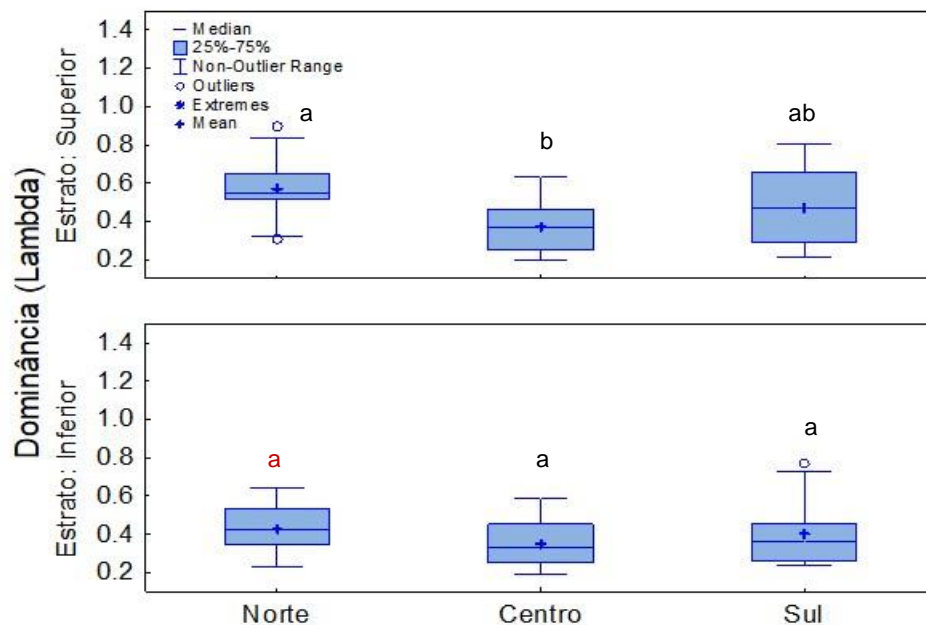


Figura IV.8.3.1.2-5 – Distribuição da dominância de Simpson (Λ) do zoonêuston obtida ao longo das áreas Norte, Centro e Sul da Plataforma Continental. Letras diferentes conotam diferenças significativas entre áreas dentro de cada estrato (superior e inferior), e letras de cores diferentes conotam diferenças significativas entre os estratos de cada área.

A composição taxonômica e densidade das comunidades zooneustônicas diferiu significativamente entre todas as áreas da Plataforma Continental (Tabela IV.8.3.1.2-3). Na Figura IV.8.3.1.2-6 é possível visualizar a separação entre as áreas Norte (pontos vermelhos), Centro (pontos azuis) e Sul (pontos verdes), considerando a similaridade entre as amostras (índice de Bray-Curtis).

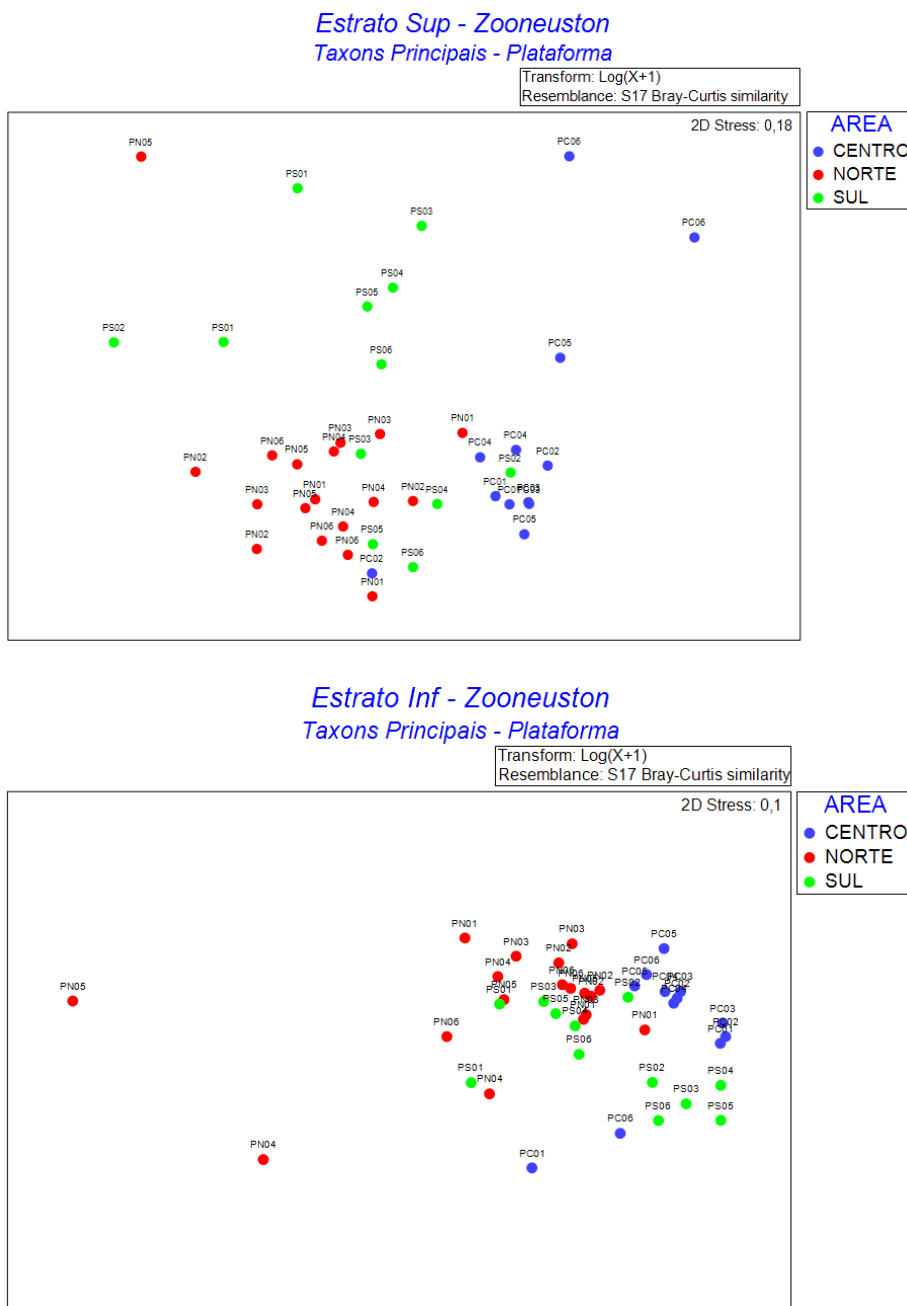


Figura IV.8.3.1.2-6 – NMDS representando a similaridade das amostras em relação à composição e densidade dos táxons principais do zoonêuston (índice Bray-Curtis) nos estratos superior e inferior da Plataforma Continental, com destaque para as áreas (Norte, Centro e Sul).

As densidades médias dos táxons de zoonêuston registrados nos estratos superior e inferior durante este estudo nas áreas Norte, Centro e Sul da Plataforma Continental estão detalhados no Anexo IV.8.7-3. Os táxons principais que contribuíram para as diferenças observadas entre áreas e estratos foram Copepoda, Salpida, Hydrozoa, Chaetognatha, Doliolida, Luciferidae, Siphonophorae e Palaemonidae (Tabela IV.8.3.1.2-3).

No estrato superior do zoonêuston, Copepoda foi o táxon mais abundante em todas as áreas da Plataforma Continental. Entretanto, menores densidades desse táxon foram observadas na área Centro. Salpida e Siphonophorae foram mais abundantes na área Centro que nas áreas Norte e Sul. Chaetognatha ocorreu com densidade elevada na área Sul, sendo menos abundante na área Norte. Padrão espacial contrário a este foi observado para as densidades de Doliolida. Palaemonidae não ocorreu na área Centro e foi mais abundante na área Sul.

No estrato inferior, Copepoda foi o táxon mais abundante nas áreas Norte e Sul, enquanto Salpida predominou na área Centro. Hydrozoa ocorreu nas três áreas, com aumento das densidades no sentido Norte–Sul. Doliolida, Siphonophorae e Palaemonidae ocorreram com densidades elevadas na área Centro, sendo os dois primeiros menos abundantes na área Sul, enquanto Palaemonidae foi menos abundante na área Norte.

Nas áreas Norte, Centro e Sul da Plataforma Continental, as densidades de Copepoda, Salpida, Hydrozoa, Chaetognatha, Doliolida, Luciferidae, Siphonophorae e Palaemonidae foram maiores no estrato inferior do zoonêuston quando comparados ao estrato superior (Anexo IV.8.7-3). Os resultados das análises PERMANOVA realizadas com os dados de composição taxonômica do zoonêuston, densidade, riqueza (S), equitatividade de Pielou (J'), diversidade de Shannon (H') e dominância de Simpson (Lambda) obtidos durante este estudo nas áreas Norte, Centro e Sul da Plataforma Continental estão detalhados no Anexo IV.8.7-4.

Tabela IV.8.3.1.2-3 – Contribuição (%) dos táxons principais do zoonêuston coletados para as diferenças entre as áreas Norte, Centro e Sul da Plataforma Continental. Em negrito, valores de $p < 0,05$.

Táxon	Contribuição (%)	Táxon	Contribuição (%)	Táxon	Contribuição (%)
Norte x Sul			Superior x Inferior		
Superior		Inferior		Norte	
(t = 1,89, p = 0,020)		(t = 1,99, p = 0,009)		(t = 1,99, p = 0,012)	
Doliolida	19,93	Hydrozoa	17,85	Doliolida	24,41
Copepoda	16,17	Doliolida	15,25	Chaetognatha	20,41
Chaetognatha	15,08	Chaetognatha	13,53	Siphonophorae	18,29
Siphonophorae	13,72	Siphonophorae	12,68	Hydrozoa	14,18
		Salpida	11,43		
Centro x Norte			Superior x Inferior		
Superior		Inferior		Centro	
(t = 3,61, p = 0,001)		(t = 3,21, p = 0,001)		(t = 3,37, p = 0,001)	
Salpida	31,27	Salpida	30,46	Siphonophorae	15,45
Siphonophorae	14,86	Siphonophorae	14,93	Doliolida	14,36
Doliolida	12,47	Hydrozoa	12,23	Chaetognatha	13,40
Copepoda	12,30	Chaetognatha	9,33	Hydrozoa	12,31
Sul x Centro			Superior x Inferior		
Superior		Inferior		Sul	
(t = 2,45, p = 0,003)		(t = 2,28, p = 0,006)		(t = 2,48, p = 0,002)	
Siphonophorae	14,39	Salpida	25,89	Hydrozoa	15,78
Hydrozoa	12,23	Hydrozoa	14,02	Chaetognatha	15,21
Chaetognatha	11,47	Siphonophorae	13,37	Copepoda	13,60
		Luciferidae	12,92	Siphonophorae	13,04
				Luciferidae	12,57

IV.8.3.1.3 – Ictionêuston – rede superior e inferior

Ao longo do estudo, foram registrados 5 táxons de ictionêuston na área Norte, 15 na área Centro e 14 na área Sul da Plataforma Continental. Os valores médios, de medianas, mínimo e máximo e desvio padrão de densidade de ovos e larvas de peixes e índices ecológicos obtidos nessas três áreas são apresentados na Tabela IV.8.3.1.3-1 (estrato superior do ictionêuston) e na Tabela IV.8.3.1.3-2 (estrato inferior).

Tabela IV.8.3.1.3-1 – Número de amostras (N) e valores de densidade de ovos e larvas de peixes (ind. 1000 m⁻²), riqueza (S), equitatividade de Pielou (J), diversidade de Shannon (H') e dominância de Simpson (Lambda) do estrato superior do ictionêuston obtidos nas áreas Norte, Centro e Sul da Plataforma Continental.

Área	Parâmetros	N	Média	Mediana	Mín.	Máx.	Desv. Padrão
Norte	Densidade de ovos	18	1,30	0,00	0,00	6,12	1,72
	Densidade de larvas	18	2,22	2,38	0,00	9,22	2,36
	Riqueza (S)	18	0,72	1,00	0,00	2,00	0,57
	Equitatividade (J')	1	0,81	0,81	0,81	0,81	
	Diversidade (H')	18	0,05	0,00	0,00	0,81	0,19
	Dominância (Lambda)	12	0,97	1,00	0,63	1,00	0,11
Centro	Densidade de ovos	12	0,46	0,00	0,00	2,75	1,07
	Densidade de larvas	12	0,68	0,00	0,00	2,75	1,24
	Riqueza (S)	12	0,25	0,00	0,00	1,00	0,45
	Equitatividade (J')	0					
	Diversidade (H')	12	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	Dominância (Lambda)	3	1,00	1,00	1,00	1,00	0,00
Sul	Densidade de ovos	12	1,45	0,00	0,00	7,26	2,21
	Densidade de larvas	12	1,82	1,01	0,00	9,68	2,77
	Riqueza (S)	12	0,58	0,50	0,00	2,00	0,67
	Equitatividade (J')	1	0,81	0,81	0,81	0,81	
	Diversidade (H')	12	0,07	0,00	0,00	0,81	0,23
	Dominância (Lambda)	6	0,94	1,00	0,63	1,00	0,15

Tabela IV.8.3.1.3-2 – Número de amostras (N) e valores de densidade de ovos e larvas de peixes (ind. 1000 m⁻²), riqueza (S), equitatividade de Pielou (J), diversidade de Shannon (H') e dominância de Simpson (Lambda) do estrato inferior do ictionêuston obtidos nas áreas Norte, Centro e Sul da Plataforma Continental.

Área	Parâmetros	N	Média	Mediana	Mín.	Máx.	Desv. Padrão
Norte	Densidade de ovos	18	8,99	8,45	0,00	36,70	9,47
	Densidade de larvas	18	9,54	8,45	0,00	36,70	9,72
	Riqueza (S)	18	0,94	1,00	0,00	3,00	0,73
	Equitatividade (J')	2	0,77	0,77	0,55	1,00	0,32
	Diversidade (H')	18	0,10	0,00	0,00	1,00	0,30
	Dominância (Lambda)	14	0,94	1,00	0,50	1,00	0,15
Centro	Densidade de ovos	12	7,43	6,49	0,00	23,06	6,66
	Densidade de larvas	12	13,10	9,94	3,09	41,26	10,74
	Riqueza (S)	12	2,42	1,00	1,00	10,00	2,57
	Equitatividade (J')	5	0,92	0,94	0,79	1,00	0,09
	Diversidade (H')	12	0,74	0,00	0,00	3,11	1,02
	Dominância (Lambda)	12	0,73	1,00	0,14	1,00	0,35
Sul	Densidade de ovos	12	29,02	6,43	0,00	150,01	46,69
	Densidade de larvas	12	31,36	7,55	0,00	157,27	48,59
	Riqueza (S)	12	1,75	1,50	0,00	4,00	1,36
	Equitatividade (J')	6	0,48	0,43	0,17	0,92	0,32
	Diversidade (H')	12	0,32	0,10	0,00	1,21	0,42
	Dominância (Lambda)	10	0,85	0,93	0,56	1,00	0,18

As densidades médias de ovos e larvas de peixes tanto no estrato superior quanto inferior do ictionêuston não foram estatisticamente diferentes entre as áreas da Plataforma Continental (densidade de ovos: $t < 1,52$, $p > 0,132$; densidade de larvas: $t < 2,07$, $p > 0,051$). Quanto às diferenças entre estratos, estas foram estatisticamente significativas nas áreas Norte e Centro, com o estrato inferior apresentando as maiores densidades médias de ovos (Norte: $t = 3,39$, $p = 0,004$; Centro: $t = 3,58$, $p = 0,003$) e larvas de peixes (Norte: $t = 3,10$, $p = 0,005$; Centro: $t = 3,98$, $p = 0,002$; Figuras IV.8.3.1.3-1 e IV.8.3.1.3-2).

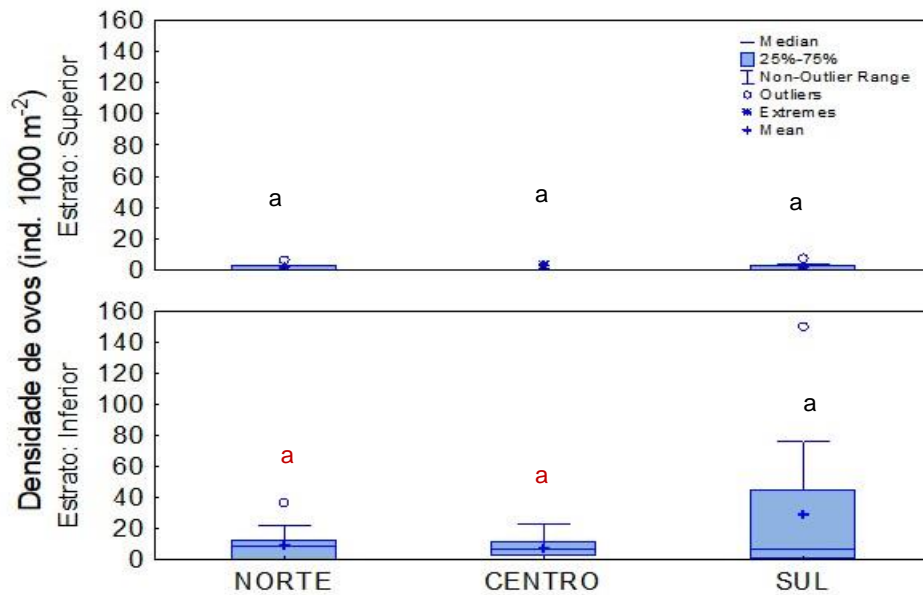


Figura IV.8.3.1.3-1 – Distribuição da densidade de ovos do ictionêuston (ind. 1000 m²) obtida ao longo das áreas Norte, Centro e Sul da Plataforma Continental. Letras diferentes conotam diferenças significativas entre áreas dentro de cada estrato (superior e inferior), e letras de cores diferentes conotam diferenças significativas entre os estratos de cada área.

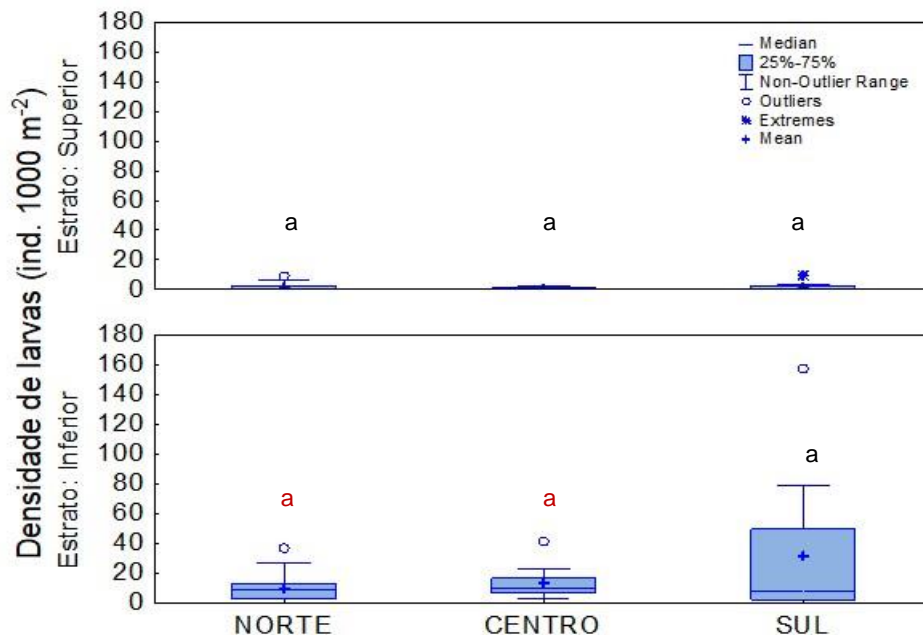


Figura IV.8.3.1.3-2 – Distribuição da densidade de larvas do ictionêuston (ind. 1000 m²) obtida ao longo das áreas Norte, Centro e Sul da Plataforma Continental. Letras diferentes conotam diferenças significativas entre áreas dentro de cada estrato (superior e inferior), e letras de cores diferentes conotam diferenças significativas entre os estratos de cada área.

Diferenças significativas também foram observadas na riqueza (Figura IV.8.3.1.3-3), equitatividade (Figura IV.8.3.1.3-4) e diversidade (Figura IV.8.3.1.3-5). No estrato superior, a área Norte apresentou maior riqueza ($t = 2,39$, $p = 0,021$) que a área Centro da Plataforma Continental. No estrato inferior, a área Norte apresentou menor riqueza que as áreas Centro ($t = 2,31$, $p = 0,023$) e Sul ($t = 2,12$, $p = 0,045$), e menor diversidade que a área Centro ($t = 2,50$, $p = 0,021$). Neste mesmo estrato, foi observada ainda uma menor equitatividade na área Sul, quando comparada à área Centro ($t = 4,17$, $p = 0,040$). Quando comparados os valores de riqueza entre os dois estratos, verificou-se que o estrato inferior apresentou valores significativamente maiores que o estrato superior nas áreas Centro ($t = 2,87$, $p = 0,006$) e Sul ($t = 2,67$, $p = 0,020$). As análises estatísticas indicaram, ainda, na área Centro, uma maior equitatividade no estrato inferior quando comparado ao estrato superior ($t = 2,50$, $p = 0,017$). Entretanto, no estrato superior da área Centro, não foi possível estimar os valores de equitatividade devido ao grande número de amostras zeradas.

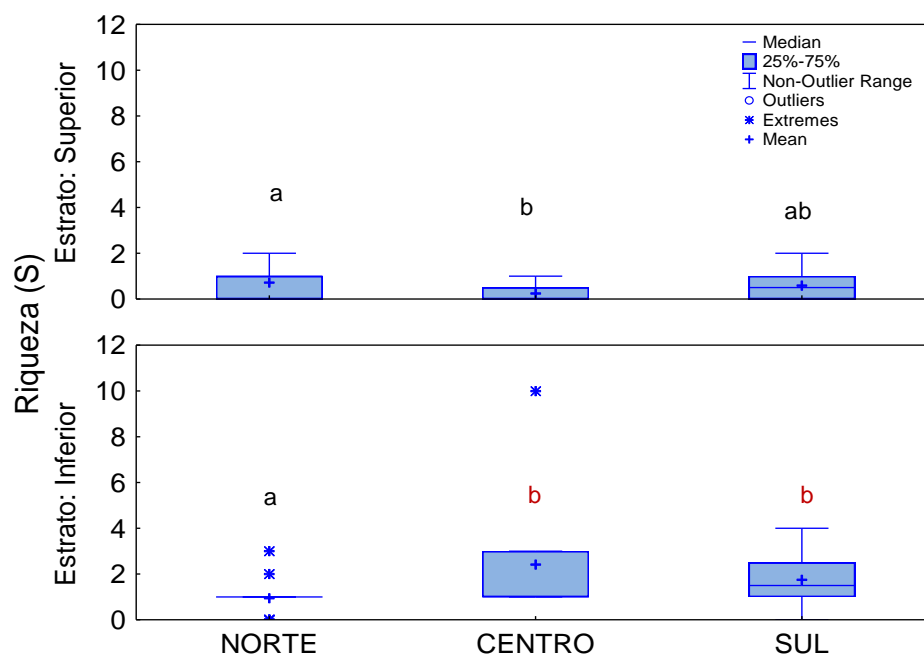


Figura IV.8.3.1.3-3 – Distribuição da riqueza (S) do ictionêuston obtida ao longo das áreas Norte, Centro e Sul da Plataforma Continental. Letras diferentes conotam diferenças significativas entre áreas dentro de cada estrato (superior e inferior), e letras de cores diferentes conotam diferenças significativas entre os estratos de cada área.

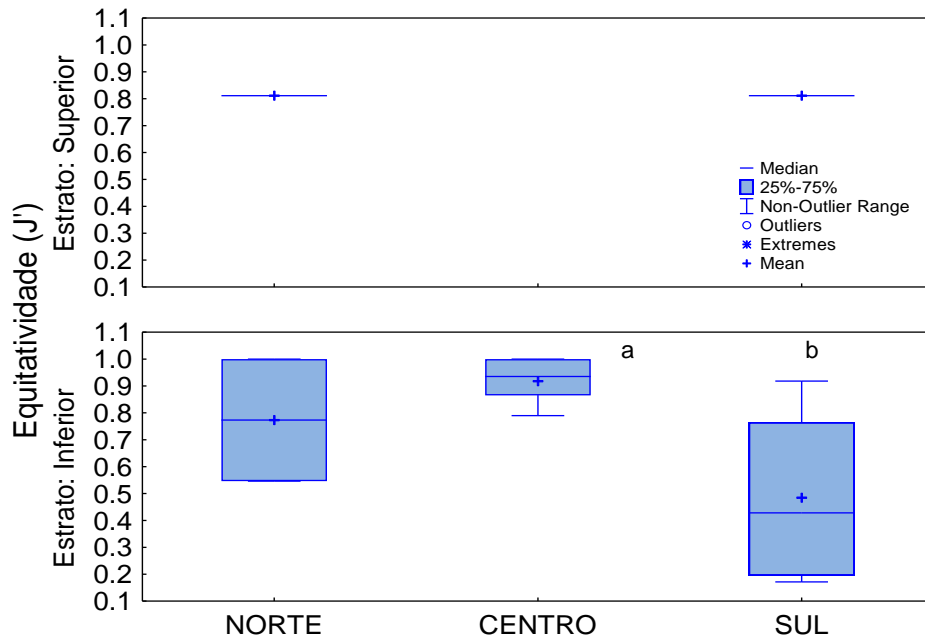


Figura IV.8.3.1.3-4 – Distribuição da equitatividade de Pielou (J') do ictionêuston obtida ao longo das áreas Norte, Centro e Sul da Plataforma Continental. Letras diferentes conotam diferenças significativas entre áreas dentro de cada estrato (superior e inferior), e letras de cores diferentes conotam diferenças significativas entre os estratos de cada área.

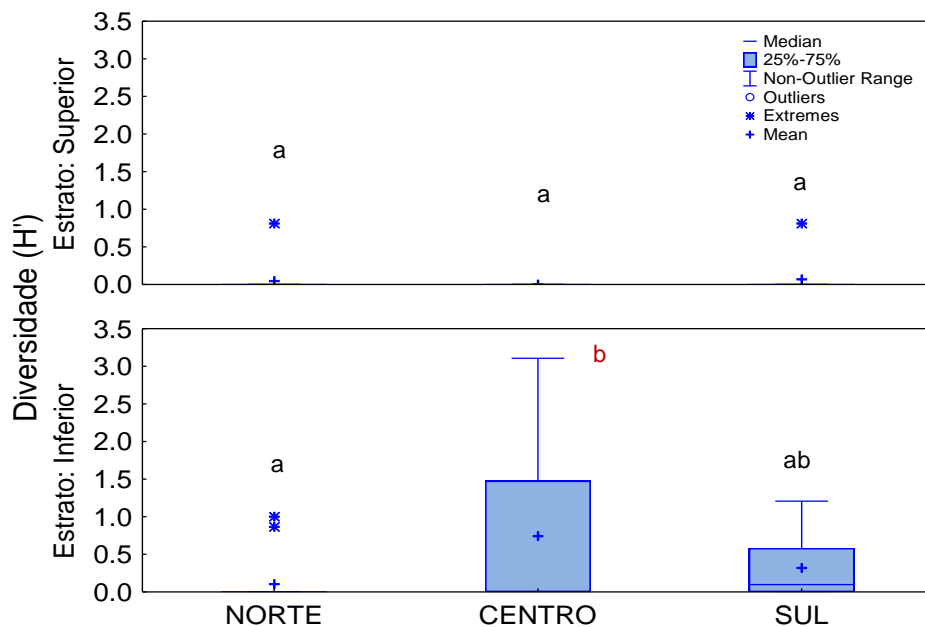


Figura IV.8.3.1.3-5 – Distribuição da diversidade de Shannon (H') do ictionêuston obtida ao longo das áreas Norte, Centro e Sul da Plataforma Continental. Letras diferentes conotam diferenças significativas entre áreas dentro de cada estrato (superior e inferior), e letras de cores diferentes conotam diferenças significativas entre os estratos de cada área.

A composição taxonômica e densidade das comunidades ictioneustônicas não diferiu significativamente entre as áreas e estratos da Plataforma Continental ($t < 1,68$, $p > 0,055$; Figura IV.8.3.1.3-6). As densidades médias dos táxons de ictionêuston registrados nos estratos superior e inferior durante este estudo nas áreas Norte, Centro e Sul da Plataforma Continental (Anexo IV.8.7-5).

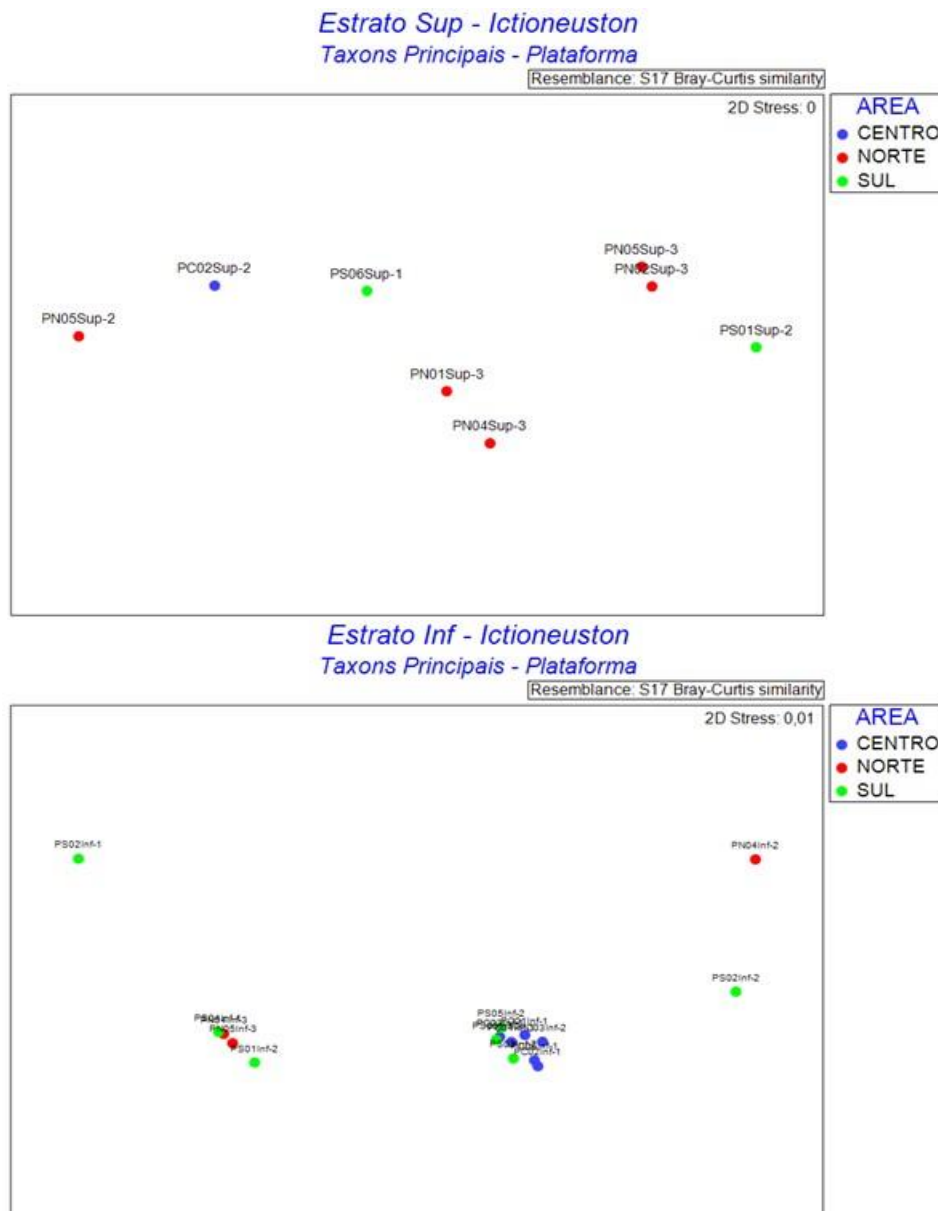


Figura IV.8.3.1.3-6 – NMDS representando a similaridade das amostras em relação à composição e densidade dos táxons principais do ictionêuston (índice Bray-Curtis) nos estratos superior e inferior da Plataforma Continental, com destaque para as áreas (Norte, Centro e Sul).

Os resultados das análises PERMANOVA realizadas com os dados de composição taxonômica do ictionêuston, densidade, riqueza (S), equitatividade de Pielou (J'), diversidade de Shannon (H') e dominância de Simpson (Lambda) obtidos durante este estudo nas áreas Norte, Centro e Sul da Plataforma Continental estão detalhados no Anexo IV.8.7-6. Os resultados das análises univariadas com os dados de ovos de peixes podem ser observados no Anexo IV.8.7-13.

IV.8.3.2 – Áreas Sul, Centro e Norte do Talude

IV.8.3.2.1 – Biomassa do nêuston – rede superior e inferior

Os valores médios, das medianas, mínimo e máximo e desvio padrão de biomassa do nêuston superior e inferior obtidos nas áreas Norte, Centro e Sul do Talude são apresentados na Tabela IV.8.3.2.1-1.

Tabela IV.8.3.2.1-1 – Número de amostras (N) e valores de biomassa (g. 100 m²) do estrato superior e inferior do nêuston obtidos nas áreas Norte, Centro e Sul do Talude.

Estrato	Área	N	Média	Mediana	Mín.	Máx.	Desv. Padrão
Superior	Norte	18	0,31	0,14	0,05	1,87	0,52
	Centro	18	0,13	0,13	0,04	0,24	0,05
	Sul	6	0,11	0,11	0,09	0,13	0,01
Inferior	Norte	18	0,39	0,28	0,12	1,96	0,43
	Centro	18	0,32	0,26	0,08	0,95	0,21
	Sul	6	0,18	0,15	0,08	0,41	0,11

Os valores médios de biomassa do estrato superior e inferior do nêuston não foram estatisticamente diferentes entre as áreas do Talude ($t < 1,50$, $p > 0,148$). Entretanto, na área Centro, o estrato inferior apresentou valores médios significativamente maiores que o estrato superior ($t = 3,75$, $p = 0,002$; Figura IV.8.3.2.1-1).

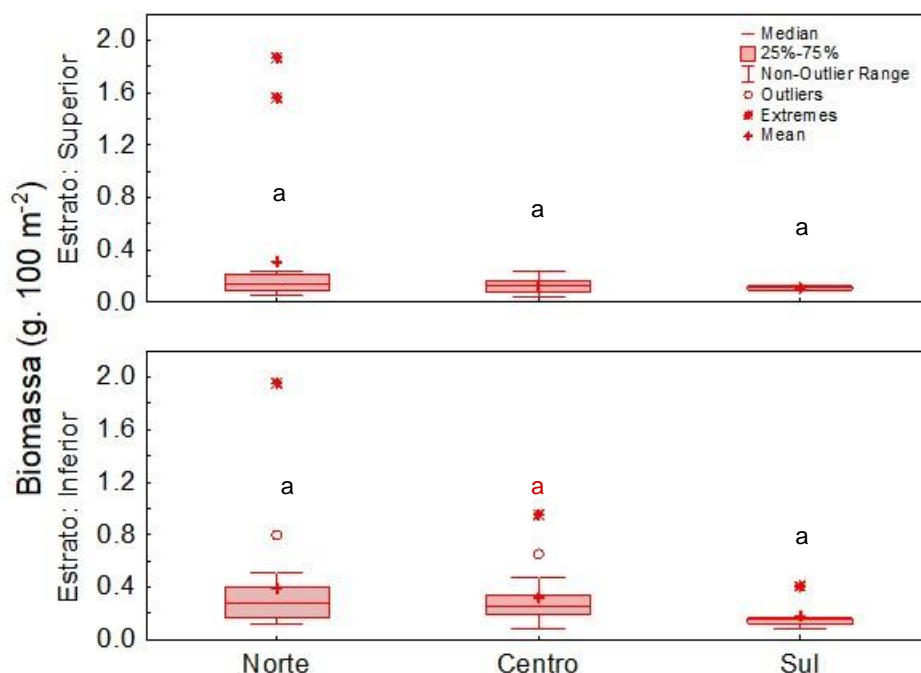


Figura IV.8.3.2.1-1 – Distribuição da biomassa (g. 100 m²) obtida ao longo das áreas Norte, Centro e Sul do Talude. Letras diferentes conotam diferenças significativas entre áreas dentro de cada estrato (superior e inferior), e letras de cores diferentes conotam diferenças significativas entre os estratos de cada área.

Os resultados das análises univariadas da biomassa do nêuston podem ser observados no Anexo IV.8.7-2.

IV.8.3.2.2 – Zoonêuston – rede superior e inferior

Neste estudo, foram registrados 34 táxons de zoonêuston na área Norte, 32 na área Centro e 18 na área Sul do Talude. Os valores médios, das medianas, mínimo e máximo e desvio padrão de densidade e índices ecológicos obtidos nessas três áreas são apresentados na Tabela IV.8.3.2.2-1 (estrato superior do zoonêuston) e na Tabela IV.8.3.2.2-2 (estrato inferior).

Tabela IV.8.3.2.2-1 – Número de amostras (N) e valores de densidade de zoonêuston (ind. 1000 m⁻²), riqueza (S), equitatividade de Pielou (J'), diversidade de Shannon (H') e dominância de Simpson (Lambda) da interface superior do zoonêuston obtidos nas áreas Norte, Centro e Sul do Talude.

Área	Parâmetros	N	Média	Mediana	Mín.	Máx.	Desv. Padrão
Norte	Densidade	18	190,02	134,17	5,34	473,10	158,04
	Riqueza (S)	18	7,06	6,00	1,00	15,00	3,92
	Equitatividade (J')	17	0,52	0,50	0,12	0,82	0,19
	Diversidade (H')	18	1,28	1,32	0,00	2,61	0,66
	Dominância (Lambda)	18	0,59	0,61	0,29	1,00	0,20
Centro	Densidade	18	751,82	568,60	43,27	2333,12	666,20
	Riqueza (S)	18	9,50	8,50	3,00	16,00	4,06
	Equitatividade (J')	18	0,38	0,35	0,05	0,64	0,20
	Diversidade (H')	18	1,20	1,06	0,12	2,48	0,72
	Dominância (Lambda)	18	0,65	0,71	0,27	0,97	0,22
Sul	Densidade	6	54,99	45,73	11,37	132,10	41,84
	Riqueza (S)	6	5,17	5,00	3,00	9,00	2,04
	Equitatividade (J')	6	0,79	0,77	0,66	0,96	0,11
	Diversidade (H')	6	1,76	1,72	1,52	2,08	0,20
	Dominância (Lambda)	6	0,36	0,35	0,31	0,44	0,05

Tabela IV.8.3.2.2-2 – Número de amostras (N) e valores de densidade de zoonêuston (ind. 1000 m⁻²), riqueza (S), equitatividade de Pielou (J'), diversidade de Shannon (H') e dominância de Simpson (Lambda) da interface inferior do zoonêuston obtidos nas áreas Norte, Centro e Sul do Talude.

Área	Parâmetros	N	Média	Mediana	Mín.	Máx.	Desv. Padrão
Norte	Densidade	18	1043,36	925,36	63,83	2750,34	830,26
	Riqueza (S)	18	12,67	13,00	2,00	19,00	4,46
	Equitatividade (J')	18	0,47	0,46	0,16	0,82	0,17
	Diversidade (H')	18	1,66	1,60	0,25	2,73	0,61
	Dominância (Lambda)	18	0,50	0,49	0,18	0,92	0,20
Centro	Densidade	18	2006,23	1451,93	157,44	6234,00	1766,22
	Riqueza (S)	18	13,72	15,00	6,00	21,00	4,21
	Equitatividade (J')	18	0,41	0,47	0,08	0,64	0,17
	Diversidade (H')	18	1,54	1,65	0,28	2,53	0,68
	Dominância (Lambda)	18	0,56	0,53	0,25	0,94	0,21
Sul	Densidade	6	622,23	406,88	106,86	2032,93	719,67
	Riqueza (S)	6	8,33	8,00	5,00	11,00	2,34
	Equitatividade (J')	6	0,58	0,58	0,45	0,69	0,08
	Diversidade (H')	6	1,73	1,75	1,36	1,98	0,23
	Dominância (Lambda)	6	0,40	0,39	0,33	0,51	0,07

As densidades médias de zoonêuston no estrato superior foram significativamente maiores na área Centro ($t > 2,52$, $p < 0,020$) e menores na área Sul ($t > 2,04$, $p < 0,046$; Figura IV.8.3.2.2-1). No estrato inferior, densidades foram significativamente mais elevadas no Centro que no Norte ($t = 2,09$, $p = 0,045$; Figura IV.8.3.2.2-1). Quanto às diferenças entre estratos, estas foram estatisticamente significativas nas áreas Norte ($t = 4,28$, $p = 0,001$) e Centro ($t = 2,82$, $p = 0,009$), com o estrato superior apresentando as menores densidades médias (Figura IV.8.3.2.2-1).

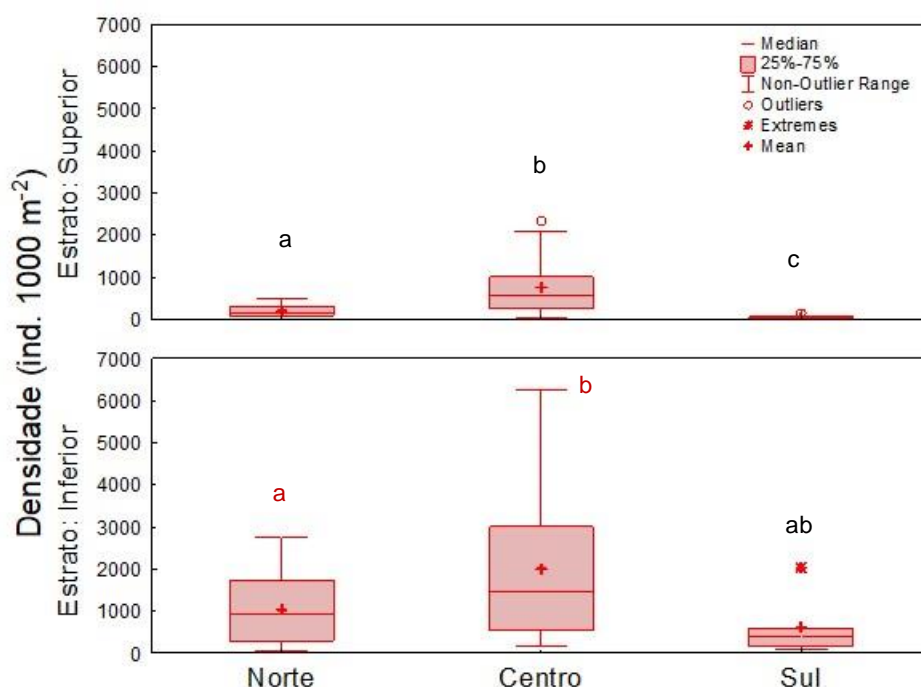


Figura IV.8.3.2.2-1 – Distribuição da densidade de zoonêuston (ind. 1000 m⁻²) obtida ao longo das áreas Norte, Centro e Sul do Talude. Letras diferentes conotam diferenças significativas entre áreas dentro de cada estrato (superior e inferior), e letras de cores diferentes conotam diferenças significativas entre os estratos de cada área.

Diferenças significativas também foram observadas na riqueza (Figura IV.8.3.2.2-2), equitatividade (Figura IV.8.3.2.2-3) e dominância (Figura IV.8.3.2.2-4). No estrato superior, a área Sul apresentou menor riqueza que a área Centro ($t = 2,48$, $p = 0,020$), maior equitatividade ($t > 3,45$, $p < 0,007$) e menor dominância ($t > 2,84$, $p < 0,008$) que as áreas Norte e Centro. No estrato inferior, a área Sul apresentou menor riqueza que as áreas Centro ($t = 2,96$, $p = 0,009$) e Norte ($t =$

2,26, $p = 0,036$), e maior equitatividade que a área Centro ($t = 2,29$, $p = 0,030$). Quando comparados os valores de riqueza entre os dois estratos, observou-se que o estrato superior do zoonêuston apresentou valores significativamente menores em todas as áreas ($t > 2,50$, $p < 0,030$) do Talude. Na área Sul, foi ainda observada uma maior equitatividade no estrato superior quando comparado ao estrato inferior ($t = 3,72$, $p = 0,008$).

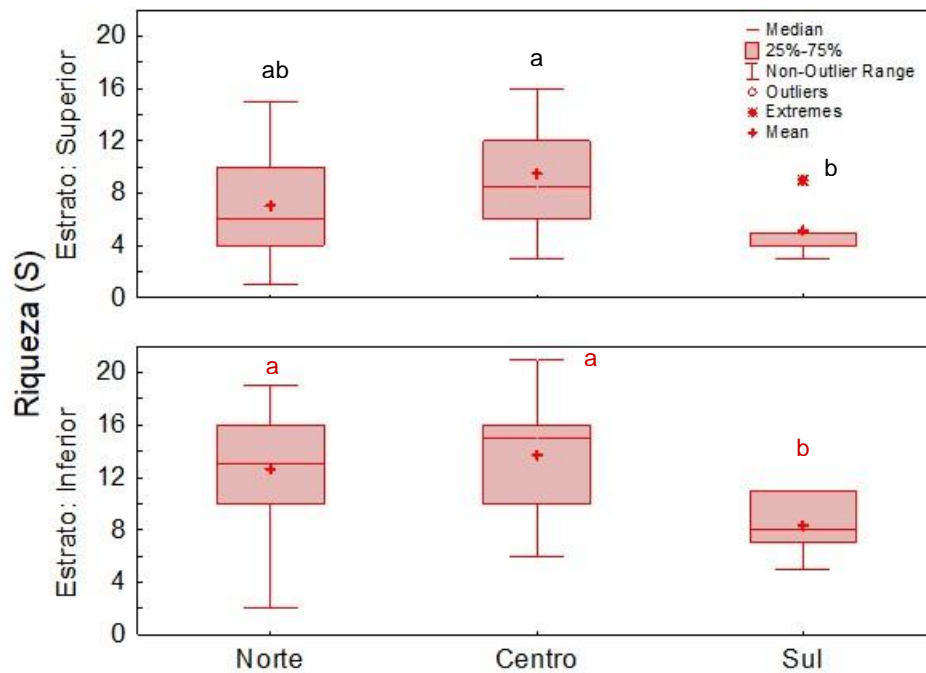


Figura IV.8.3.2.2-2 – Distribuição da riqueza (S) do zoonêuston obtida ao longo das áreas Norte, Centro e Sul do Talude. Letras diferentes conotam diferenças significativas entre áreas dentro de cada estrato (superior e inferior), e letras de cores diferentes conotam diferenças significativas entre os estratos de cada área.

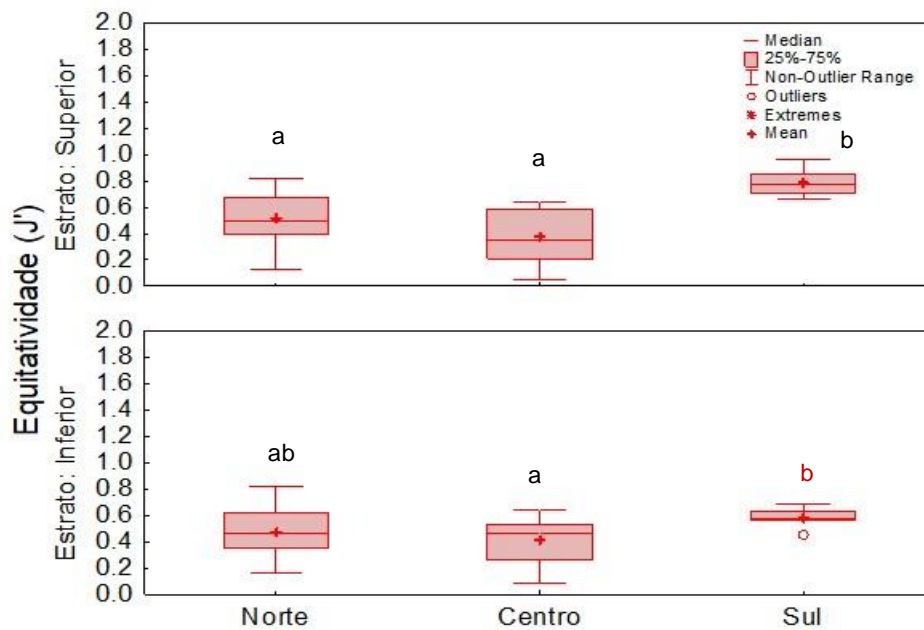


Figura IV.8.3.2.2-3 – Distribuição da equitatividade de Pielou (J') do zoonêuston obtida ao longo das áreas Norte, Centro e Sul do Talude. Letras diferentes conotam diferenças significativas entre áreas dentro de cada estrato (superior e inferior), e letras de cores diferentes conotam diferenças significativas entre os estratos de cada área.

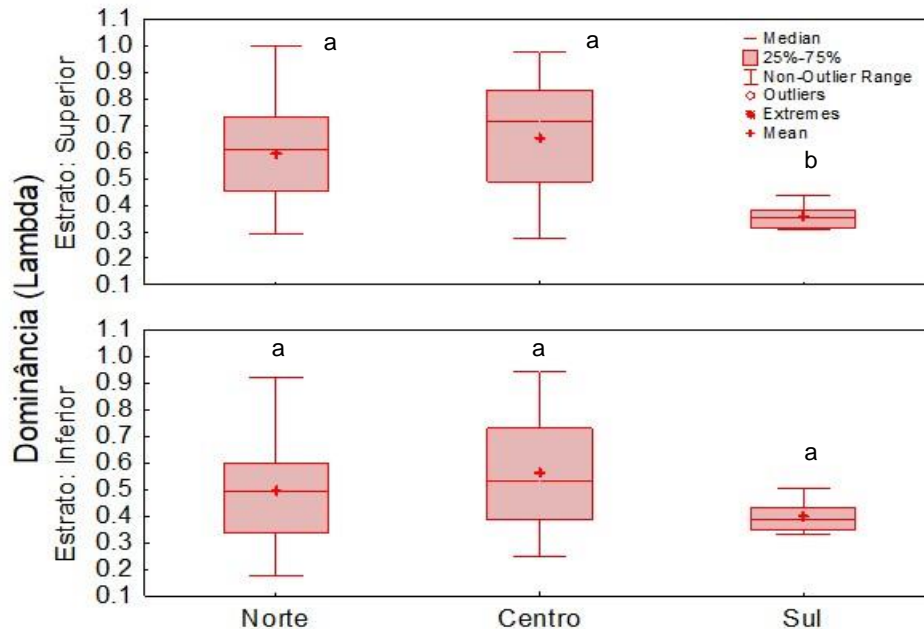


Figura IV.8.3.2.2-4 – Distribuição da dominância de Simpson (Lambda) do zoonêuston obtida ao longo das áreas Norte, Centro e Sul do Talude. Letras diferentes conotam diferenças significativas entre áreas dentro de cada estrato (superior e inferior), e letras de cores diferentes conotam diferenças significativas entre os estratos de cada área.

A composição taxonômica e densidade das comunidades zooneustônicas diferiu significativamente entre as áreas Centro e Sul do Talude (Tabela IV.8.3.2.2-3), tanto no estrato superior quanto no inferior. Na Figura IV.8.3.2.2-5 é possível visualizar tal diferença, visto que há uma distinção entre a localização das nuvens de pontos das áreas Centro (pontos azuis) e Sul (pontos verdes), considerando a similaridade entre as amostras (índice de Bray-Curtis).

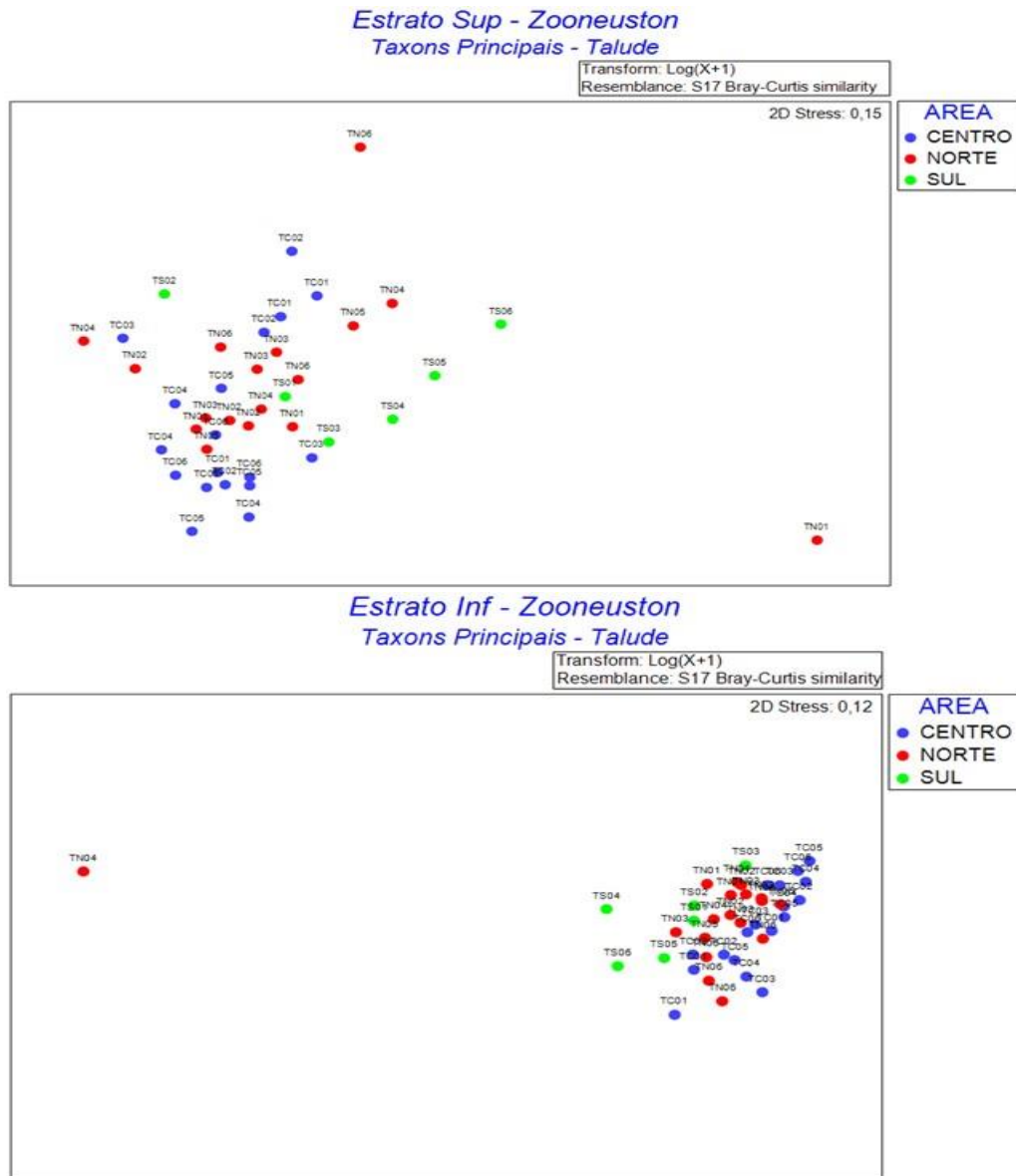


Figura IV.8.3.2.2-5 – NMDS representando a similaridade das amostras em relação à composição e densidade dos táxons do zoonêuston (índice Bray-Curtis) nos estratos superior e inferior do Talude, com destaque para as áreas (Norte, Centro e Sul).

As densidades médias dos táxons de zoonêuston registrados nos estratos superior e inferior durante este estudo nas áreas Norte, Centro e Sul do Talude estão detalhados no Anexo IV.8.7-7. Os táxons principais que contribuíram para as diferenças observadas entre áreas e estratos foram Copepoda, Salpida, Hydrozoa, Chaetognatha, Doliolida, Siphonophorae e Palaemonidae (Tabela IV.8.3.2.2-3).

No estrato superior do zoonêuston, maiores densidades de Copepoda, Salpida e Chaetognatha foram observadas na área Centro e menores na área Sul, enquanto Palaemonidae foi mais abundante na área Sul que no Centro. No estrato inferior, maiores densidades de Copepoda, Salpida e Hydrozoa ocorreram na área Centro e as menores, na área Sul. Siphonophorae e Palaemonidae foram mais abundantes no Sul que no Centro.

Nas áreas Norte, Centro e Sul do Talude, as densidades de Copepoda, Salpida, Hydrozoa, Chaetognatha, Doliolida, Siphonophorae e Palaemonidae foram maiores no estrato inferior do zoonêuston quando comparados ao estrato superior (Anexo IV.8.7-7). Os resultados das análises PERMANOVA realizadas com os dados de composição taxonômica do zoonêuston, densidade, riqueza (S), equitatividade de Pielou (J'), diversidade de Shannon (H') e dominância de Simpson (Lambda) obtidos durante este estudo nas áreas Norte, Centro e Sul do Talude estão detalhados no Anexo IV.8.7-8.

Tabela IV.8.3.2.2-3 – Contribuição (%) dos táxons principais do zoonêuston coletados para as diferenças entre as áreas Norte, Centro e Sul do Talude. Em negrito, valores de $p < 0,05$.

Táxon	Contribuição (%)	Táxon	Contribuição (%)	Táxon	Contribuição (%)
Norte x Sul			Superior x Inferior		
Superior (t = 1,03, p = 0,349)		Inferior (t = 1,40, p = 0,121)		Norte (t = 2,71, p = 0,001)	
Copepoda	25,36	Siphonophorae	18,63	Chaetognatha	20,25
Chaetognatha	20,02	Palaemonidae	18,37	Copepoda	19,80
Siphonophorae	15,04	Hydrozoa	17,11	Siphonophorae	17,53
		Copepoda	15,78	Doliolida	13,39
		Doliolida	14,28		
Centro x Norte			Superior x Inferior		
Superior (t = 1,45, p = 0,086)		Inferior (t = 1,37, p = 0,129)		Centro (t = 2,29, p = 0,009)	
Copepoda	24,27	Salpida	16,44	Salpida	15,86
Chaetognatha	15,98	Copepoda	16,33	Hydrozoa	15,69
Salpida	13,80	Doliolida	13,49	Siphonophorae	15,58
Doliolida	12,09	Siphonophorae	13,04	Chaetognatha	13,60
Sul x Centro			Superior x Inferior		
Superior (t = 2,33, p = 0,001)		Inferior (t = 2,16, p = 0,017)		Sul (t = 1,95, p = 0,040)	
Salpida	13,27	Hydrozoa	16,85	Copepoda	22,03
Chaetognatha	12,58	Salpida	16,48	Palaemonidae	18,02
Palaemonidae	11,94	Palaemonidae	15,91		
		Siphonophorae	14,05		
		Copepoda	12,83		

IV.8.3.2.2 – Ictionêuston – rede superior e inferior

Neste estudo, foram registrados 18 táxons de ictionêuston na área Norte, 23 na área Centro e 1 na área Sul do Talude. Os valores médios, das medianas, mínimo e máximo e desvio padrão de densidade de ovos e larvas de peixes e índices ecológicos obtidos nessas três áreas são apresentados na Tabela IV.8.3.2.2-1 (estrato superior do ictionêuston) e na Tabela IV.8.3.2.2-2 (estrato inferior).

Tabela IV.8.3.2.2-1 – Número de amostras (N) e valores de densidade de ovos e larvas de peixes (ind. 1000 m⁻²), riqueza (S), equitatividade de Pielou (J'), diversidade de Shannon (H') e dominância de Simpson (Lambda) do estrato superior do ictionêuston obtidos nas áreas Norte, Centro e Sul do Talude.

Área	Parâmetros	N	Média	Mediana	Mín.	Máx.	Desv. Padrão
Norte	Densidade de ovos	18	0,97	0,00	0,00	10,01	2,45
	Densidade de larvas	18	2,24	0,00	0,00	10,64	3,49
	Riqueza (S)	18	0,72	0,00	0,00	4,00	1,13
	Equitatividade (J')	2	1,00	1,00	1,00	1,00	0,00
	Diversidade (H')	18	0,20	0,00	0,00	2,00	0,58
	Dominância (Lambda)	8	0,82	1,00	0,25	1,00	0,33
Centro	Densidade de ovos	18	4,04	2,13	0,00	26,25	6,04
	Densidade de larvas	18	5,49	3,91	0,00	28,00	6,18
	Riqueza (S)	18	1,44	1,00	0,00	3,00	0,78
	Equitatividade (J')	7	0,86	0,95	0,34	1,00	0,24
	Diversidade (H')	18	0,40	0,00	0,00	1,58	0,57
	Dominância (Lambda)	17	0,81	1,00	0,33	1,00	0,26
Sul	Densidade de ovos	6	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	Densidade de larvas	6	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	Riqueza (S)	6	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	Equitatividade (J')	0					
	Diversidade (H')	6	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	Dominância (Lambda)	0					

Tabela IV.8.3.2.2-2 – Número de amostras (N) e valores de densidade de ovos e larvas de peixes (ind. 1000 m⁻²), riqueza (S), equitatividade de Pielou (J), diversidade de Shannon (H') e dominância de Simpson (Lambda) do estrato inferior do ictionêuston obtidos nas áreas Norte, Centro e Sul do Talude.

Área	Parâmetros	N	Média	Mediana	Mín.	Máx.	Desv. Padrão
Norte	Densidade de ovos	18	6,92	2,82	0,00	53,97	12,44
	Densidade de larvas	18	9,69	5,17	0,00	61,00	13,98
	Riqueza (S)	18	1,67	1,50	0,00	4,00	1,24
	Equitatividade (J')	9	0,82	0,86	0,35	1,00	0,22
	Diversidade (H')	18	0,53	0,33	0,00	1,92	0,61
	Dominância (Lambda)	15	0,73	0,72	0,28	1,00	0,26
Centro	Densidade de ovos	18	25,83	9,78	0,00	147,01	37,05
	Densidade de larvas	18	29,78	16,98	2,19	155,76	37,25
	Riqueza (S)	18	2,28	2,00	1,00	5,00	1,27
	Equitatividade (J')	12	0,69	0,77	0,23	1,00	0,27
	Diversidade (H')	18	0,69	0,53	0,00	2,05	0,69
	Dominância (Lambda)	18	0,73	0,81	0,28	1,00	0,27
Sul	Densidade de ovos	6	1,13	1,09	0,00	2,37	1,24
	Densidade de larvas	6	2,26	1,00	0,00	4,55	1,44
	Riqueza (S)	6	0,83	2,24	0,00	1,00	0,41
	Equitatividade (J')	0					
	Diversidade (H')	6	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	Dominância (Lambda)	5	1,00	1,00	1,00	1,00	0,00

No estrato superior do ictionêuston, as densidades médias de ovos de peixes não diferiram significativamente entre as áreas do Talude ($t < 1,99$, $p > 0,054$; Figura IV.8.3.2.2-1), enquanto as densidades médias de larvas foram significativamente maiores na área Centro que na área Sul ($t = 2,14$, $p = 0,038$; Figura IV.8.3.2.2-2). No estrato inferior, densidades de ovos e larvas foram significativamente mais elevadas no Centro que no Norte (densidade de ovos: $t = 2,05$, $p = 0,047$; densidade de larvas: $t = 2,14$, $p = 0,044$; Figuras IV.8.3.2.2-1 e IV.8.3.2.2-2). Quando comparados os valores de densidade de ovos entre os dois estratos, verificou-se que o estrato inferior apresentou valores significativamente maiores que o estrato superior na área Centro ($t = 2,46$, $p = 0,014$; Figura IV.8.3.2.2-1). Nas três áreas do Talude, as densidades de larvas de peixes foram mais elevadas no estrato inferior quando comparado ao estrato superior ($t > 2,19$, $p < 0,040$; Figura IV.8.3.2.2-2).

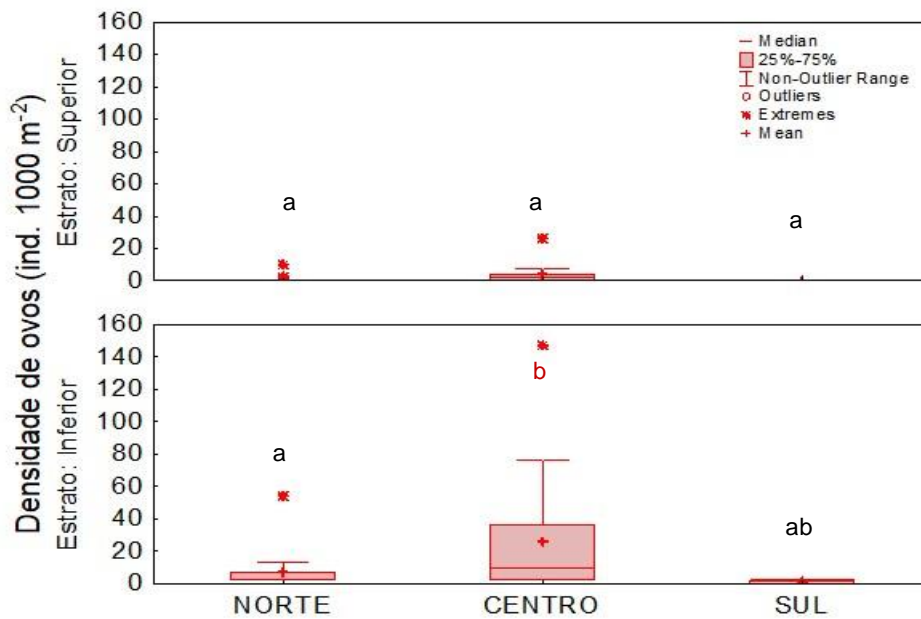


Figura IV.8.3.2.2-1 – Distribuição da densidade de ovos do ictionêuston (ind. 1000 m⁻²) obtida ao longo das áreas Norte, Centro e Sul do Talude. Letras diferentes conotam diferenças significativas entre áreas dentro de cada estrato (superior e inferior), e letras de cores diferentes conotam diferenças significativas entre os estratos de cada área.

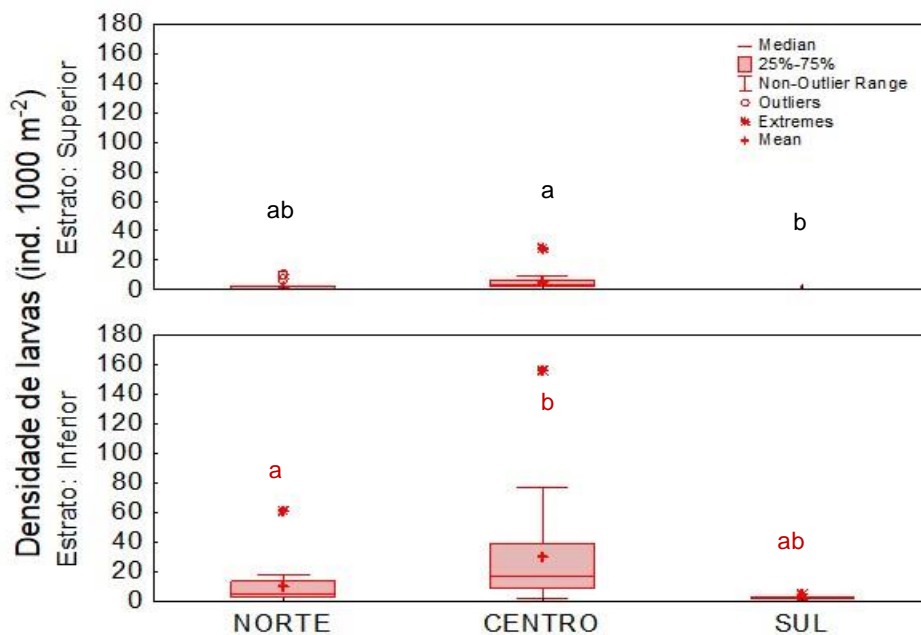


Figura IV.8.3.2.2-2 – Distribuição da densidade de larvas do ictionêuston (ind. 1000 m⁻²) obtida ao longo das áreas Norte, Centro e Sul do Talude. Letras diferentes conotam diferenças significativas entre áreas dentro de cada estrato (superior e inferior), e letras de cores diferentes conotam diferenças significativas entre os estratos de cada área.

Diferenças significativas também foram observadas na riqueza (Figura IV.8.3.2.2-3), diversidade (Figura IV.8.3.2.2-4) e dominância (Figura IV.8.3.2.2-5). No estrato superior, a área Centro apresentou maior riqueza que a área Norte ($t = 2,23$, $p = 0,030$) e Sul ($t = 4,45$, $p = 0,001$). No estrato inferior, a área Centro apresentou maior riqueza que a área Sul ($t = 2,69$, $p = 0,010$). A área Norte ($t = 2,11$, $p = 0,041$) e Centro ($t = 2,40$, $p = 0,031$) apresentaram maior diversidade que a área Sul. Entretanto, na área Sul, não foi possível estimar os valores de diversidade de todas as amostras devido ao grande número de amostras zeradas. A Norte apresentou, ainda, menor dominância que a área Sul ($t = 2,57$, $p = 0,029$). Quando comparados os valores de riqueza entre os dois estratos, observou-se que o estrato superior do nêuston apresentou valores significativamente menores que o estrato inferior em todas as áreas ($t > 2,36$, $p < 0,023$) do Talude.

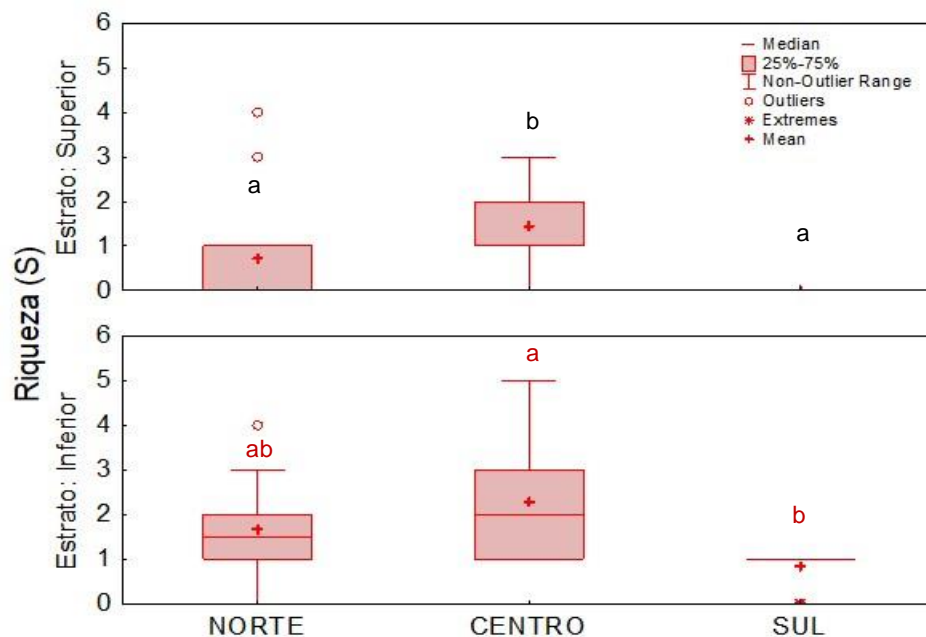


Figura IV.8.3.2.2-3 – Distribuição da riqueza (S) do ictionêuston obtida ao longo das áreas Norte, Centro e Sul do Talude. Letras diferentes conotam diferenças significativas entre áreas dentro de cada estrato (superior e inferior), e letras de cores diferentes conotam diferenças significativas entre os estratos de cada área.

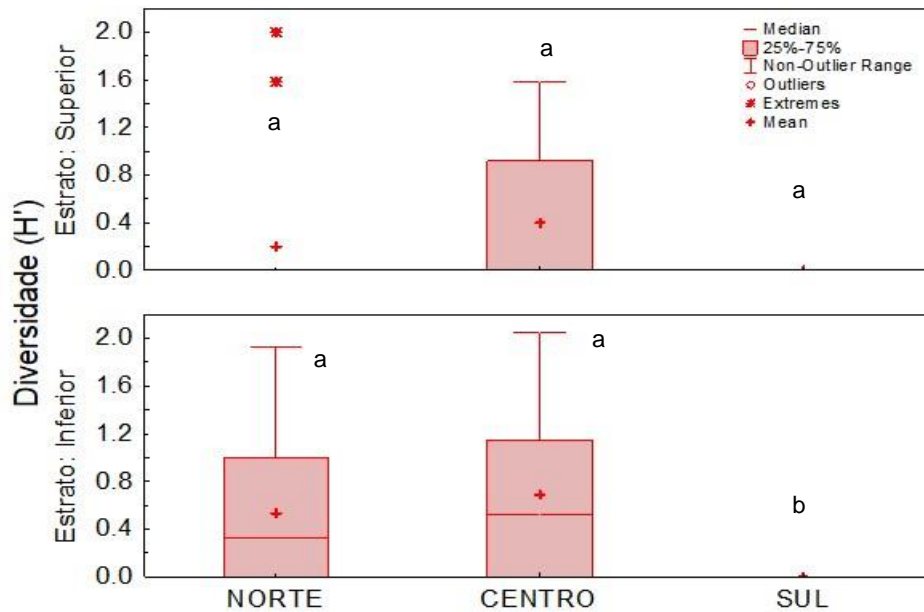


Figura IV.8.3.2.2-4 – Distribuição da diversidade de Shannon (H') do ictionêuston obtida ao longo das áreas Norte, Centro e Sul do Talude. Letras diferentes conotam diferenças significativas entre áreas dentro de cada estrato (superior e inferior), e letras de cores diferentes conotam diferenças significativas entre os estratos de cada área.

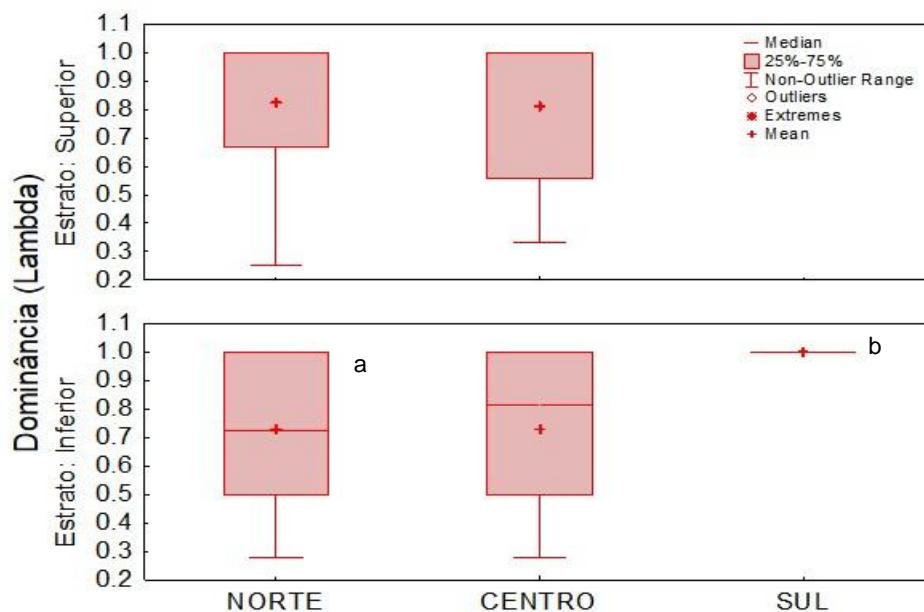


Figura IV.8.3.2.2-5 – Distribuição da dominância de Simpson (Λ) do ictionêuston obtida ao longo das áreas Norte, Centro e Sul do Talude. Letras diferentes conotam diferenças significativas entre áreas dentro de cada estrato (superior e inferior).

A composição taxonômica e densidade das comunidades ictioneustônicas no estrato inferior diferiu significativamente apenas entre as áreas Centro e Sul do Talude (Tabela IV.8.3.2.2-3). Na Figura IV.8.3.2.2-6 é possível visualizar tal diferença, visto que há uma separação entre as áreas Centro (pontos azuis) e Sul (pontos verdes), considerando a similaridade entre as amostras (índice de Bray-Curtis). No estrato superior não foi observada diferença significativa entre a composição taxonômica e densidade das comunidades ictioneustônicas.

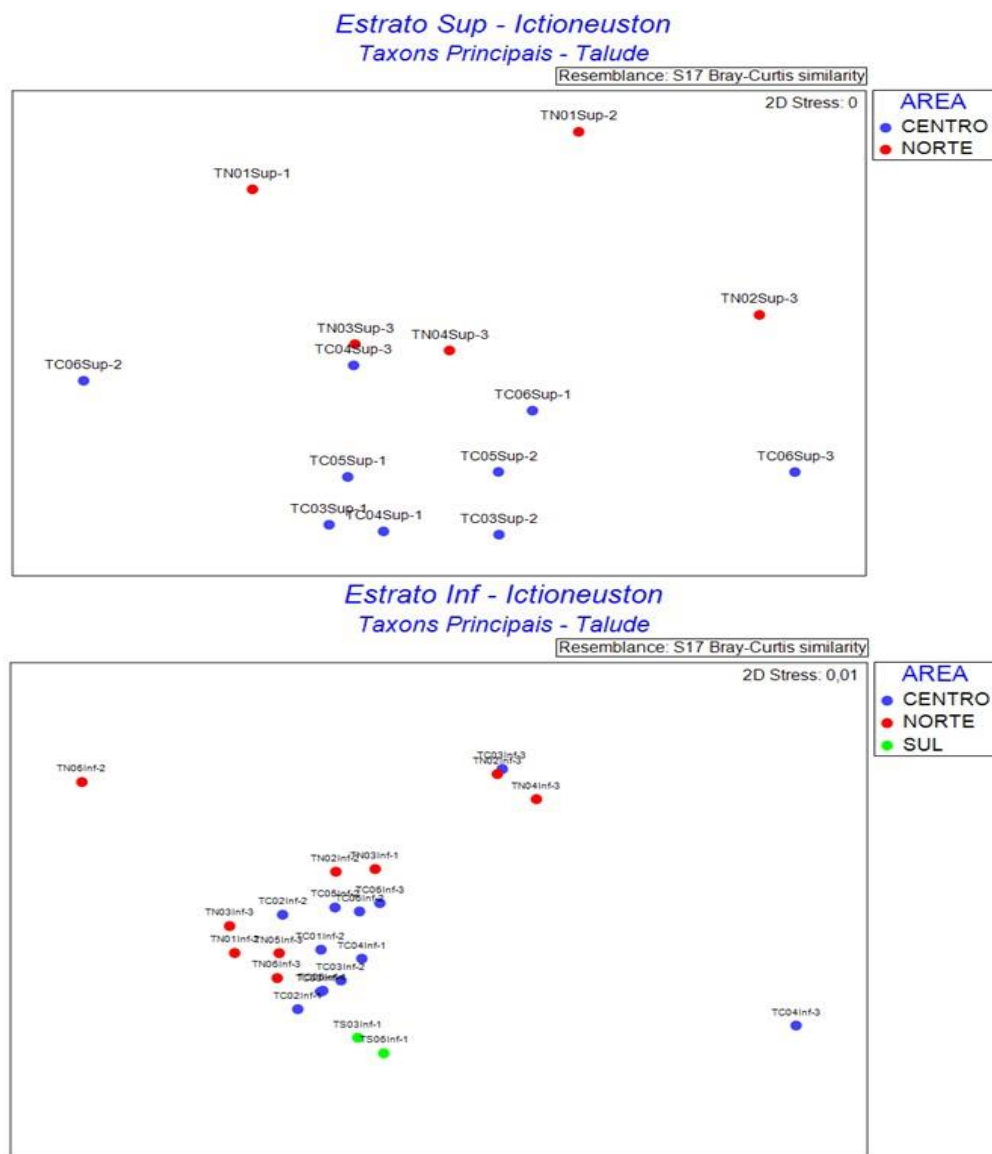


Figura IV.8.3.2.2-6 – NMDS representando a similaridade das amostras em relação à composição e densidade dos táxons principais do ictionêuston (índice Bray-Curtis) nos estratos superior e inferior do Talude, com destaque para as áreas (Norte, Centro e Sul).

As densidades médias dos táxons de ictionêuston registrados nos estratos superior e inferior durante este estudo nas áreas Norte, Centro e Sul do Talude estão detalhados no Anexo IV.8.7-9. Os táxons principais que contribuíram para as diferenças observadas no estrato inferior do ictionêuston entre as áreas Centro e Sul foram *Oxyporhamphus* sp., *Upeneus parvus*, *Ptereleotris randalli* e *Stegastes leucostictus* (Tabela IV.8.3.2.2-3). Larvas de *Oxyporhamphus* sp. foram dominantes na área Sul e não ocorreram nas outras áreas do Talude. Larvas de *Upeneus parvus*, *Ptereleotris randalli* e *Stegastes leucostictus* não foram registradas na área Sul e foram os táxons mais abundantes de larvas de peixes na área Centro.

Os resultados das análises PERMANOVA realizadas com os dados de composição taxonômica do ictionêuston, densidade, riqueza (S), equitatividade de Pielou (J'), diversidade de Shannon (H') e dominância de Simpson (Lambda) obtidos durante este estudo nas áreas Norte, Centro e Sul do Talude estão detalhados no Anexo IV.8.7-10. Os resultados das análises univariadas com os dados de ovos de peixes podem ser observados no Anexo IV.8.7-13.

Tabela IV.8.3.2.2-3 – Contribuição (%) dos táxons principais do ictionêuston coletados para as diferenças entre as áreas Norte, Centro e Sul do Talude. Em negrito, valores de $p < 0,05$.

Táxon	Contribuição (%)	Táxon	Contribuição (%)	Táxon	Contribuição (%)
Norte x Sul		Superior x Inferior		Superior x Inferior	
Superior		Inferior		Norte	
NA		(t = 1,49, p = 0,055)		(t = 1,02, p = 0,401)	
		<i>Oxyporhamphus</i> sp.	44,48	Exocoetidae	12,50
		Serranidae	8,97	<i>Parexocoetus</i> sp.	10,24
		<i>Parexocoetus</i> sp.	8,45	Serranidae	8,78
		<i>Lutjanus</i> sp.	8,45	<i>Dactylopterus volitans</i>	8,58
				<i>Lutjanus</i> sp.	8,21
				<i>Scorpaena</i> sp.	7,83
				<i>Ptereleotris randalli</i>	6,80
				<i>Stegastes</i> sp.	6,45
				<i>Stegastes leucostictus</i>	6,26
Centro x Norte		Superior x Inferior		Superior x Inferior	
Superior		Inferior		Centro	
(t = 1,18, p = 0,230)		(t = 1,38, p = 0,073)		(t = 1,29, p = 0,113)	
Exocoetidae	15,01	<i>Ptereleotris randalli</i>	15,20	<i>Upeneus parvus</i>	18,43
<i>Polydactylus</i> sp.	10,37	<i>Upeneus parvus</i>	13,72	<i>Ptereleotris randalli</i>	11,85
<i>Dactylopterus volitans</i>	10,36	Serranidae	10,08	<i>Polydactylus</i> sp.	10,39
<i>Scorpaena</i> sp.	9,55	<i>Stegastes leucostictus</i>	8,74	<i>Stegastes leucostictus</i>	8,60
<i>Upeneus parvus</i>	7,04	<i>Parexocoetus</i> sp.	7,89	<i>Stephanolepis hispidus</i>	6,79
<i>Amphelikurus dendriticus</i>	6,56	<i>Lutjanus</i> sp.	7,89	Exocoetidae	6,32
<i>Sarda sarda</i>	6,56	<i>Stegastes</i> sp.	6,29	<i>Pseudocaranx dentex</i>	6,05
<i>Exocoetus</i> sp.	5,81	<i>Pseudocaranx dentex</i>	5,01	<i>Bolinichthys</i> sp.	5,87
Sul x Centro		Superior x Inferior		Superior x Inferior	
Superior		Inferior		Sul	
NA		(t = 1,68, p = 0,018)		NA	
		<i>Oxyporhamphus</i> sp.	44,68		
		<i>Upeneus parvus</i>	14,65		
		<i>Ptereleotris randalli</i>	10,66		
		<i>Stegastes leucostictus</i>	7,44		

IV.8.3.3 – Comparação Plataforma Continental e Talude

IV.8.3.3.1 – Biomassa do nêuston – rede superior e inferior

No estrato superior do nêuston, não foram observadas diferenças significativas nos valores médios de biomassa entre a Plataforma Continental e Talude nas áreas Norte ($t = 1,48$, $p = 0,141$), Centro ($t = 1,28$, $p = 0,208$) e Sul ($t = 0,24$, $p = 0,828$).

No estrato inferior, o Talude apresentou, na área Norte, maiores valores de biomassa ($t = 2,28$, $p = 0,018$) que a Plataforma Continental. Na área Centro, a Plataforma Continental apresentou valores médios significativamente maiores de biomassa ($t = 3,03$, $p = 0,005$) que o Talude.

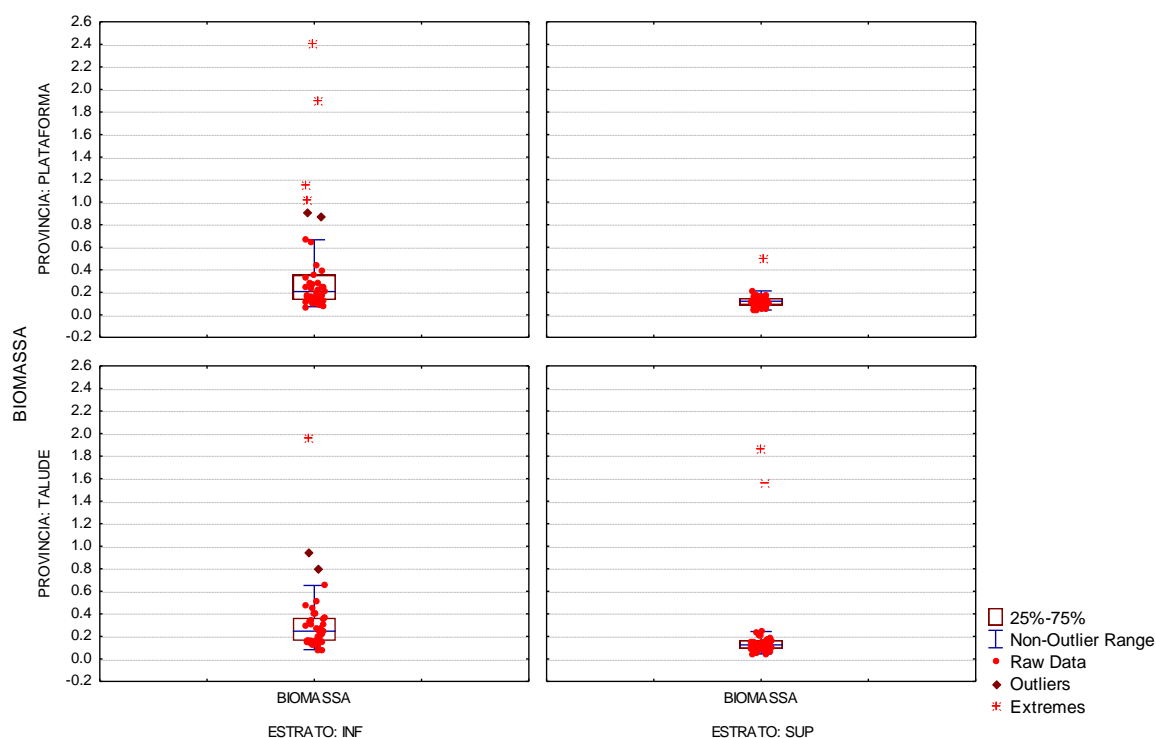


Figura IV.8.3.3.1-1 – Distribuição da biomassa ($g. 100 m^{-2}$) obtida ao longo dos estratos superior e inferior do nêuston na Plataforma Continental e Talude. Letras diferentes conotam diferenças significativas entre províncias dentro de cada estrato (superior e inferior).

Os resultados das análises univariadas da biomassa do nêuston podem ser observados no Anexo IV.8.7-2.

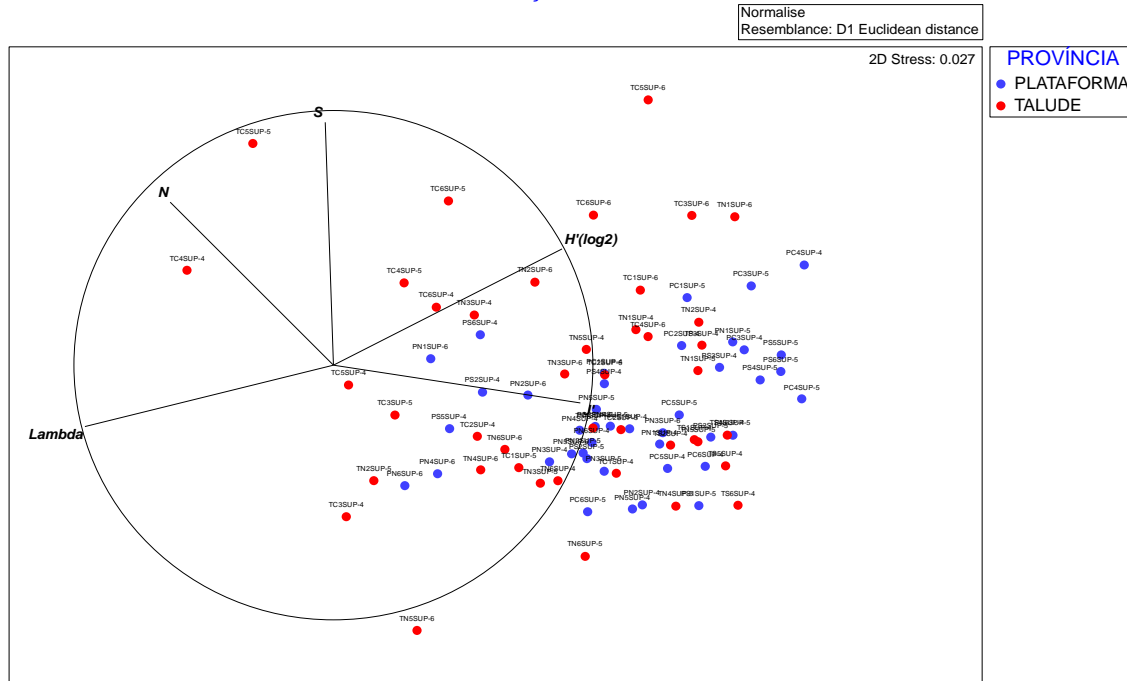
IV.8.3.3.2 – Zoonêuston – rede superior e inferior

No estrato superior do zoonêuston, não foram observadas diferenças significativas nos valores médios de densidade e índices ecológicos entre a Plataforma Continental e Talude nas áreas Norte e Sul. Na área Centro, o Talude foi caracterizado por maiores densidades ($t = 2,94$, $p = 0,003$) e dominância ($t = 3,97$, $p = 0,002$) e menor diversidade ($t = 2,92$, $p = 0,010$) e equitabilidade ($t = 4,94$, $p = 0,001$) que a Plataforma Continental.

No estrato inferior, o Talude apresentou, na área Norte, maiores valores de densidade ($t = 3,20$, $p = 0,002$) e riqueza ($t = 4,11$, $p = 0,001$) e menor equitatividade ($t = 2,77$, $p = 0,008$) que a Plataforma Continental. Na área Centro, a Plataforma Continental apresentou valores médios significativamente maiores de equitatividade ($t = 3,26$, $p = 0,004$) e diversidade ($t = 2,61$, $p = 0,014$), enquanto que no Talude foram observados os maiores valores de dominância ($t = 3,14$, $p = 0,005$). Na área Sul, a riqueza ($t = 2,44$, $p = 0,025$) foi maior na Plataforma Continental.

A Figura IV.8.3.3.2-1 apresenta a representação gráfica da similaridade das amostras do PMAR-BC, considerando o fator província (Plataforma Continental e Talude), gerada a partir da matriz de similaridade destas em relação aos descritores ecológicos (distância Euclidiana). Os resultados de correlação de Pearson entre estes descritores (riqueza -S, densidade - N, diversidade - H', equitatividade - J' e dominância - Lambda), apontam o perfil das amostras em relação a cada uma destas variáveis conforme descrito acima.

Variáveis sintéticas Z - SUP
Correlações de Pearson



Variáveis sintéticas Z - INF
Correlações de Pearson

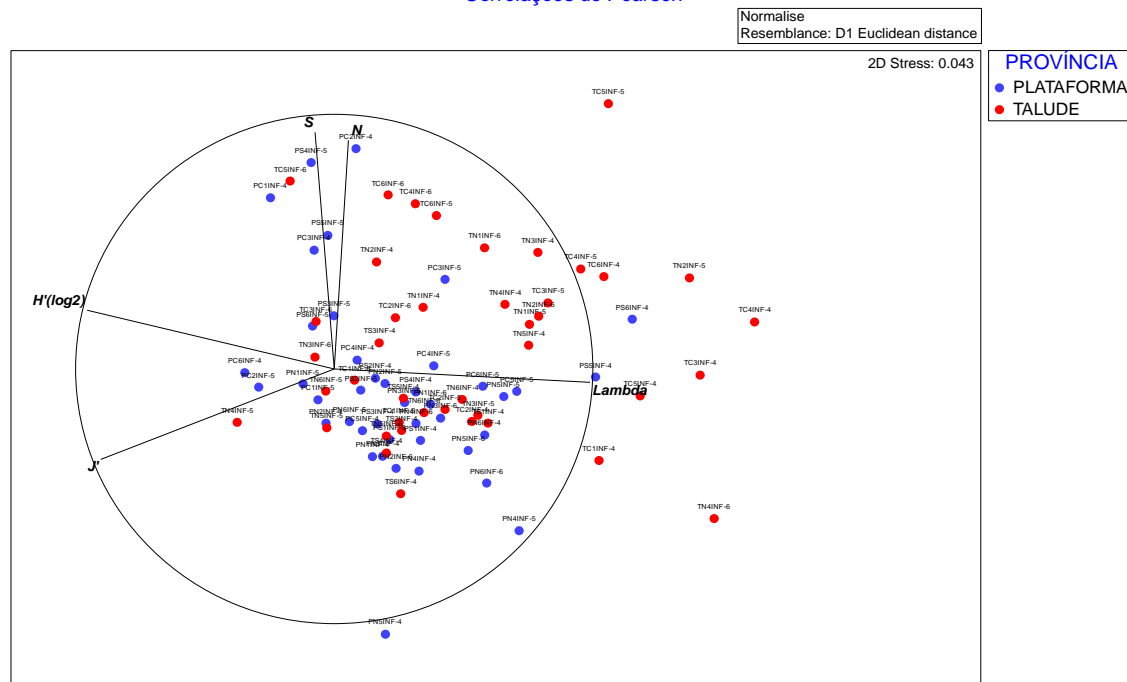


Figura IV.8.3.3.2-1 – NMDS representando a similaridade das amostras da interface superior e inferior do zoonêuston em relação à riqueza, abundância, diversidade, dominância e equitatividade (distância Euclidiana) da Plataforma Continental e do Talude, com as correlações de Pearson entre estas variáveis plotada.

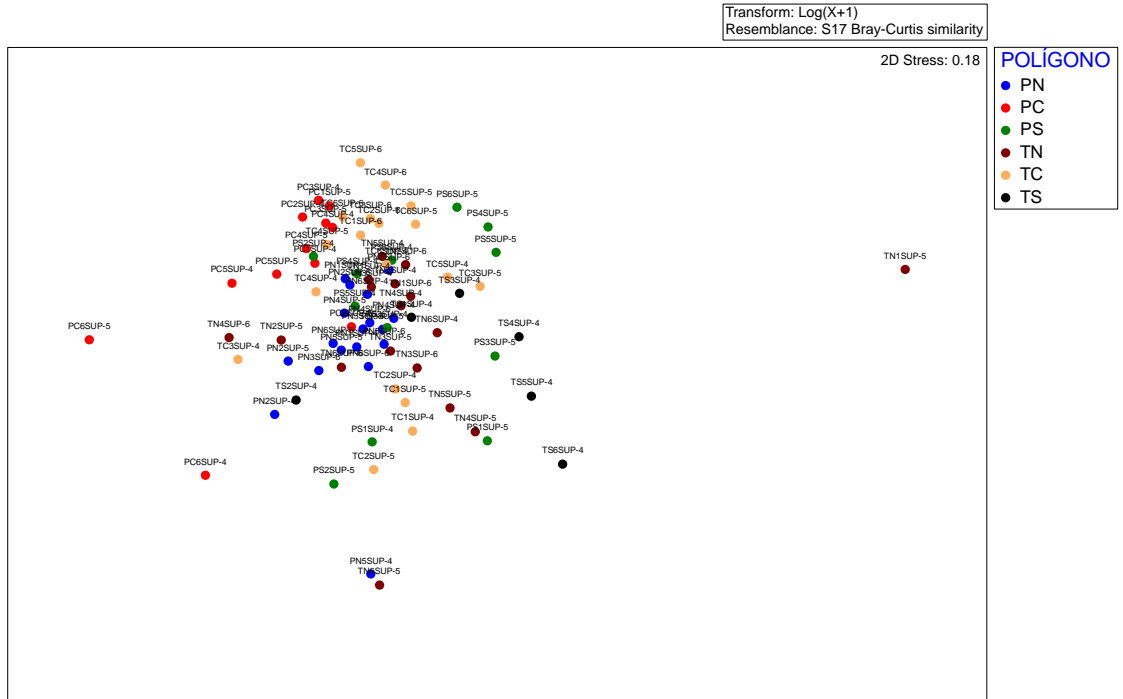
Diferenças significativas também foram observadas na composição taxonômica e densidade das comunidades zooneustônicas entre as duas províncias, sobretudo no estrato inferior (Tabela IV.8.3.3.2-1). A partir da observação do escalonamento multidimensional não-métrico (NMDS) gerado a partir da matriz de similaridade das amostras do PMAR-BC (índice de Bray-Curtis) (Figura IV.8.3.3.2-2), podemos observar uma tendência das amostras dos polígonos da Plataforma (PN, PC e PS – pontos azuis, vermelhos e verdes) se localizarem mais ao norte e à esquerda da imagem, enquanto as amostras dos polígonos do Talude (TN, TC e TS - pontos marrons, amarelos e pretos), mais ao sul e à direita.

No estrato superior do nêuston, a área Centro da Plataforma Continental foi distinguida do Talude pela maior densidade de Doliolida e Siphonophorae e menor densidade de Copepoda e Chaetognatha. No estrato inferior, a área Norte destas províncias foram distinguidas pela maior densidade de Doliolida e menor densidade de Copepoda, Chaetognatha e Hydrozoa na Plataforma Continental. Na área Centro, Salpida, Doliolida, Hydrozoa, Luciferidae e Siphonophorae foram os táxons responsáveis por essa dissimilaridade, apresentando menores densidades no Talude. Na área Sul, Hydrozoa, Luciferidae e Salpidae foram mais abundantes na Plataforma Continental, enquanto Siphonophorae e Palaemonidae foram mais abundantes no Talude. Detalhes desses resultados são apresentados na Tabela IV.8.3.3.2-1.

Tabela IV.8.3.3.2-1 – Contribuição (%) dos táxons principais do zoonêuston coletados para as diferenças entre a Plataforma Continental e Talude nas áreas Norte, Centro e Sul da Bacia de Campos. Em negrito, valores de $p < 0,05$.

Táxon	Contribuição (%)	Táxon	Contribuição (%)
Norte			
Superior		Inferior	
(t = 1,56, p = 0,057)		(t = 2,06, p = 0,005)	
Doliolida	24,59	Doliolida	19,21
Chaetognatha	17,74	Copepoda	16,85
Siphonophorae	15,28	Chaetognatha	15,47
		Hydrozoa	13,10
Centro			
Superior		Inferior	
(t = 2,72, p = 0,001)		(t = 2,71, p = 0,003)	
Copepoda	18,22	Salpida	26,49
Chaetognatha	13,35	Doliolida	14,01
Doliolida	13,23	Hydrozoa	12,69
Siphonophorae	12,64	Luciferidae	10,45
		Siphonophorae	10,40
Sul			
Superior		Inferior	
(t = 1,42, p = 0,118)		(t = 1,82, p = 0,025)	
Copepoda	15,84	Hydrozoa	20,26
Palaemonidae	15,22	Siphonophorae	14,97
Chaetognatha	15,03	Palaemonidae	14,54
Hydrozoa	14,71	Luciferidae	11,28
		Salpida	11,27

Estrato superior - Táxons principais LN
Excluída amostra TN5SUP-6



Estrato inferior - Táxons principais LN

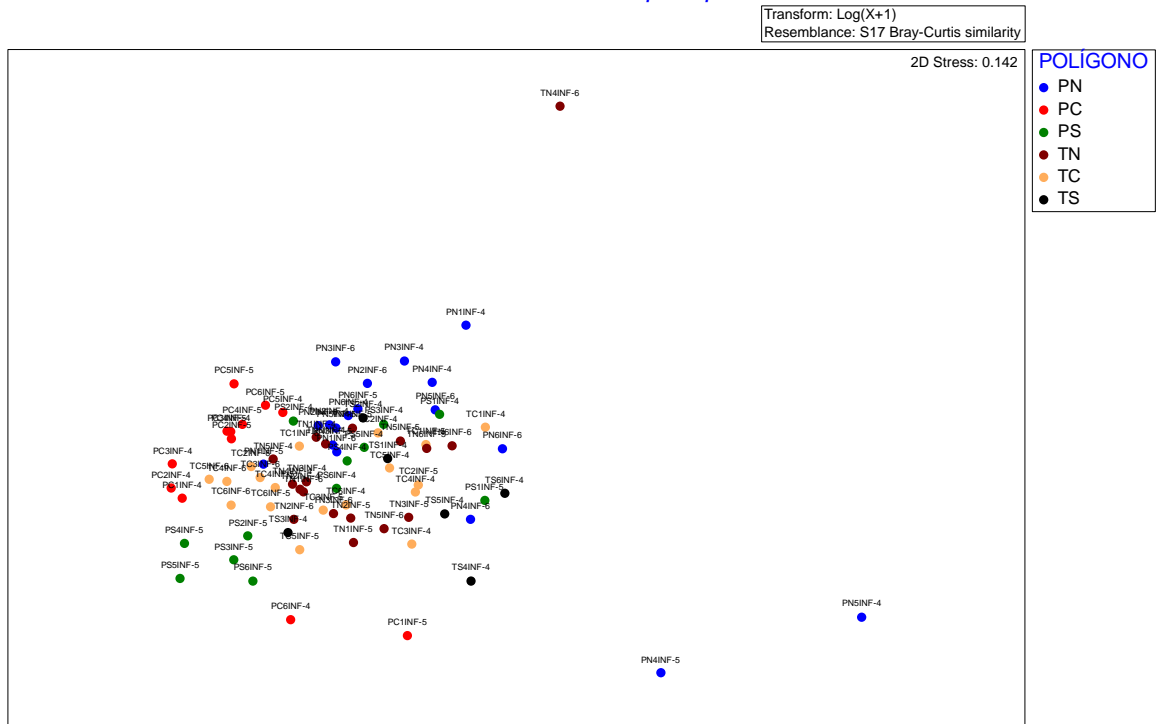


Figura IV.8.3.3.2-2 – NMDS representando a similaridade das amostras em relação à composição e densidade dos táxons do zoonêuston (índice Bray-Curtis) nos estratos superior e inferior dos polígonos da Plataforma Continental (PN = Plataforma Norte, PC = Plataforma Centro e PS = Plataforma Sul) e do Talude (TN = Talude Norte, TC = Talude Centro e TS = Talude Sul).

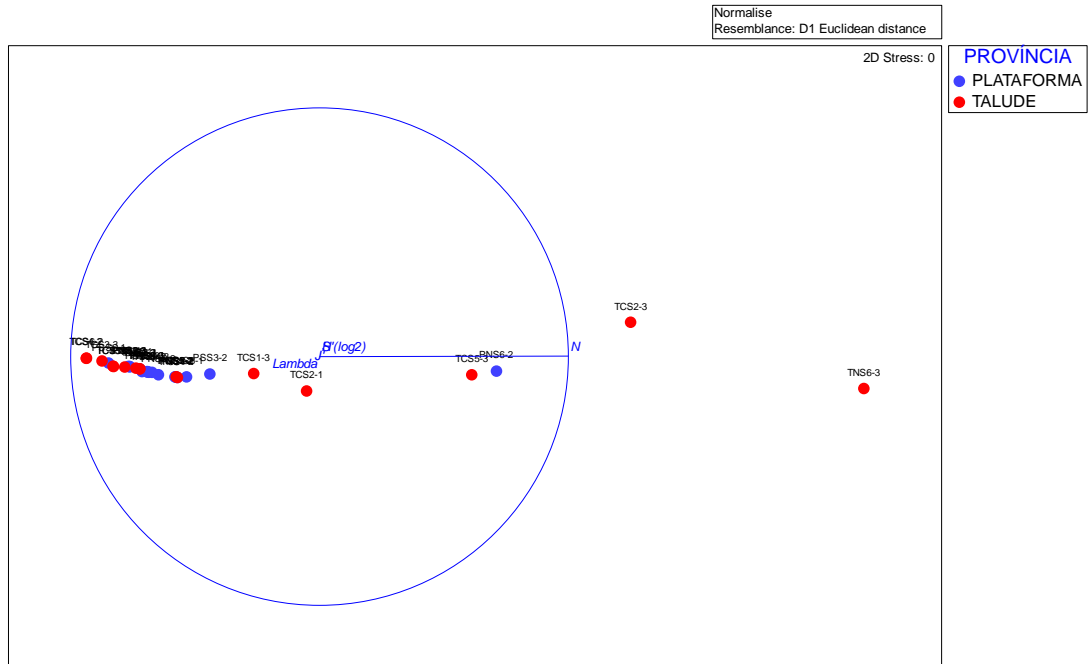
Os resultados das análises PERMANOVA de comparação de províncias, realizadas com os dados de composição taxonômica do zoonêuston, densidade, riqueza (S), equitatividade de Pielou (J'), diversidade de Shannon (H') e dominância de Simpson (Lambda) obtidos durante este estudo na Plataforma Continental e no Talude estão detalhados no Anexo IV.8.7-11.

IV.8.3.3.2 – Ictionêuston – rede superior e inferior

No estrato superior do ictionêuston, não foram observadas diferenças significativas nos valores médios de densidade de ovos e larvas de peixes e índices ecológicos entre a Plataforma Continental e Talude nas áreas Norte ($t < 3,19$, $p > 0,065$) e Sul ($t < 2,10$, $p > 0,056$). Na área Centro, o Talude foi caracterizado por maiores densidades de ovos ($t = 2,02$, $p = 0,049$), densidades de larvas ($t = 2,64$, $p = 0,017$), riqueza ($t = 4,76$, $p = 0,001$) e diversidade ($t = 2,40$, $p = 0,022$) que a Plataforma Continental. No estrato inferior, o Talude apresentou, na área Norte, maiores valores de riqueza ($t = 2,14$, $p = 0,050$) e diversidade ($t = 2,67$, $p = 0,012$) e menor dominância ($t = 2,91$, $p = 0,022$).

A Figura IV.8.3.3.2-1 apresenta a representação gráfica da similaridade das amostras do PMAR-BC, considerando o fator província (Plataforma Continental e Talude), gerada a partir da matriz de similaridade destas em relação aos descritores ecológicos (distância Euclidiana). Os resultados de correlação de Pearson entre estes descritores (riqueza -S, densidade - N, diversidade - H', equitatividade - J' e dominância - Lambda), apontam o perfil das amostras em relação a cada uma destas variáveis conforme descrito acima.

Estrato Sup - Variáveis sintéticas Z
NMDS Subset



Estrato Inf - Variáveis sintéticas Z
Correlações de Pearson

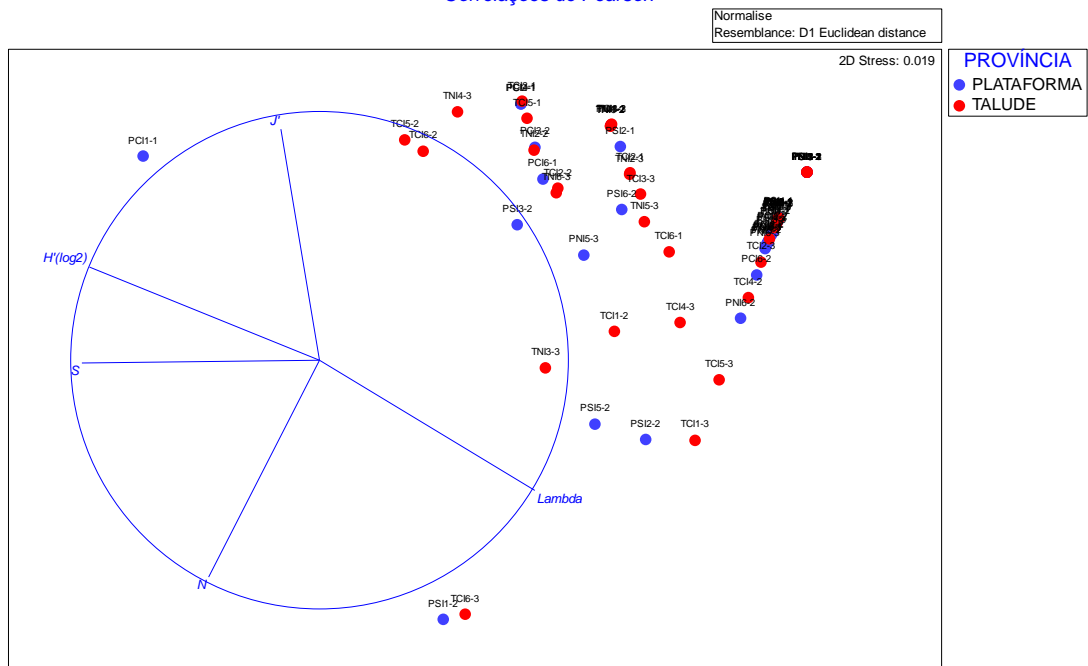


Figura IV.8.3.3.2-1 – NMDS representando a similaridade das amostras da interface superior e inferior do ictionêuston em relação à riqueza, abundância, diversidade, dominância e equitatividade (distância Euclidiana) da Plataforma Continental e do Talude, com as correlações de Pearson entre estas variáveis plotada.

Diferenças significativas não foram observadas na composição taxonômica e densidade das comunidades ictioneustônicas entre as duas províncias ($t < 1,50$, $p > 0,068$). Os resultados das análises PERMANOVA de comparação de províncias, realizadas com os dados de composição taxonômica do ictionêuston, densidade, riqueza (S), equitatividade de Pielou (J'), diversidade de Shannon (H') e dominância de Simpson (Lambda) obtidos durante este estudo na Plataforma Continental e no Talude estão detalhados no Anexo IV.8.7-12. Os resultados das análises univariadas com os dados de ovos de peixes podem ser observados no Anexo IV.8.7-13.

IV.8.4 – DISCUSSÃO

O nêuston ocupa um nicho ecológico delimitado e é geralmente agrupado em três categorias ecológicas: a) eunêuston: organismos com máxima abundância nas proximidades da superfície em que residem dia e noite; b) nêuston facultativo: organismos que se concentram na superfície somente durante algum período de tempo, geralmente durante a noite; e c) pseudonêuston: organismos com concentrações máximas em camadas mais profundas, mas alcançando a camada superficial pelo menos durante certas horas (MARSHALL; BURCHARDT, 2005).

Durante a migração vertical noturna, organismos do plâncton e do nêuston (nêuston facultativo e pseudonêuston) invadem a camada superior para se alimentar do eunêuston na superfície (HEMPEL; WEIKERT, 1972). Assim, de maneira geral, durante a noite, espera-se que os maiores valores de biomassa, densidade e riqueza de espécies sejam observadas no estrato superior do nêuston (epinêuston) em comparação ao estrato inferior (hiponêuston) (e.g. LESSA et al., 1999; BONECKER, 2006; BITTENCOURT et al., 2007; ZACARDI et al., 2008; LIRA et al., 2014). Resultados contrários a estes foram encontrados no presente estudo e podem estar associados ao período da amostragem, que foi diurno. Sabe-se, inclusive, que durante as horas de alta irradiação, o número total de organismos neustônicos é relativamente pequeno (HEMPEL; WEIKERT, 1972), o que ajudaria a explicar, ao menos em parte, os problemas observados neste estudo referentes à resolução estatística dos dados (grande quantidade de zeros nas amostras).

Para além de ser condicionada pela luz solar, a estrutura da comunidade neustônica é influenciada por uma gama de variáveis e processos endógenos (matéria orgânica, processos fotossintéticos e de decomposição, etc.) e exógenos (deposição atmosférica, matéria inorgânica, ventos, ação das ondas, precipitação, correntes oceânicas, temperatura superficial) (MARSHALL; BURCHARDT, 2005; RAWLINSON et al., 2005; REZAI et al., 2019). Via de regra, as concentrações de nêuston numa mesma latitude são mais elevadas em áreas neríticas ou em zonas de ressurgência do que em mar aberto como resultado das entradas de nutrientes e a reciclagem (HEMPEL; WEIKERT, 1972; PERES,

1982). No presente estudo, a Plataforma Continental da Bacia de Campos apresentou, de maneira geral, maiores valores de biomassa, diversidade, equitatividade e menor dominância que a região do Talude, especialmente na área Centro. Nas áreas Norte e Sul, as diferenças entre Plataforma Continental e Talude foram menos pronunciadas provavelmente devido à proximidade entre as estações de amostragem de cada província (ver capítulo III- METODOLOGIAS DE AMOSTRAGEM, ANALÍTICAS E DE TRATAMENTO DE DADOS).

Na região da Plataforma Continental, os menores valores de biomassa, densidade, riqueza, diversidade e equitatividade do nêuston (zoonêuston e ictionêuston) foram encontrados na área Norte. Diferenças entre as áreas Centro e Sul foram estatisticamente pouco pronunciadas. Esses resultados contrariam aqueles observados para o zooplâncton (ver capítulo IV.6- Zooplâncton) e ictioplâncton (ver capítulo IV.7- Ictioplâncton), os quais evidenciaram a área Centro da Plataforma como uma zona de maior produtividade de zooplâncton (maiores biomassa, densidade, riqueza e diversidade) e de maior densidade de ovos e larvas de peixes, menor riqueza e diversidade e maior dominância de espécies ictioplanctônicas. Estas diferenças entre áreas encontradas para zooplâncton e ictioplâncton estiveram associadas, ao menos em parte, a processos oceanográficos na Bacia de Campos (vórtices do Cabo de São Tomé e Cabo Frio) e, provavelmente, à elevada presença de poços e unidades estacionárias de produção (UEPs) nessa região. No Talude, as diferenças entre as áreas foram pouco evidenciadas no zooplâncton e ictioplâncton. Já no presente estudo, os maiores valores de densidade do nêuston foram observados na área Centro do Talude. Na área Sul, foram encontrados os menores valores de riqueza e maior equitatividade (menor dominância) do zoonêuston e menor diversidade do ictionêuston. Entretanto, há a necessidade da continuidade dos estudos para compreender as causas desses resultados.

O biótopo (i.e., área de condições ambientais uniformes que proporcionam um local de vida para um conjunto específico de organismos) do nêuston não está claramente separado do resto da coluna de água, nem o próprio nêuston está estritamente separado do plâncton. Obviamente, sob certas condições, por exemplo, durante a luz fraca, à noite, e em águas turvas, o biótopo do nêuston

perde sua principal característica, a alta irradiação. Sob estas condições, a comunidade neustônica torna-se menos distinta ou mesmo quase idêntica à comunidade planctônica dos estratos adjacentes (HEMPEL; WEIKERT, 1972). Uma vez que no presente estudo as amostragens de nêuston ocorreram durante o dia e as de plâncton ocorreram à noite, diferenças foram observadas entre as estruturas das comunidades neustônicas e planctônicas.

No zoonêuston, as variações na composição taxonômica e densidades entre as áreas e províncias da Bacia de Campos diferiram daquelas observadas para o zooplâncton (ver capítulo IV.6- Zooplâncton). Apesar de Copepoda ter dominado a composição taxonômica do zoonêuston e zooplâncton, táxons como Salpida, Palaemonidae e Hydrozoa, que foram pouco abundantes ou raros no zooplâncton, foram muito abundantes e frequentes no zoonêuston. Relativamente ao grupo Copepoda, por exemplo, enquanto nas amostras do zooplâncton foram observadas as maiores densidades na área Centro da Plataforma Continental, nas amostras do zoonêuston, as densidades foram maiores nas áreas Norte e Sul da Plataforma. Essas diferenças, entretanto, produziram resultados inconclusivos e a realização de uma segunda campanha do projeto PMAR-BC poderá ajudar a compreender, de forma mais detalhada, essas variações.

No ictionêuston, os resultados obtidos neste estudo não evidenciaram nenhuma tendência clara de distribuição espacial na abundância e composição das larvas de peixes, tal como observado para o ictioplâncton (ver capítulo IV.7- Ictioplâncton). Muitas espécies de larvas consideradas raras no presente estudo (e.g. *Serranus* spp., *Sparisoma* spp.) foram muito abundantes na Bacia de Campos (BONECKER et al., 2017, 2012; ver capítulo IV.7- Ictioplâncton). Portanto, a baixa frequência e a abundância de algumas espécies observada aqui provavelmente reflete a evasão de larvas de peixes durante o dia, devido à capacidade visual e natatória das larvas mais desenvolvidas (DOYLE, 1992; KATSURAGAWA; MATSUURA, 1990), ou porque são espécies pertencentes ao pseudoneuston ou ao nêuston facultativo, como por exemplo, espécies de Myctophidae (DOYLE, 1992; HEMPEL; WEIKERT, 1972) e alguns Engraulidae (LANDAETA; CASTRO, 2013).

A comunidade neustônica tem um papel crítico na estrutura e função das teias tróficas marinhas, pois serve como fonte de alimento a níveis tróficos mais elevados. No entanto, as pesquisas sobre as comunidades neustônicas são predominantemente restritas temporalmente ou tem se concentrado em regiões geograficamente limitadas (e.g. HOLDWAY; MADDOCK, 1983; BRODEUR, 1989; LE FEVRE; BOURGET, 1991; PADMAVATI; GOSWAMI, 1996; EBBERTS; WING, 1997; LESSA et al., 1999; 2009; ZACARDI et al. 2008; LIRA et al., 2014; BONECKER et al., 2019; REZAI et al., 2019). Consequentemente, a complexidade do nêuston ainda é mal compreendida, uma vez que estudos sobre a estrutura da comunidade e a composição taxonômica dos organismos que habitam este nicho ecológico continuam sendo poucos, sobretudo no Brasil.

Na Bacia de Campos, estudos pretéritos realizados durante o projeto PCR-BC identificaram, durante o período chuvoso, 67 táxons de larvas de peixes (BONECKER et al., 2019), número próximo daquele encontrado no presente estudo (72). A tendência de estratificação vertical nas densidades de ovos e larvas, com o epinêuston apresentando maiores abundâncias que o hiponêuston, também foi observado por Bonecker et al. (2019). Apesar dessas similaridades, variações temporais na estrutura das comunidades foram observadas entre os dois projetos. Enquanto no PMAR-BC praticamente não houveram diferenças estatisticamente significativas na composição taxonômica e densidades entre áreas e províncias, no PCR-BC essas diferenças foram bem marcadas. Sobre a Plataforma Continental, por exemplo, foi encontrado o predomínio de espécies costeiras, como as da família Mullidae. Já no Talude, houve o domínio de espécies mesopelágicas da família Myctophidae. Um padrão norte-sul de distribuição das comunidades de larvas de peixes também foi observado por Bonecker et al. (2019) na Bacia de Campos. Esse padrão, tal como observado para o ictioplâncton no PMAR-BC (ver capítulo IV.7- Ictioplâncton), foi provavelmente induzido por processos oceanográficos locais, tais como a ressurgência costeira e os vórtices do Cabo de São Tomé e Cabo Frio. Dados históricos para o zoonêuston não estiveram disponíveis para realização desta avaliação temporal.

IV.8.5 – CONCLUSÕES

Com base nos resultados encontrados, é possível concluir que foram identificadas variações espaciais nas comunidades neustônicas (zoonêuston e ictionêuston) da Bacia de Campos levando em consideração tanto a comparação entre as comunidades nas duas redes (epinêuston e hiponêuston) e entre as três áreas (Norte, Centro e Sul), quanto a comparação entre as comunidades do nêuston nas duas redes (epinêuston e hiponêuston) situadas nas duas províncias (Plataforma Continental e Talude). Entretanto, essas diferenças, para além de terem sido distintas daquelas observadas no zooplâncton e ictioplâncton, produziram resultados inconclusivos. Neste sentido, a realização de um estudo continuado, como previsto no PMAR-BC, com uma segunda campanha de amostragem e análise de dados do nêuston, possibilitará uma interpretação mais aprofundada dos atuais resultados e poderá esclarecer melhor a existência de alguma correlação entre a composição e densidade de organismos neustônicos e os diferentes aspectos ambientais das áreas e províncias estudadas.

Relativamente à variação temporal nas comunidades ictioneustônicas da Bacia de Campos, considerando a comparação dos resultados dos projetos PMAR-BC e PCR-BC, foi possível observar algumas variações na composição e abundância das espécies. Entretanto, estas diferenças, para além de não terem sido testadas quanto à sua significância estatística, podem estar relacionadas a diferenças espaciais (as estações de amostragem, mesmo que próximas, não foram correspondentes entre os projetos; ver capítulo III- METODOLOGIAS DE AMOSTRAGEM, ANALÍTICAS E DE TRATAMENTO DE DADOS) e de esforço amostral (o número de amostras recolhidas durante o PMAR-BC foi superior àquele do PCR-BC).

IV.8.6 – REFERÊNCIAS

BITTENCOURT, S. C. S.; ZACARDI, D. M.; SOUZA, S. P.; NAKAYAMA, L. & BELÚCIO, L. F. Composição e distribuição de larvas de peixes na zona neustônica da costa do Amapá (REVIZEE/SCORE NORTE-OP. NORTE II E III). *Tropical Journal of Fisheries and Aquatic Sciences (Boletim Técnico Científico do Cepnor)*, v. 7, n. 1, p. 41–54, 2007.

BOLTOVSKOY, D. 1981. Atlas del Zooplancton del Atlántico Sudoccidental y Métodos de Trabajo con el Zooplancton Marino. Instituto Nacional de Investigación y Desarrollo Pesquero, Mar del Plata, 933 p.

BONECKER, A. C. T. & CASTRO, M. S. (Eds.). 2006. Atlas de larvas de peixes da região central da Zona Econômica Exclusiva brasileira. 1ª edição. Rio de Janeiro: Museu Nacional (Série Livros no. 19). 214 p.

BONECKER, A. C. T. Ictionêuston. In: VALENTIN, J. L. (org.). Características hidrobiológicas da região central da Zona Econômica Exclusiva brasileira (Salvador, BA, ao Cabo de São Tomé, RJ). Documentos REVIZEE/SCORE Central. Brasília: Ideal Gráfica e Editora, 2006. p. 161–168.

BONECKER, A. C. T.; KATSURAGAWA, M.; CASTRO, M. S.; GOMES, E. A. P.; NAMIKI, C. A. P. & ZANI-TEIXEIRA, M. L. Estrutura espacial e temporal da comunidade ictioplanctônica. In: FALCÃO, A. P. C.; MOREIRA, D. L. (org.). Ambiente pelágico: caracterização ambiental regional da Bacia de Campos, Atlântico Sudoeste. Habitats. Rio de Janeiro: Elsevier, 2017. p. 207–245. DOI: 10.1016/b978-85-352-7276-5.50016-6.

BONECKER, A. C. T.; KATSURAGAWA, M.; CASTRO, M. S.; GOMES, E. A. P.; NAMIKI, C. A. P. & ZANI-TEIXEIRA, M. L. Larval fish of the Campos Basin, Southeastern Brazil. *Check List*, v. 8, n. 6, p. 1280–1291, 2012.

BONECKER, A. C. T.; KATSURAGAWA, M.; CASTRO, M. S.; NAMIKI, C.; ZANI-TEIXEIRA, M. L.; FARIAS, I. U. & SILVEIRA, I. C. A. Seasonal variability of ichthyoneuston assemblage on the continental shelf and slope of the Southwest

Atlantic Ocean, Brazil (20--23 S). *Journal of Applied Ichthyology*, v. 35, n. 3, p. 655–671, 2019.

BOSCHI, E. E. 1981. Larvas de Crustacea Decapoda. In: Boltovskoy, D. (ed.) *Atlas del Zoo-plancton del Atlantico Sudoccidental y metodos de trabajo com el zooplancton marino*. INIDEP, Mar del Plata, Argentina: 699-758.

BRODEUR, R. D. Neustonic feeding by juvenile salmonids in coastal waters of the Northeast Pacific. *Canadian Journal of Zoology*, v. 67, p. 1995–2007, 1989. doi: 10.1139/z89-284

CALAZANS, D. 1993. Key to the larvae and decapodids of genera of the infraorder Penaeidea from the southern Brazilian coast. *Nauplius*, 1: 45-62.

DOYLE, M. J. Neustonic ichthyoplankton in the northern region of California Current ecosystem. *California Cooperative Oceanic Fisheries Investigations Report*, v. 33, p. 141–161, 1992.

EBBERTS, B. D. & WING, B. L. Diversity and abundance of neustonic zooplankton in the North Pacific subarctic frontal zone. Washington: U.S. Dept. of Commerce, National Oceanic and Atmospheric Administration, National Marine Fisheries Service, Alaska Fisheries Science Center, 1997. p. 1-34.

FAHAY, M. P. *Early Stages of Fishes in the Western North Atlantic Ocean. Davis Strait, Southern Greenland and Flemish Cap to Cape Hatteras*. 2007. 1696 p.

FERNANDES, L. D. A., ALMEIDA, E. V. DE., PEIXOTO, B. J. F. DE S. & SOUZA, M. F. DE. Larvas de Decapoda. 2006. In: BONECKER, S. L. C. (Org.). *Atlas de Zooplâncton da região central da Zona Econômica Exclusiva Brasileira*. Museu Nacional, Rio de Janeiro, cap.

FERNANDES, L. D. A., BONECKER, S. L. C & VALENTIN, J. L. 2002. Dynamic of Decapod Crustacean Larvae on the Entrance of Guanabara Bay. *Braz. Arch. Bio. Technol.*, 45(4): 491-498.

- FERNANDES, L. D. A. 2006. Morfologia e distribuição das larvas de crustáceos decápodes entre Rio Real (12°S) e Cabo de São Tomé (22°S). Rio de Janeiro. 437 p. (Tese Doutorado. Programa de Pós-Graduação em Zoologia UFRJ/MN).
- HARDY, J. T. Biological effects of chemicals in the sea surface micro layer. In: LISS, P.; DUCE, R. (org.). *The Sea Surface and Global Change*. New York: Cambridge University Press, 1997. p. 339–370.
- HEMPEL, G. & WEIKERT, N. The neuston of the subtropical and boreal Northeastern Atlantic Ocean. A Review. *Marine Biology*, v. 13, p. 70–88, 1972.
- HOLDWAY, P. & MADDOCK, L. A comparative survey of neuston: geographical and temporal distribution patterns. *Marine Biology*, v. 76, p. 263–270, 1983. doi: 10.1007/BF00393027
- KATSURAGAWA, M. & MATSUURA, Y. Comparison of the diel and spatial distribution patterns of ichthyoplankton and ichthyoneuston in the Southeastern Brazilian Bight. *Boletim do Instituto Oceanográfico*, v. 38, n. 2, p. 133–146, 1990.
- KREBS, C.J. (1999) *Ecological methodology*. Addison Wesley Longman, Menlo Park, CA.
- LANDAETA, M. F. & CASTRO, L. R. Vertical distribution and gas bladder inflation/deflation in postlarval anchoveta *Engraulis ringens* during upwelling events. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, v. 93, p. 321–331, 2013. doi: <https://doi.org/10.1017/S0025315411001767>
- LE FEVRE, J. & BOURGET, E. Neustonic niche for cirripede larvae as a possible adaptation to long-range dispersal. *Marine Ecology Progress Series*, v. 74, p. 185–194, 1991. doi: 10.3354/meps075185
- LESSA, R. P.; MAFALDA, P.; ADVÍNCULA, R.; LUCCHESI, R. B.; BEZERRA, J. L.; VASKE, T. & HELLEBRANDT, D. Distribution and abundance of ichthyoneuston at seamounts and islands off north-eastern Brazil. *Archive of Fishery and Marine Research*, v. 47, n. 2–3, p. 239–252, 1999.

LESSA, R.; BEZERRA JR, J. L.; NASCIMENTO, E. D.; LIMA, M. & PEREIRA, A. A. Oceanografia Biologica: Composição, distribuição e abundância do ictioneuston na ZEE da Região Nordeste do Brasil. Programa REVIZEE, SCORE-NORDESTE, v. 2, p. 66–194, 2009.

LIRA, S. M. A.; TEIXEIRA, I. A.; LIMA, C. D. M.; SANTOS, G. S.; LEITÃO, S. N. & SCHWAMBORN, R. Spatial and nycthemeral distribution of the zooneuston off Fernando de Noronha, Brazil. *Brazilian Journal of Oceanography*, v. 62, p. 35–45, 2014.

MARSHALL, H. G. & BURCHARDT, L. Neuston: Its definition with a historical review regarding its concept and community structure. *Archiv Für Hydrobiologie*, v. 164, n. 4, p. 429–448, 2005. doi: <https://doi.org/10.1127/0003-9136/2005/0164-0429>

MENEZES, N. A.; BUCKUP, P. A.; FIGUEIREDO, J. L.; MOURA, R.L. Catálogo das espécies de peixes marinhos do Brasil. São Paulo: Museu de Zoologia da Universidade de São Paulo, 2003. 159 p.

PADMAVATI, G. & GOSWAMI, S. C. Zooplankton distribution in neuston and water column along west coast of India from Goa to Gujarat. *Indian Journal of Geo-Marine Sciences*, v. 25, p. 85–90, 1996.

PERES, J. M. Specific pelagic assemblages. In: KINNE, O. (org.). *Marine ecology: a comprehensive, integrated treatise on life in oceans and coastal waters*. London: John Wiley & Sons, Ltd, 1982. v. 5, p. 313–372.

RAWLINSON, K. A.; DAVENPORT, J. & BARNES, D. K. A. Temporal variation in diversity and community structure of a semi-isolated neuston community. *Biology & Environment Proceedings of the Royal Irish Academy*, v. 105b, n. 2, p. 107-122, 2005. doi: [10.3318/bioe.2005.105.2.107](https://doi.org/10.3318/bioe.2005.105.2.107)

REZAI, H.; KABIRI, K.; ARBI, I. & AMINI, N. Neustonic zooplankton in the northeastern Persian Gulf. *Regional Studies in Marine Science*, v. 26, n. 100473, 2019. doi: [10.1016/j.rsma.2018.100473](https://doi.org/10.1016/j.rsma.2018.100473)

RICHARDS, W. J. Early Stages of Atlantic Fishes: an identification guide for the Western Central North Atlantic. Boca Raton, FL: Taylor & Francis, 2006. 2 v.

ZACARDI, D. M.; DA SILVA BITTENCOURT, S. C.; RAWIETSCH, A. K. & NAKAYAMA, L. Ictioplâncton marinho da plataforma continental e águas adjacentes à foz do Rio Amazonas (OPERAÇÃO NORTE III–REVIZEE SCORE NORTE). Tropical Journal of Fisheries and Aquatic Sciences (Boletim Técnico Científico do Cepnor), v. 8, n. 1, p. 9-20, 2008.

ZAITSEV, Y. P. Marine neustonology (translated from Russian). National Marine Fisheries Service, NOAA and National Science Foundation, National Technical Information Service, Springfield, Virginia, 1971.

IV.8.7 – ANEXOS

IV.8.7.1 – Controle de qualidade realizado nas amostras de nêuston da 1ª Campanha do PMAR-BC.

IV.8.7.2 - Resultados das análises PERMANOVA realizadas com os dados de biomassa do nêuston obtidos durante este estudo nas áreas Norte, Centro e Sul da Plataforma Continental e do Talude.

IV.8.7.3 - Densidade média e desvio padrão dos táxons de zoonêuston coletados nos estratos superior e inferior das áreas Norte, Centro e Sul da Plataforma Continental.

IV.8.7.4 - Resultados das análises PERMANOVA realizadas com os dados de composição taxonômica do zoonêuston, densidade, riqueza (S), equitatividade de Pielou (J'), diversidade de Shannon (H') e dominância de Simpson (Lambda) obtidos durante este estudo nas áreas Norte, Centro e Sul da Plataforma Continental.

IV.8.7.5 - Densidade média e desvio padrão dos táxons de ictionêuston coletados nos estratos superior e inferior das áreas Norte, Centro e Sul da Plataforma Continental. Os táxons principais, i.e, táxons cuja frequência relativa esteve acima de 5% em pelo menos um polígono, estão sinalizados com um asterisco.

IV.8.7.6 - Resultados das análises PERMANOVA realizadas com os dados de composição taxonômica do ictionêuston, densidade, riqueza (S), equitatividade de Pielou (J'), diversidade de Shannon (H') e dominância de Simpson (Lambda) obtidos durante este estudo nas áreas Norte, Centro e Sul da Plataforma Continental.

IV.8.7.7 - Densidade média e desvio padrão dos táxons de zoonêuston coletados nos estratos superior e inferior das áreas Norte, Centro e Sul do Talude.

IV.8.7.8 - Resultados das análises PERMANOVA realizadas com os dados de composição taxonômica do zoonêuston, densidade, riqueza (S), equitatividade de Pielou (J'), diversidade de Shannon (H') e dominância de Simpson (Lambda) obtidos durante este estudo nas áreas Norte, Centro e Sul do Talude.

IV.8.7.9 - Densidade média e desvio padrão dos táxons de ictionêuston coletados nos estratos superior e inferior das áreas Norte, Centro e Sul do Talude. Os táxons principais, i.e, táxons cuja frequência relativa esteve acima de 5% em pelo menos um polígono, estão sinalizados com um asterisco.

IV.8.7.10 - Resultados das análises PERMANOVA realizadas com os dados de composição taxonômica do ictionêuston, densidade, riqueza (S), equitatividade de Pielou (J'), diversidade de Shannon (H') e dominância de Simpson (Lambda) obtidos durante este estudo nas áreas Norte, Centro e Sul do Talude.

IV.8.7.11 - Resultados das análises PERMANOVA de comparação de províncias, realizadas com os dados de composição taxonômica do zoonêuston, densidade, riqueza (S), equitatividade de Pielou (J'), diversidade de Shannon (H') e dominância de Simpson (Lambda) obtidos durante este estudo na Plataforma Continental e no Talude.

IV.8.7.12 - Resultados das análises PERMANOVA de comparação de províncias, realizadas com os dados de composição taxonômica do ictionêuston, densidade, riqueza (S), equitatividade de Pielou (J'), diversidade de Shannon (H') e dominância de Simpson (Lambda) obtidos durante este estudo na Plataforma Continental e no Talude.

IV.8.7.13 – Resultado das análises PERMANOVA para os dados univariados de densidade de ovos de peixes do ictionêuston da primeira Campanha do PMAR-BC nas diferentes províncias (Plataforma Continental e Talude) e áreas (Norte, Centro e Sul).

IV.9 – SEDIMENTOLOGIA (GRANULOMETRIA E CARBONATOS)

Coordenadores

Vinícius Peruzzi de Oliveira

Biólogo, Doutor em Ecologia, Nº CTF 5188715, Professor do Instituto de Biologia, Departamento de Biologia Marinha da Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ. viniciusperuzzi@gmail.com; vinicius@biologia.ufrj.br

Ricardo Cesar Gonçalves Pollery

Biólogo, Doutor em Geoquímica, Nº CTF 183916, Tecnólogo em Biologia da Decania do Centro de Ciências da Saúde da Universidade Federal do Rio de Janeiro. pollery@hotmail.com; ricardo.pollery@ccsdecania.ufrj.br

Equipe UMAA-UFRJ

Eliane Cristina da Silva

Bióloga, Mestre em Ecologia e Recursos Naturais, Nº CTF 3288566, Celetista pela Fundação Coordenação de Projetos, Pesquisas e Estudos Tecnológicos – COPPETEC. elianecristinas@yahoo.com.br

Rosana Maria Juazeiro Caetano

Bióloga, Mestre em Engenharia Ambiental, CRQ 03418845, Técnica de Laboratório do Instituto de Biologia, Departamento de Biologia Marinha da Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ. rosanacaetano.rc@gmail.com

Gizyelle Costa Miguel

Graduanda em Biologia, Estagiária pela Fundação Coordenação de Projetos, Pesquisas e Estudos Tecnológicos – COPPETEC. gizymiguel@hotmail.com

Jéssica Oliveira Lyrio

Graduanda em Processos Químicos, Estagiária pela Fundação Coordenação de Projetos, Pesquisas e Estudos Tecnológicos – COPPETEC. jessica-lyrio@hotmail.com

Guilherme Vieira Vaz

Graduando em Química, Bolsista pela Fundação Coordenação de Projetos, Pesquisas e Estudos Tecnológicos – COPPETEC. guivieira994@gmail.com

Matheus Rangel dos Santos

Graduando em Química, Bolsista pela Fundação Coordenação de Projetos, Pesquisas e Estudos Tecnológicos – COPPETEC. ranggeel@gmail.com

Verônica Freire Silva

Processos Químicos, contratada pela Fundação Coordenação de Projetos, Pesquisas e Estudos Tecnológicos – COPPETEC. veronicafayer@gmail.com

RESUMO

Este relatório apresenta os resultados da sedimentologia da primeira campanha do Programa de Monitoramento Ambiental Regional da Bacia de Campos (PMAR-BC) através das análises de granulometria e teor de carbonatos dos sedimentos superficiais das fácies lamosa, arenosas e carbonáticas da plataforma continental (100 m) e nas isóbatas de 400 m e 700 m do talude e cânions, obtidas nas áreas norte, centro e sul da Bacia de Campos. As amostras foram obtidas utilizando Van Veen e box-corer e analisadas por granulômetro a laser e peneiramento (no caso de partículas maiores que 1 mm) para determinação da granulometria e dissolução ácida para determinação dos carbonatos na Unidade Multiusuário de Análises Ambientais (UMAA/UFRJ). A análise dos dados ocorreu através de estatísticas descritivas, análises ordenatórias (NMDS e PCA) e comparações multivariadas por PERMDISP e PERMANOVA. Comparações entre os dados obtidos no presente projeto e o Programa de Caracterização Regional da Bacia de Campos (PCR-BC) também foram realizadas. Foram observadas diferenças significativas na granulometria em função da área amostral, tanto para plataforma (maior proporção de lama na área sul e areia na área centro), quanto para o talude e cânions (predomínio de grãos finos, com maior ocorrência de areia na área sul). A classificação quanto ao teor de carbonatos do sedimento mostrou a plataforma como um ambiente heterogêneo nas áreas amostradas, cujos sedimentos variaram de bioclástico a litoclástico. O talude e cânions apresentaram maior homogeneidade sedimentar, com predomínio de sedimentos litobioclásticos. Amostras do talude e cânions também apresentaram diferenças entre áreas e nos teores de carbonato relacionadas às isóbatas amostrais. Comparações entre o presente projeto e o PCR-BC corroboraram o domínio sedimentar de areia na plataforma continental e lama nas áreas mais profundas das margens continentais. Foram observadas diferenças entre projetos relacionadas à área amostral e batimetria. Os resultados apresentados, correlacionados aos dados de batimetria e ao gradiente horizontal, auxiliam na ampliação do conhecimento sobre o compartimento sedimentar da Bacia de Campos, e possibilitam futuras comparações com os dados que serão obtidos durante a segunda campanha do monitoramento continuado das áreas da bacia.

IV.9.1 – INTRODUÇÃO

A margem continental marinha ocupa 1/5 da superfície submersa dos oceanos e pode ser subdivida nas províncias de plataforma, talude e sopé, cujas características sedimentares variam em função da proximidade continental, dos processos intrínsecos de sedimentação, circulação oceânica, processos biológicos adjacentes e variações históricas do nível do mar (Suguio, 2003). Especificamente no oceano Atlântico, sedimentos inconsolidados podem formar camadas de até 1000 metros, sendo a maior parte produzida de forma autóctone ou depositados através de forçantes transportadoras (Nafe & Drake, 1957; Tinoco, 1989).

As propriedades físico-químicas dos sedimentos marinhos são bons indicadores para a compreensão da composição, microestrutura e condições ambientais durante e após o processo de deposição (Breitzke, 2006). Nesse sentido, mensurações granulométricas associadas ao conhecimento dos teores de carbonato sedimentares, além de subsidiarem a compreensão no campo geológico e paleoceanográfico, são parâmetros essenciais em avaliações de mudanças recentes nas condições ambientais (Bard, 2001; Astakhov *et al.*, 2015).

A Bacia de Campos é uma bacia de estrutura sedimentar, limitada ao sul pela Bacia de Santos e ao norte pela Bacia do Espírito Santo. Estudos descritivos das características sedimentológicas do assoalho marinho datam de 1870, mas somente a partir da década de 60, com o aumento da exploração petrolífera, maiores detalhes da região foram obtidos (Gama Júnior, 1977). Posteriormente, outras pesquisas se destacaram na caracterização dessa região oceânica, dentre elas as realizadas por Viana *et al.* (1998), Figueiredo Jr. & Tessler. (2004), Silveira *et al.* (2015) e Rezende *et al.* (2017), que ampliaram de forma expressiva o conhecimento a respeito da hidrologia, morfologia e sedimentologia local. De forma geral, esses estudos retratam a Bacia de Campos como uma formação marinha que apresenta na plataforma continental registros sedimentares provenientes de oscilações glacioeustáticas, com sedimentos modernos de origem autóctone e alóctones.

Ademais, características sedimentológicas baseadas nos teores de carbonato e granulometria mostraram a plataforma continental como um ambiente heterogêneo com sedimentos variando de lama a cascalho e, de acordo com os

teores de carbonato, de litoclástico/bioclástico e biolitolásticos/clásticos. A província de talude foi caracterizada como um ambiente mais homogêneo, tipicamente lamoso, com áreas areno-lamosas, sendo um domínio sedimentar composto por materiais tipicamente bioclásticos e biolitolásticos (Rezende *et al.*, 2017).

Nesse contexto, esse estudo fez uma macroavaliação, a partir dos dados das análises de granulometria e teor de carbonato em sedimentos superficiais marinhos, obtidos nas províncias plataforma continental, talude e cânions, nas isóbatas de 100 m, 400 m ou 700 m, das áreas norte, centro e sul da Bacia de Campos, na primeira campanha do Programa de Monitoramento Ambiental Regional da Bacia de Campos (PMAR-BC).

IV.9.1.1 – Objetivo Principal

Obter sistematicamente informações sobre a qualidade do sedimento comparando as áreas de maior (central) e menor (sul e norte) concentração de atividades de E&P na Bacia de Campos, de forma a monitorar estas áreas e simultaneamente avaliar as tendências ambientais regionais desta bacia.

IV.9.1.1.1 – Objetivos Específicos

O objetivo deste capítulo IV.9 é apresentar os dados das análises de sedimentologia (granulometria e teor de carbonatos) adquiridos durante a primeira campanha de coleta de dados ambientais (sedimento) que compõem o Programa de Monitoramento Ambiental Regional da Bacia de Campos (PMAR-BC), com os seguintes objetivos específicos:

- Comparar a variabilidade granulométrica e teor de carbonatos entre as províncias nas distintas batimetrias amostradas.
- Comparar a variabilidade granulométrica e teor de carbonatos entre as fácies lamosa, arenosa e carbonática da plataforma continental.
- Classificar as texturas sedimentares nas diferentes fácies da plataforma continental, talude e cânion.
- Classificar os sedimentos quanto à origem em função das porcentagens de carbonato.

Hipóteses Nulas

- Não há diferença estatística entre granulometria e teor de carbonatos da faciologia sedimentar arenosa da plataforma continental nas três regiões da bacia de Campos, considerando a comparação das áreas amostrais posicionadas na isóbata de 100 m;

- Não há diferença estatística entre granulometria e teor de carbonatos da faciologia sedimentar carbonática da plataforma continental nas três regiões da bacia de Campos, considerando a comparação das áreas amostrais posicionadas na isóbata de 100 m;
- Não há diferença entre granulometria e teor de carbonatos da faciologia sedimentar lamosa (100 m) da plataforma continental da bacia de Campos;
- Não há diferença estatística entre granulometria e teor de carbonatos do sedimento no talude das três regiões da Bacia de Campos, considerando a comparação das áreas amostrais posicionadas sobre a mesma isóbata;
- Não há diferença estatística entre granulometria e teor de carbonatos do sedimento obtidos no talude e dentro dos cânions nas três regiões da bacia de Campos, considerando a comparação das áreas amostrais posicionadas sobre a mesma isóbata;
- Não há variação temporal na granulometria e teor de carbonatos considerando a comparação dos resultados do PMAR-BC com os do Programa de Caracterização Ambiental Regional da Bacia de Campos (PCR-BC) sobre as mesmas isóbatas (100 m, 400 m e 700 m) e fácies.

IV.9.2 – METODOLOGIAS APLICADAS

IV.9.2.1 – Metodologia de Campo

As informações sobre os métodos aplicados durante a amostragem podem ser encontrados no Capítulo III, item III.3.1 – MÉTODOS DE AMOSTRAGEM, em que estão inclusas os procedimentos referentes à metodologia de amostragem do compartimento sedimento. No item III.3.1.3.2 – Metodologia de coleta, estão apresentados os procedimentos de coleta de amostras de sedimento (0-2 cm) para análise de granulometria e teor de carbonato em laboratório (Unidade Multiusuário de Análises Ambientais - UMAA/UFRJ).

IV.9.2.2 – Metodologia Analítica

IV.9.2.2.1 – Granulometria

As amostras de sedimento destinadas às análises de granulometria permaneceram refrigeradas até a véspera do processo analítico, quando mantidas por 24 horas sob temperatura ambiente. As amostras foram peneiradas por via úmida na peneira de 1 mm e, na ausência de resíduos retidos, foram levadas ao granulômetro a laser Malvern, modelo Hydro 2000 MU. A essas amostras foram adicionados até 800 mL de água, no béquer do próprio equipamento, até a obtenção do grau de obscuração necessário para a leitura. A leitura das amostras foi realizada automaticamente por três vezes consecutivas, de modo que o resultado fornecido pelo equipamento corresponde aos valores médios.

As amostras que continham partículas maiores que 1 mm foram também analisadas por peneiramento a seco (Sugio, 1973). As amostras foram submetidas a secagem a 105 °C (Estufa Deleo) até obtenção de peso constante. Posteriormente foram pesadas (peso inicial), reidratadas e mantidas em agitação mecânica por duas horas (Agitador Rotativo de Cilindros, Nova Instruments). A

fração úmida foi peneirada em peneira de 1 mm e a parte retida foi submetida a secagem de 105 °C por 24 horas. Esse material seco foi peneirado em peneiras de 4 mm, 2 mm e 1 mm, com suas respectivas frações pesadas individualmente em balança analítica de quatro casas decimais (Balança Analítica Bel, Mark 214A). A fração de sedimento inferior a 1 mm foi mantida em repouso por 18 horas, em cálice de decantação de 250 mL, para ser levada ao granulômetro a laser.

Os parâmetros estatísticos descritivos determinados pela análise granulométrica estão apresentados no item IV.9.2.3 – Metodologia de Tratamento de Dados.

A Tabela IV.9.2.2.1-1 apresenta os métodos de análise empregados nas amostras de sedimento do PMAR-BC para granulometria.

Tabela IV.9.2.2.1-1 – Métodos de análise de granulometria, massa analisada (g) e limites de detecção

Parâmetros	Referência Metodológica	Massa Analisada	Valores de LD
Granulometria	Granulometria a laser e peneiramento a seco (Wentworth, 1922; Suguio, 1973; Blott & Pye, 2001; Blott, 2010)	5 g (sedimento < 1 mm)	0,01 µm
		50 g (sedimento > 1 mm)	

IV.9.2.2.2 – Teor de Carbonatos

O teor de carbonatos foi determinado por dissolução ácida (Holme & McIntyre, 1984; Suguio, 1973). Um grama de sedimento da amostra foi macerado, pesado em balança de 4 casas decimais (Bel, Mark 214 A) e colocado em tubo (Falcon) de 50 mL, adicionando-se 35 mL de ácido clorídrico PA a 10 %. Na sequência, os tubos foram mantidos em agitador rotatório (Nova Instruments) por 18 horas e, em seguida, foram levados a centrifugação (centrífuga Quimis,

Q222TM2) por 5 minutos a 3000 rpm. O sobrenadante foi descartado e o sedimento foi homogeneizado com água ultra pura (Milli-Q®). Os procedimentos de centrifugação, descarte e homogeneização foram realizados por três vezes, consecutivamente. Posteriormente o sedimento passou por processo de secagem em estufa (Deleo 30-300 °C) a 60 °C até peso constante e novamente foi pesado utilizando-se a mesma balança. O cálculo percentual do teor de carbonatos na amostra foi realizado considerando-se o peso inicial, antes do ataque ácido, e o peso final, após a descarbonatação.

A Tabela IV.9.2.2.2-1 apresenta um resumo do método de análise empregado nas amostras de sedimento do PMAR-BC para teor de carbonatos.

Tabela IV.9.2.2.2-1 – Método de análise de Carbonatos, massa analisada (g) e limites de detecção

Parâmetros	Referência Metodológica	Massa Analisada	Valores de LD
Carbonatos	Dissolução ácida (Holme & McIntyre, 1984; Suguio, 1973)	1 g	0,10%

Controles Analíticos

Os controles de qualidade da metodologia de análise granulométrica passaram pela realização de análise tripla de uma amostra a cada 20 análises e por análises do sedimento de referência da UMAA (controle interno), utilizado como controle da estabilidade do equipamento. Para validação dos resultados, o coeficiente de variação em cada classe granulométrica da amostra de controle deveria ser inferior à 10% em 80% das análises diárias.

Durante as análises das amostras do PMAR-BC foram realizadas 162 leituras da amostra controle da UMAA, obtendo-se em média desvio padrão de $\pm 0,57$ e coeficiente de variação (média) de 9,07%.

Para fins de controle analítico na determinação do teor de carbonatos, a cada 20 amostras analisadas, foi realizada uma réplica amostral, com cálculo de desvio padrão e coeficiente de variação. Todas as análises realizadas em duplicata para

as amostras do PMAR-BC apresentaram, em média, desvio padrão de $\pm 1,08$ e coeficiente de variação (média) de 2,1%.

IV.9.2.3 – Metodologia de Tratamento de Dados

As informações sobre os métodos aplicados para o tratamento de dados (estatística descritiva, correlações, NMDS, análises fatoriais não-paramétricas, entre outras) e os procedimentos nos quais foram realizados os agrupamentos dos dados do compartimento Sedimento podem ser encontrados no Capítulo III, item III.3.3 – MÉTODOS DE TRATAMENTO DE DADOS.

De maneira a otimizar a apresentação de resultados e permitir uma melhor exploração dos dados, as variáveis analisadas foram agrupadas conforme Tabela IV.9.2.3-1. Não foram feitas transformações nas unidades nos grupos de variáveis.

Tabela IV.9.2.3-1 – Apresentação das variáveis de sedimentologia usadas nas análises uni e multivariadas

Grupos de variáveis	Variáveis e unidades	Rótulos
Granulometria	cascalho (%)	CASC
	areias (%)	AREIA
	silte-argila (%)	LAMA
Carbonatos	carbonatos (%)	CARB

Ressalta-se que esta avaliação dos resultados, a partir do agrupamento de classes granulométricas, foi realizada de forma complementar à análise dos dados das classes granulométricas detalhadas e descritas na Tabela IV.9.2.3-2. Os sedimentos foram classificados de acordo com o tamanho dos grãos segundo a escala de Wentworth (1922), conforme as classes apresentadas na Tabela IV.9.2.3-2.

Tabela IV.9.2.3-2 – Escala de tamanhos de grão de Wentworth (1922)

Frações	mm	phi (ϕ)
Seixo	64 – 4	-6 0 -2
Cascalho	4 - 2	-2 a -1
Areia Muito Grossa	2 - 1	-1 a 0
Areia Grossa	1 – 0,500	0 a 1
Areia Média	0,500 – 0,250	1 a 2
Areia Fina	0,250 – 0,125	2 a 3
Areia muito Fina	0,125 – 0,063	3 a 4
Silte Grosso	0,063 – 0,031	4 a 5
Silte Médio	0,031 – 0,016	5 a 6
Silte Fino	0,016 – 0,008	6 a 7
Silte Muito Fino	0,008 – 0,004	7 a 8
Argila	<0,004	8 a >11

Parâmetros descritivos da granulometria do sedimento (determinação percentual, estatística e classificações do sedimento) foram realizadas nas amostras: o cálculo final da porcentagem das frações dos grãos foi realizado a partir do peso inicial da amostra, do peso de cada fração retida nas peneiras e das porcentagens fornecidas pelo equipamento resultando em granulometria final do sedimento (percentual), estatística (softwares GRADSTAT versão 8.0, Blott & Pye, 2001, e SAG - Sistema de Análise Granulométrica, Dias & Ferraz, 2004), e classificações do sedimento segundo Folk (Folk & Ward, 1957), Larssonneur (Dias, 1996) e Shepard (1954).

A classificação textural proposta por Folk (Folk & Ward, 1957), baseou-se em um diagrama triangular em que foram representados proporcionalmente os conteúdos percentuais em cascalho (> 2 mm), em areia (2 a 0,063 mm) e em lama (< 0,063 mm). A aplicação dessa classificação requereu o conhecimento da quantidade percentual de cascalho utilizando-se os limites categóricos de 80 %, 30 %, 5 % e traços (< 0,01 %) e da razão areia/lama, usando-se os limites categóricos proporcionais 9:1, 1:1 e 1:9. As amostras também foram classificadas segundo Shepard (1954) e Larssonneur (Dias, 1996). A Figura IV.9.2.3-1 apresenta a classificação quanto a porcentagens de carbonatos presente no sedimento.

Bioclástico CaCO ₃ > 70%
Biolitoclástico 50% < CaCO ₃ < 70%
Litobioclástico 30% < CaCO ₃ < 50%
Litoclástico CaCO ₃ < 30%

Figura IV.9.2.3-1 – Diagrama com a classificação do sedimento em relação as porcentagens de carbonatos (modificado de Dias, 1996).

Os parâmetros descritivos da análise de granulometria foram:

- Mediana: valor da granulação no ponto correspondente a 50% da distribuição sobre os gráficos de sequências acumulativas e define a granulometria que separa a amostra analisada em duas metades iguais em peso.
- Média: valor do diâmetro do centro de gravidade da curva de distribuição de frequência. Reflete a média geral do tamanho dos sedimentos, sendo afetada pela fonte de suprimento do material, pelo processo de deposição e pela velocidade da corrente.
- Selecionamento (desvio-padrão gráfico): aspecto importante nas análises granulométrica pois pode ser usado como medida de dispersão dos grãos de uma amostra.
- Assimetria gráfica (SKI): o grau de assimetria de um sedimento é indicado pelo afastamento do diâmetro médio da mediana. Em uma distribuição simétrica, o diâmetro médio e a mediana coincidem e, portanto, não existe assimetria. Se a assimetria for negativa, a média será menor que a mediana e a distribuição se encontrará desviada para valores de phi menores ou para partículas mais grosseiras. Por outro lado, se a assimetria for positiva a distribuição se encontrará desviada para os valores de phi maiores ou para as partículas mais finas.
- Curtose gráfica e curtose gráfica normalizada: a medida da curtose retrata o grau de agudez dos picos nas curvas de distribuição de frequência. A maior parte das medidas de curtose computa a razão entre

as dispersões (espalhamento) na parte central e nas caudas das curvas de distribuição.

Análises exploratórias dos dados passaram por análises de estatística descritiva, a partir da obtenção de médias, medianas, desvios padrão, mínimos, máximos, porcentagens e elaboração de gráficos em barra. Para esse procedimento foram utilizados o pacote Excel (Microsoft®- versão 2017) e o programa Statistica (StatSoft – versão 9.0). Diagramas texturais utilizando os resultados granulométricos (lama, areia e cascalho) obtidos foram gerados a partir do software GRADSTAT - versão 8.0.

A avaliação das análises exploratórias multivariadas dos parâmetros de granulometria foi realizada a partir da interpretação das análises de ordenação NMDS (similaridade - distância Euclidiana) e Análise em Componentes Principais (PCA) para posicionamento gráfico dos parâmetros analisados, descritas no Capítulo III, item III.3.3.1.

As análises inferenciais dos resultados de Granulometria e Carbonatos foram realizadas conforme apresentado no Capítulo III, item III.3.3.1 de forma a atender os objetivos do projeto e testar as hipóteses referentes a possíveis diferenças entre os resultados encontrados. Comparações dos dados granulométricos e teor de carbonatos entre as fácies da plataforma continental, áreas e profundidades amostrais foram realizadas a partir da análise PERMANOVA. Adicionalmente, análises de PERMDISP, baseadas nas matrizes usadas nas análises PERMANOVA, foram utilizadas para verificação da homogeneidade na dispersão dos dados analisados e ratificação das análises PERMANOVA.

Nas análises inferenciais utilizadas para comparar dados dos projetos PMAR-BC e PCR-BC, foram seguidos os procedimentos descritos no Capítulo III, item III.3.2.

IV.9.3 – RESULTADOS

IV.9.3.1 – Granulometria

A Tabela IV.9.3.1-1 apresenta uma síntese da estatística descritiva aplicada às características granulométricas do sedimento obtidas na primeira campanha do PMAR-BC (para todo o conjunto de amostras analisadas), considerando-se as diferentes províncias (plataforma, talude e cânion), áreas (norte, centro e sul), batimetria (100 m, 400 m e 700 m) e fácies da plataforma (arenosa, carbonática e lamosa).

A plataforma continental apresentou as três principais classes de sedimento: o cascalho, a areia e a lama (Figura IV.9.3.1-1). Na plataforma carbonática sul foram registrados os maiores teores de cascalho (média de 33,4 %), enquanto a areia foi a fração predominante (média de 89,1 %) na plataforma arenosa centro. Os polígonos da plataforma arenosa foram caracterizados pelas maiores frações de areia (média >70%). Nessa faciologia, o polígono da área centro foi o que apresentou a menor fração de lama durante o monitoramento (média ~ 90%) (Figura IV.9.3.1-2). Na fácies carbonática, destacou-se o polígono sul pela ocorrência de sedimentos com as maiores concentrações de cascalho (média > 30%), Figura IV.9.3.1-2. O polígono da plataforma lamosa apresentou sedimentos com preponderância de lama (média ~ 80%), destoando dos demais polígonos da plataforma (Figura IV.9.3.1-2).

No talude e cânions o sedimento foi marcado pelas maiores porcentagens de grãos finos, principalmente os siltes (Figura IV.9.3.1-1). A fração cascalho, quando presente, ocorreu em baixa frequência no polígono sul isóbata de 400 m (média 0,5 %). Chamou atenção as porcentagens da fração areia nos polígonos das áreas centro e sul, com frequências médias próximas à 43 e 50% respectivamente (Figura IV.9.3.1-1). As variações das proporções granulométricas de cada ponto amostral nas províncias analisadas encontram-se no ANEXO [IV.9.7-1].

Tabela IV.9.3.1-1 – Tabela resumo da estatística descritiva: média, desvio padrão (DP), mediana, mínimo (Mín) e máximo (Máx) das análises de Granulometria do PMAR-BC01

Parâmetro		PLATAFORMA							TALUDE						CÂNIONS		
		NORTE		CENTRO		SUL			NORTE		CENTRO		SUL		NORTE		SUL
		Arenosa	Carbonática	Arenosa	Carbonática	Arenosa	Carbonática	Lamosa	400m	700m	400m	700m	400m	700m	400m	700m	700m
Cascalho (%)	Média	6,5	12,6	3,0	13,0	9,2	33,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,5	0,0	0,1	0,0	0,0	
	DP	8,7	11,0	5,2	8,3	12,0	11,1	0,0	0,0	0,0	0,0	1,5	0,0	0,1	0,0	0,0	
	Mediana	3,6	5,5	1,0	11,6	1,9	29,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
	Mín	0,6	1,9	0,6	4,3	0,9	21,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
	Máx	33,5	33,6	19,7	37,2	35,7	55,7	0,0	0,0	0,0	0,0	7,1	0,0	0,4	0,0	0,0	
Areias (%)	Média	77,0	45,5	89,1	67,8	73,4	54,2	20,7	15,3	13,2	43,3	18,6	50,4	16,7	26,7	21,9	15,5
	DP	14,5	9,2	5,3	13,7	13,4	11,5	6,3	3,1	2,9	8,9	5,2	14,2	3,8	5,6	3,7	3,2
	Mediana	83,7	44,5	90,8	69,1	75,6	57,7	19,4	14,4	12,7	45,0	18,8	52,0	15,8	26,7	21,7	14,5
	Mín	52,4	32,4	75,9	35,3	46,5	35,8	12,8	11,9	8,9	27,9	8,0	11,0	12,2	17,8	16,6	12,8
	Máx	93,7	56,6	93,1	86,3	91,1	69,0	35,9	25,4	19,9	60,9	31,3	70,2	24,9	37,5	28,3	26,1
Areia muito Grossa (%)	Média	7,9	7,6	10,0	13,7	14,5	15,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,0	0,0	0,6	0,1	0,0	
	DP	4,0	2,5	3,1	5,1	5,5	4,9	0,0	0,0	0,0	0,0	6,6	0,0	0,6	0,2	0,0	
	Mediana	8,4	7,3	10,2	15,3	12,4	15,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,4	0,0	0,0	
	Mín	0,9	2,9	6,2	5,7	7,1	5,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
	Máx	15,1	10,8	18,0	21,5	27,4	22,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	33,0	0,0	1,7	0,8
Areia Grossa (%)	Média	22,0	4,1	12,4	13,0	17,9	14,2	0,3	0,2	0,1	1,3	0,5	4,6	0,2	0,1	0,2	0,3
	DP	8,4	2,5	1,8	6,0	5,5	4,1	0,3	0,3	0,1	0,8	0,5	4,3	0,2	0,1	0,1	0,3
	Mediana	22,4	3,8	12,6	13,2	17,2	14,9	0,2	0,2	0,1	1,1	0,4	2,7	0,1	0,1	0,2	0,2
	Mín	10,8	0,3	9,1	4,6	8,8	7,5	0,0	0,0	0,0	0,4	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,1
	Máx	36,9	9,3	14,8	26,8	27,9	20,4	1,5	1,3	0,4	3,9	2,7	18,4	0,6	0,4	0,4	1,4
Areia média (%)	Média	30,0	6,5	13,7	15,2	24,3	15,2	1,3	1,1	1,0	6,9	2,7	10,6	1,2	0,9	1,0	2,0
	DP	7,9	2,3	2,6	5,5	8,5	3,4	0,9	0,5	0,5	2,9	1,4	4,9	1,1	0,6	0,5	1,0
	Mediana	31,6	6,7	13,4	14,8	25,7	15,5	1,3	1,2	0,9	5,9	2,3	9,3	0,8	0,8	0,9	1,7
	Mín	16,0	2,4	9,3	7,5	8,7	8,8	0,2	0,1	0,1	3,3	1,0	3,3	0,0	0,1	0,3	0,9
	Máx	41,8	10,8	17,8	27,1	35,2	20,4	4,3	2,2	2,5	16,2	6,7	20,4	3,8	1,7	1,9	5,2

Parâmetro		PLATAFORMA							TALUDE						CÂNIÕES		
		NORTE		CENTRO		SUL			NORTE		CENTRO		SUL		NORTE		SUL
		Arenosa	Carbonática	Arenosa	Carbonática	Arenosa	Carbonática	Lamosa	400m	700m	400m	700m	400m	700m	400m	700m	700m
Areia Fina (%)	Média	12,7	10,9	26,2	13,3	12,0	6,7	4,7	3,3	3,0	15,0	4,9	14,6	4,3	6,3	5,4	4,0
	DP	5,4	4,1	3,9	3,5	4,6	1,2	2,2	0,9	1,0	4,1	1,8	7,3	1,5	2,2	1,4	1,2
	Mediana	11,6	10,8	26,4	13,7	13,9	6,8	4,2	3,2	2,8	15,7	4,8	13,6	4,0	5,8	5,1	3,7
	Mín	7,0	5,1	17,2	7,2	3,4	5,1	2,1	2,2	1,5	8,4	1,4	2,5	2,6	3,1	3,2	2,9
	Máx	20,9	16,6	30,4	19,9	17,7	9,0	10,2	6,2	5,2	22,5	9,3	28,6	8,0	11,6	7,8	7,8
Areia muito fina (%)	Média	4,4	16,3	26,8	12,6	4,4	3,1	14,4	10,6	9,1	20,1	10,5	18,6	10,9	18,8	15,3	9,2
	DP	2,4	5,7	5,3	3,9	1,7	0,6	3,7	2,2	1,9	2,8	2,0	8,4	1,6	3,2	2,3	0,9
	Mediana	3,8	14,9	27,5	12,8	4,1	3,1	13,4	9,9	8,7	19,9	10,5	18,1	10,7	18,9	15,0	8,9
	Mín	0,5	8,2	16,4	7,3	2,0	2,4	8,9	8,5	6,5	15,5	5,3	3,6	8,4	13,9	11,3	8,2
	Máx	8,7	24,6	33,5	21,4	7,5	4,8	22,6	17,7	12,7	27,7	14,9	35,3	15,2	24,9	18,9	11,7
Silte (%)	Média	10,6	32,0	6,3	13,3	11,8	7,9	69,9	73,9	74,1	47,0	67,8	40,3	71,7	59,6	65,1	72,0
	DP	6,6	6,8	1,3	5,6	4,8	2,2	5,7	3,4	3,4	8,8	5,3	12,9	3,3	4,4	4,3	3,1
	Mediana	7,1	30,9	6,0	12,3	10,7	8,6	70,5	75,1	74,7	44,4	68,2	41,3	72,7	60,0	64,4	73,0
	Mín	3,5	17,1	3,8	3,6	6,0	3,6	55,4	63,2	68,5	30,8	56,6	16,7	64,5	52,0	59,1	63,5
	Máx	23,0	43,6	9,2	23,5	21,5	11,4	78,8	78,0	80,0	60,4	78,0	74,4	76,4	66,4	72,9	76,0
Argila (%)	Média	5,9	9,9	1,6	6,0	5,6	4,5	9,3	10,9	12,6	9,7	13,6	8,8	11,6	13,5	12,9	12,4
	DP	3,3	1,7	0,8	3,5	2,4	2,4	1,6	1,5	1,6	1,2	1,5	2,9	2,0	1,9	3,0	0,9
	Mediana	4,4	9,6	1,5	4,2	5,2	4,3	9,1	10,9	12,7	9,4	14,2	8,6	11,5	13,5	12,9	12,4
	Mín	2,3	6,3	0,6	1,0	2,1	1,6	6,3	8,6	10,2	8,1	10,3	5,1	7,9	10,4	8,1	10,4
	Máx	11,8	13,2	3,6	11,9	11,4	9,6	13,3	15,2	17,1	11,9	16,0	15,1	17,7	16,6	17,2	14,3
Silte + Argila (%)	Média	16,5	41,9	7,9	19,2	17,4	12,4	79,3	84,7	86,8	56,7	81,4	49,9	83,3	73,2	78,0	84,5
	DP	9,8	7,8	2,0	8,9	7,1	4,3	6,3	3,1	2,9	8,9	5,2	14,3	3,8	5,5	3,8	3,2
	Mediana	10,7	43,7	7,4	15,8	15,5	12,2	80,6	85,6	87,3	55,0	81,2	50,2	84,2	73,2	78,3	85,5
	Mín	5,8	23,4	4,4	4,6	8,1	5,5	64,1	74,6	80,1	39,1	68,7	25,4	75,1	62,4	71,7	73,9
	Máx	33,7	54,3	12,8	33,3	30,7	21,1	87,2	88,1	91,1	72,1	92,0	89,0	87,8	81,8	83,4	87,2

Legenda: Silte: somatório das classes silte grosso, silte médio, silte fino e silte muito fino; Argila: somatório das classes argila grossa, argila média e argila fina.

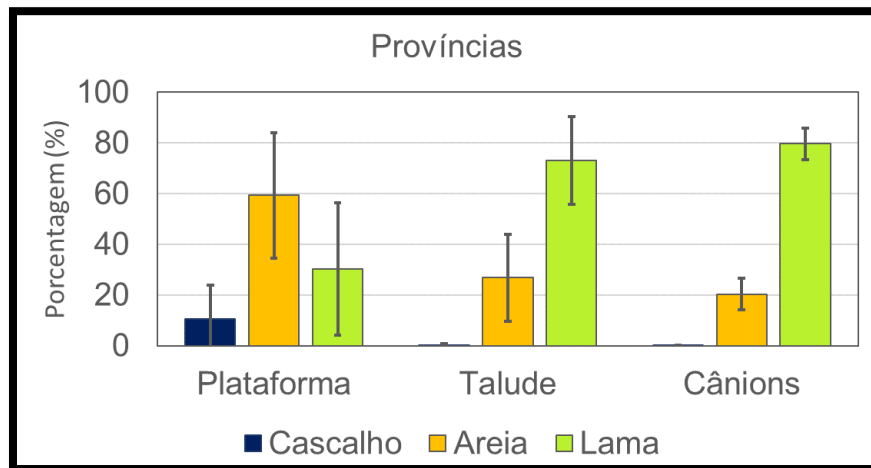


Figura IV.9.3.1-1 – Distribuição granulométrica (média %) nas **províncias** (plataforma, talude, cânions) do PMAR-BC01. As barras representam os valores médios e as linhas o desvio-padrão dos grupos de amostras.

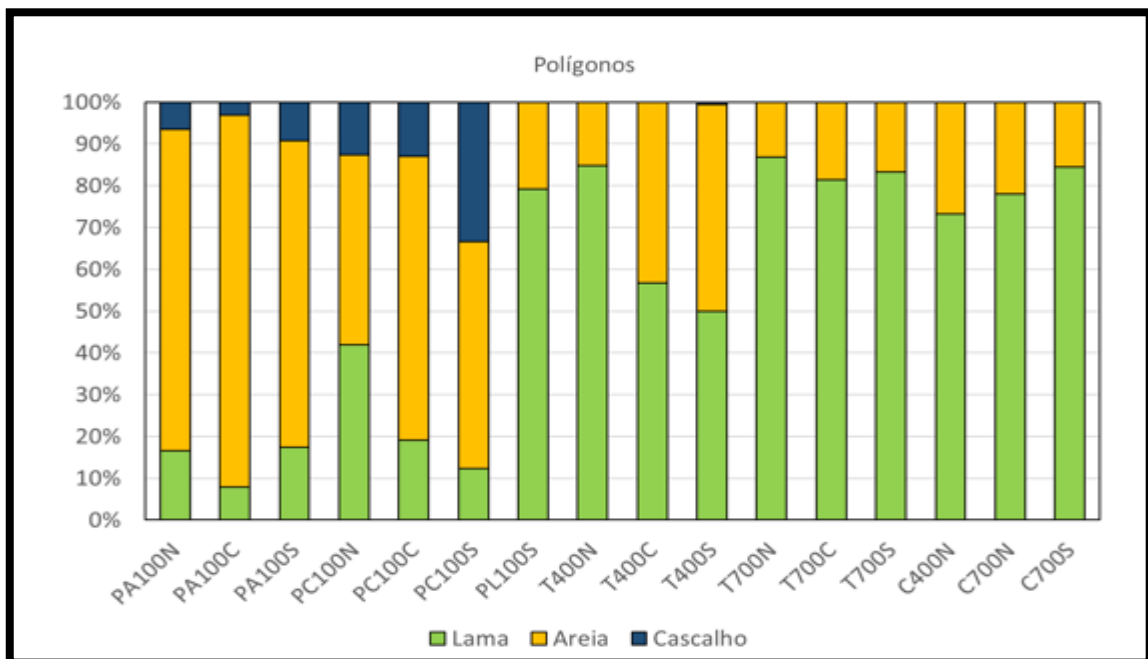


Figura IV.9.3.1-2 – Frequência acumulada das frações cascalho, areia e lama, nas **províncias** do PMAR-BC01. Isóbata de 100 m na plataforma de facilogia arenosa (PA100), carbonática (PC100) e lamosa (PL100), e isóbatas de 400 m e 700 m no talude (T400 e T700) e cânions (C400 e C700), nas áreas (norte - N, centro - C e sul - S). Representação em cores dos valores médios (%) dos grupos de amostras.

IV.9.3.1.1 - Plataforma das áreas Norte, Centro e Sul

Especificamente na plataforma continental, a fração de cascalho ocorreu em todas as áreas, com frequências médias inferiores à 20%. Nesta província, a fração areia foi predominante, sendo registradas na área centro as maiores porcentagens deste grão (Figura IV.9.3.1.1-1). Dentre as subclasses de areia, as áreas norte e sul foram marcadas pela predominância de areia média, distinguindo-se da área centro, cujo predomínio foi de areias finas e muito finas (Figura IV.9.3.1.1-2). A fração lama foi expressiva na área norte e principalmente na área sul, onde a fácies lamosa elevou a frequência média desta fração (Figura IV.9.3.1.1-1).

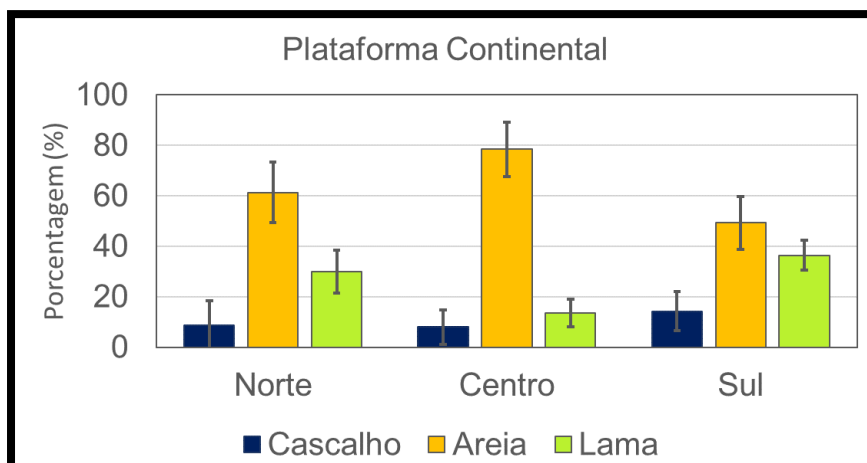


Figura IV.9.3.1.1-1 – Distribuição granulométrica (média %) nas áreas (norte, centro, sul) da **Plataforma Continental** do PMAR-BC01. As barras representam os valores médios e as linhas o desvio-padrão dos grupos de amostras.

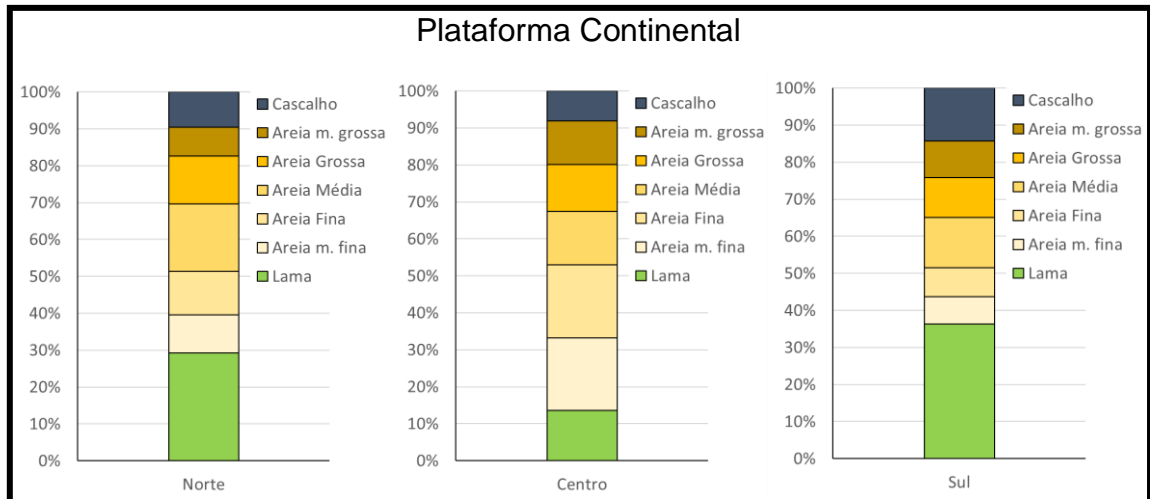
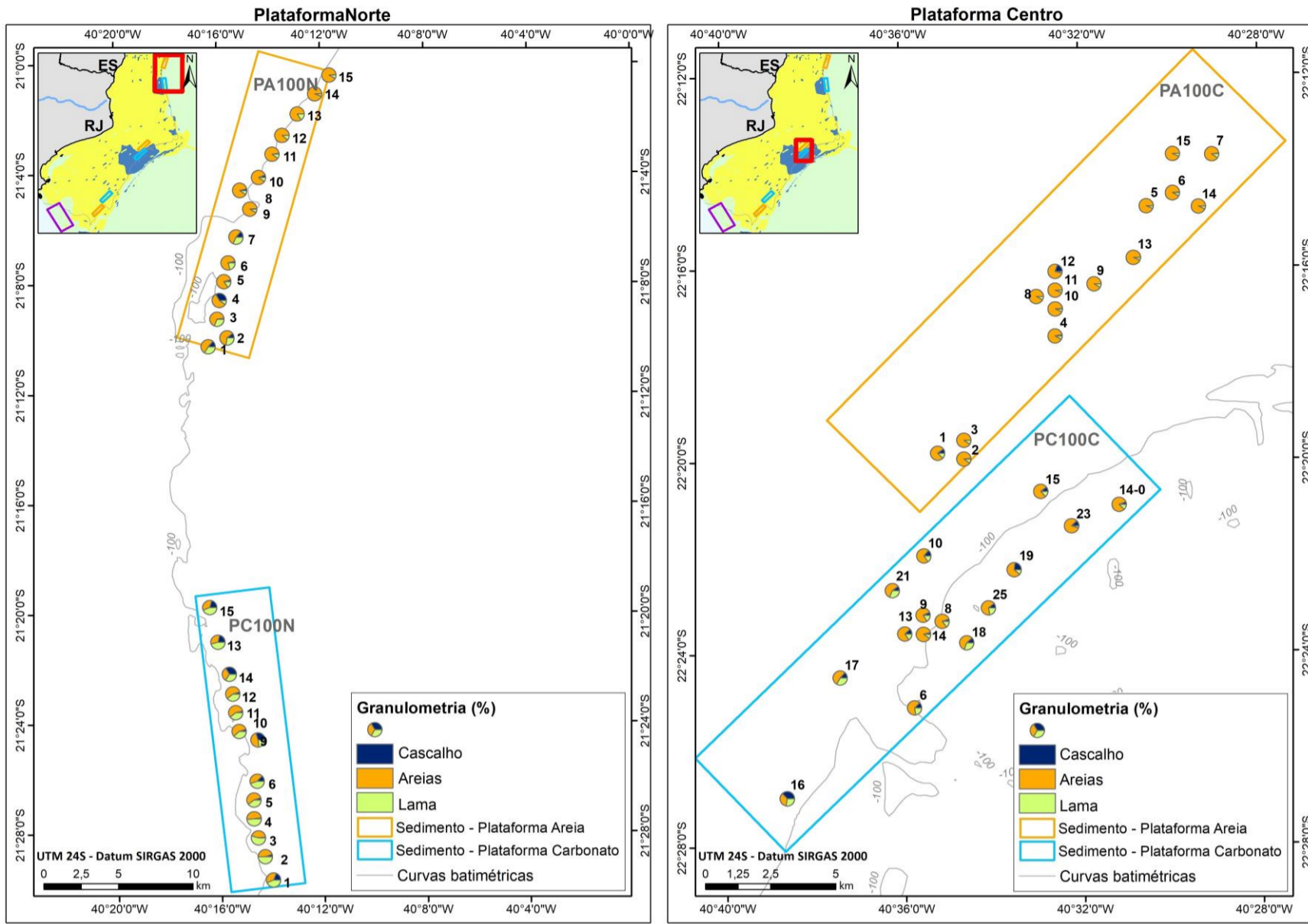


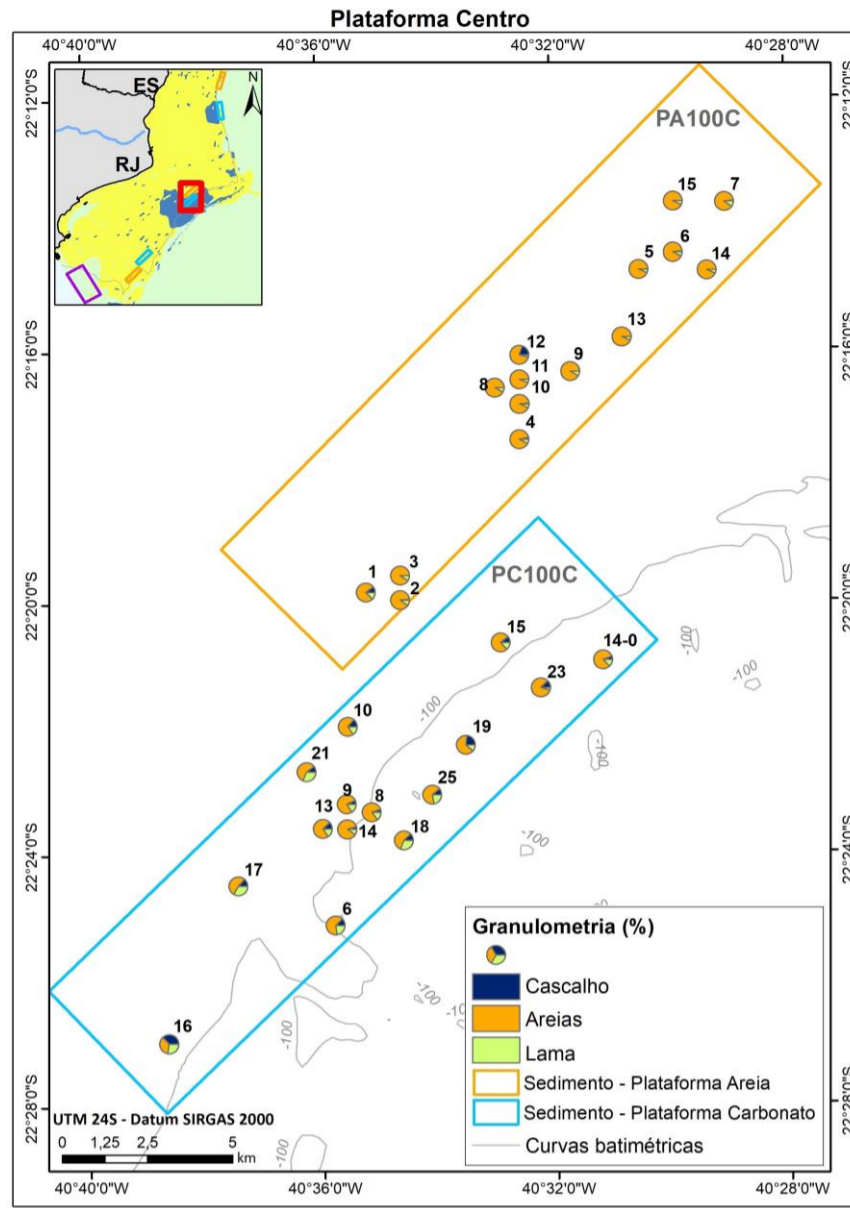
Figura IV.9.3.1.1-2 – *Frequência acumulada das frações cascalho, areia (areia muito grossa até areia muito fina) e lama (silte grosso até silte muito fino e argila), com detalhamento das frações predominantes na **Plataforma Continental** (áreas norte, centro e sul) do PMAR-BC01. Representação em cores dos valores médios dos grupos de amostras nas frações granulométricas.*

A heterogeneidade na plataforma continental pode ser observada pelas variações nas proporções granulométricas (cascalho, areia e lama) em cada estação de coleta amostrada (Figura IV.9.3.1.1-3 a, b e c). Adicionalmente, os diagramas triangulares com a composição textural do sedimento mostraram a dispersão dos tipos de sedimentos. Nas áreas norte e centro, os sedimentos apresentaram maiores proporções de areia na fácies arenosa, em relação à fácies carbonática. Em contrapartida, na área sul, destacou-se para a plataforma lamosa a maior proporção de lama. (Figura IV.9.3.1.1-4 a, b e c).

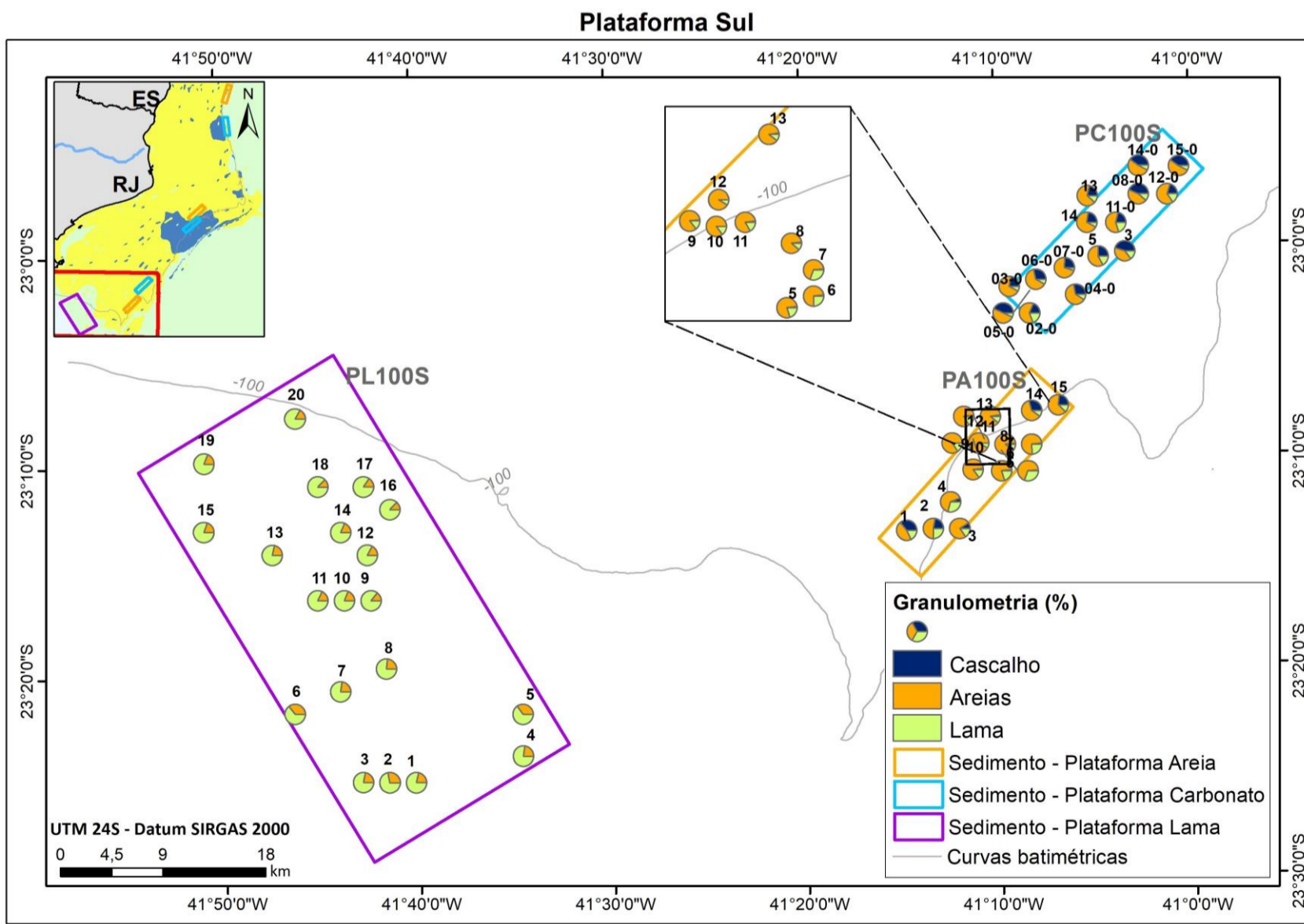
Adicionalmente, a análise em componentes principais (PCA) explicou 100% da variabilidade dos resultados observados na plataforma continental (ANEXO [IV.9.7-2] Figura 1). Através do eixo I (85% da variância) tem-se a porcentagem de lama (autovetor 0,73) e areia (autovetor -0,67) como os parâmetros mais influentes na variabilidade dos dados amostrados. Pelo segundo eixo (15% da variância), a porcentagem de cascalho (autovetor 0,81) foi o parâmetro que mais atuou na variabilidade. Esses resultados antecipam as características que serão descritas para cada uma das fácies.



(a)



(b)



(c)

Figura IV.9.3.1.1-3 – Distribuição granulométrica (%) nas áreas Norte (a), Centro (b) e Sul (c) da Plataforma na 1ª campanha do PMAR-BC.

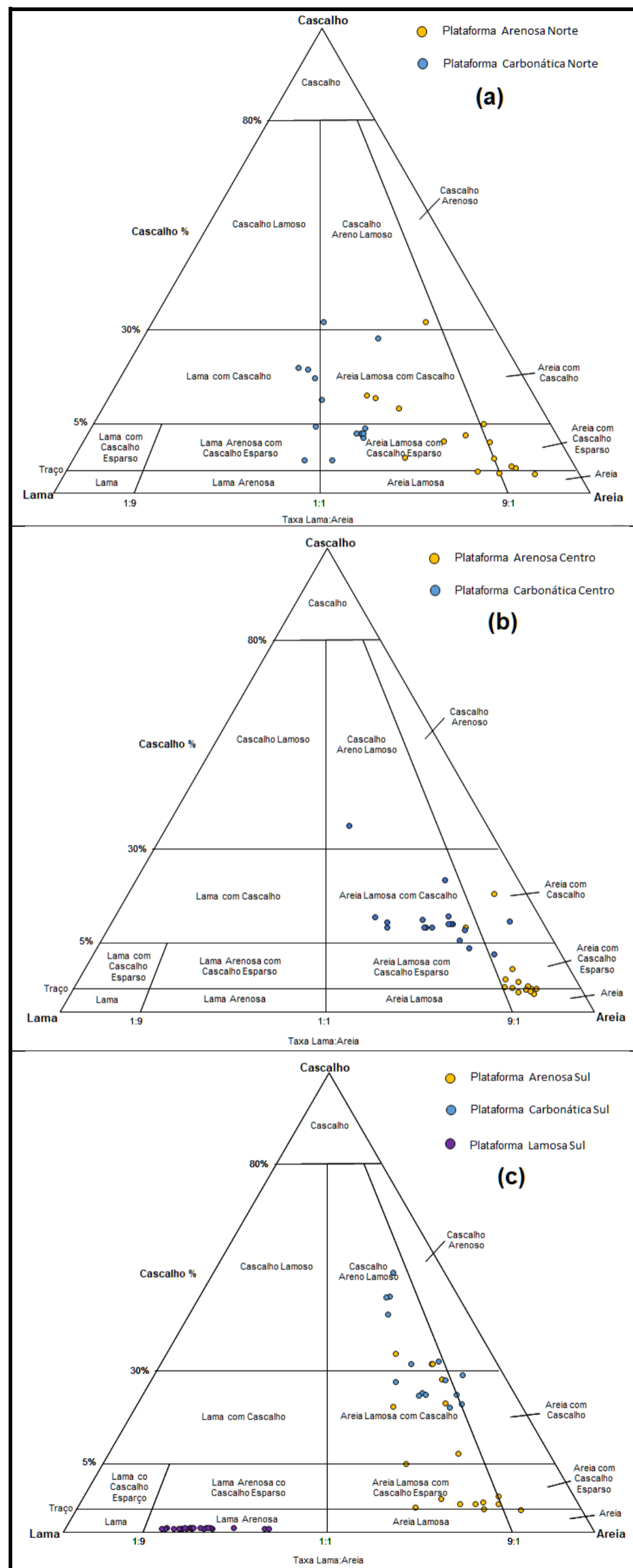


Figura IV.9.3.1.1-4 – Diagrama triangular segundo classificação textural de Folk & Ward (1957) de composição textural do sedimento (%) nas áreas (a) Norte, (b) Centro e (c) Sul da **Plataforma continental** na 1ª campanha do PMAR-BC. Círculos em cores representam as amostras das faciólogias Arenosa, Carbonática e Lamosa.

Plataforma Arenosa

As áreas de plataforma de faciologia arenosa no PMAR-BC apresentaram porcentagens médias de areia superiores à 70 % e frequências menores de cascalho e lama (Figura IV.9.3.1-2; Tabela IV.9.3.1-1). As áreas norte e sul apresentaram distribuição de subclasses de areia semelhantes, onde se destacam como frações predominantes a areia grossa e areia média. Na área centro as frações predominantes foram a areia fina e muito fina (Figura IV.9.3.1.1-5).

Pelas texturas granulométricas pode-se classificar a composição sedimentar da maior parte dos pontos amostrais em areia, areia com cascalho esparsos e areia lamosa com cascalho esparsos (Figura IV.9.3.1.1-4). As classificações de Folk para o selecionamento, assimetria e curtose estão descritas no ANEXO [IV.9.7-1] Tabelas 2, 4, e 6.

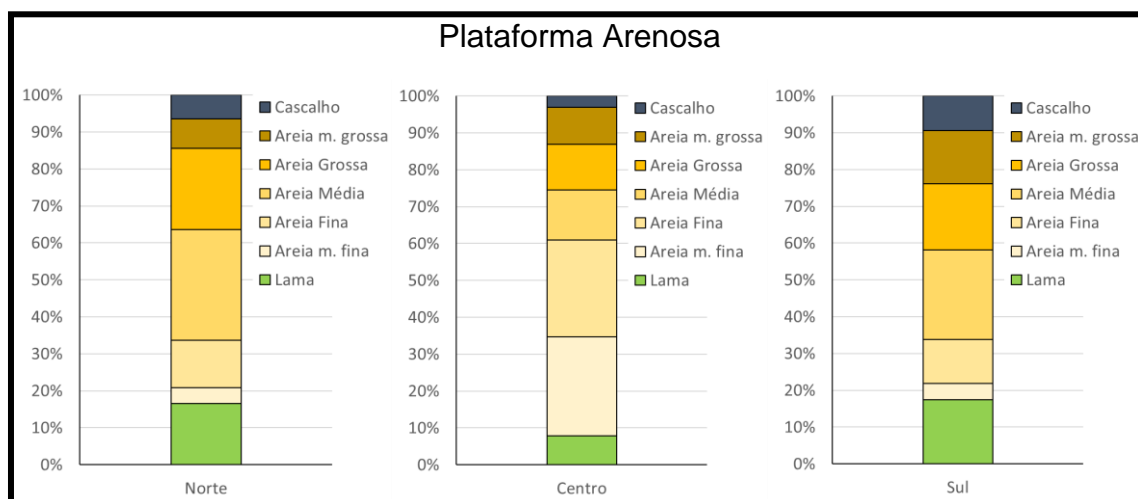


Figura IV.9.3.1.1-5 – Frequência acumulada das frações cascalho, areia (areia muito grossa até areia muito fina) e lama (silte grosso até silte muito fino e argila), com detalhamento das frações predominantes na **Plataforma Arenosa** (áreas norte, centro e sul) do PMAR-BC01. Representação em cores dos valores médios dos grupos de amostras nas frações granulométricas.

Plataforma Carbonática

Na faciologia carbonática as frações arenosas foram preponderantes, havendo também, considerável participação das frações de cascalho e lama no sedimento. Na área norte foram reportadas as maiores proporções de grãos finos (silte e argila), enquanto os sedimentos na área sul mostraram preponderância de cascalho (Tabela IV.9.3.1-1 e Figura IV.9.3.1-2). As subclasses de areia nesta província variaram diferentemente em cada área. Na área norte a areia muito fina foi predominante, no centro todas as subclasses distribuíram-se equilibradamente e na área sul houve a predominância de areia muito grossa, grossa e média (Figura IV.9.3.1.1-6).

A classificação do sedimento apontou, para a maior parte dos pontos amostrais, as texturas de areia lamosa ou lama arenosa (Figura IV.9.3.1.1-4). As classificações de Folk para o selecionamento, assimetria e curtose estão descritas no ANEXO [IV.9.7-1] Tabelas 10 a 12.

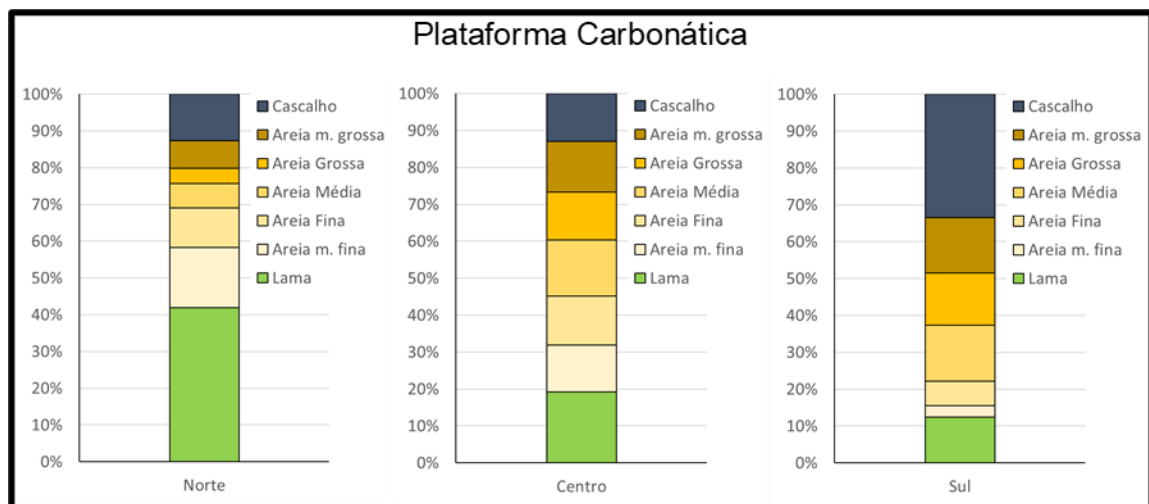


Figura IV.9.3.1.1-6 – Frequência acumulada das frações cascalho, areia (areia muito grossa até areia muito fina) e lama (silte grosso até silte muito fino e argila), com detalhamento das frações predominantes na **Plataforma Carbonática** (áreas norte, centro e sul) do PMAR-BC01. Representação em cores dos valores médios dos grupos de amostras nas frações granulométricas.

Plataforma Lamosa

Localizada na área sul, a plataforma lamosa foi marcada por não apresentar a fração cascalho e por uma média na porcentagem de lama próxima à 80% (Figuras IV.9.3.1-2 e IV.9.3.1.1-7). Assim pode-se descrever a textura deste sedimento como uma área de lama arenosa (Figura IV.9.3.1.1-4).

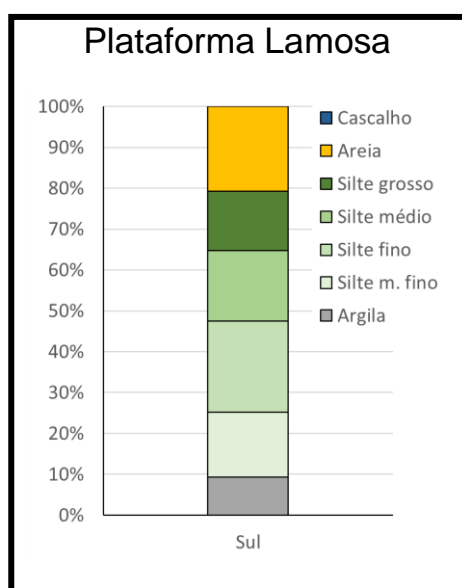


Figura IV.9.3.1.1-7 – Frequência acumulada das frações cascalho, areia (areia muito grossa até areia muito fina) e lama (silte grosso até silte muito fino e argila), com detalhamento das frações predominantes na **Plataforma Lamosa** (áreas norte, centro e sul) do PMAR-BC01. Representação em cores dos valores médios dos grupos de amostras nas frações granulométricas.

Os sedimentos dessa fácies apresentaram as diferentes frações de silte, havendo o predomínio de silte fino (Figura IV.9.3.1.1-7). As classificações de Folk para o selecionamento, assimetria e curtose para esta província estão descritas no ANEXO [IV.9.7-1] Tabela 13.

IV.9.3.1.2 – Talude das áreas Norte, Centro e Sul

No talude as frações lamosas foram mais expressivas que as frações de areia, sendo reportadas pequenas porcentagens de cascalho na área sul (Figuras IV.9.3.1.2-1, IV.9.3.1.2-2, IV.9.3.1.2-3 e IV.9.3.1.2-4). O silte foi a fração mais preponderante nos sedimentos, com as subclasses silte fino apresentando a maior porcentagem nas três áreas amostradas (Figura IV.9.3.1.2-2).

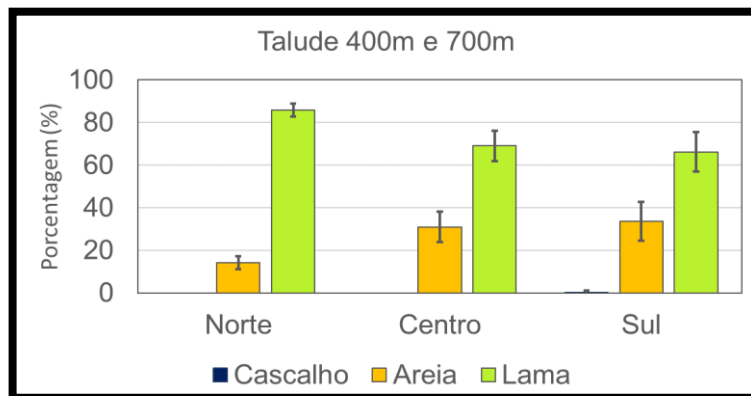


Figura IV.9.3.1.2-1 – Distribuição granulométrica (média %) nas áreas (norte, centro, sul) no **Talude**, grupo de amostras das isóbatas de 400 m e 700 m, do PMAR-BC01. As barras representam os valores médios e as linhas o desvio-padrão dos grupos de amostras.

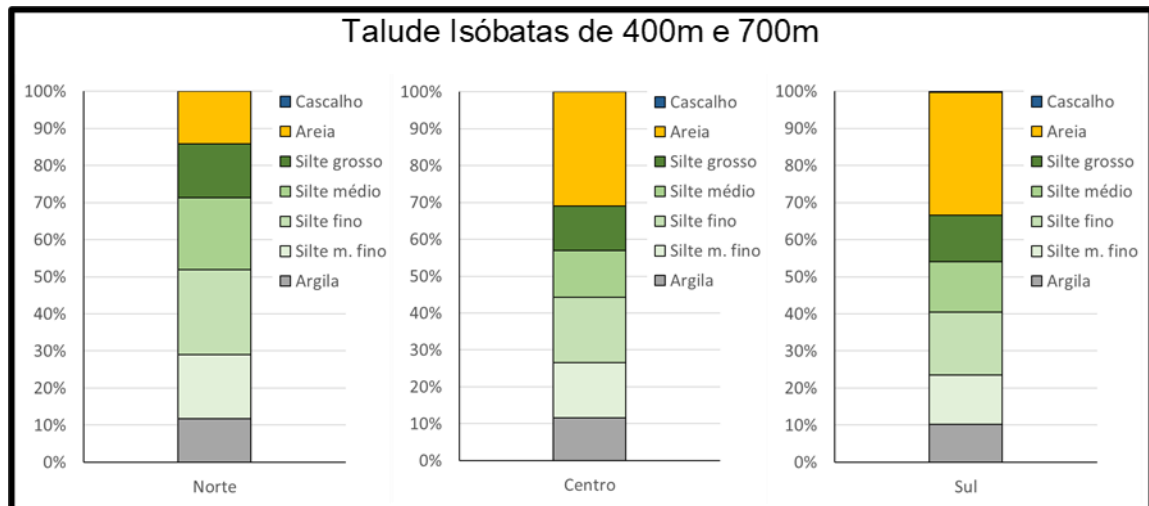


Figura IV.9.3.1.2-2 – Frequência acumulada das frações cascalho, areia (areia muito grossa até areia muito fina) e lama (silte grosso até silte muito fino e argila), com detalhamento das frações predominantes no **Talude**, grupo de amostras das isóbatas de 400 m e 700 m, (áreas norte, centro e sul) do PMAR-BC01. Representação em cores dos valores médios dos grupos de amostras nas frações granulométricas.

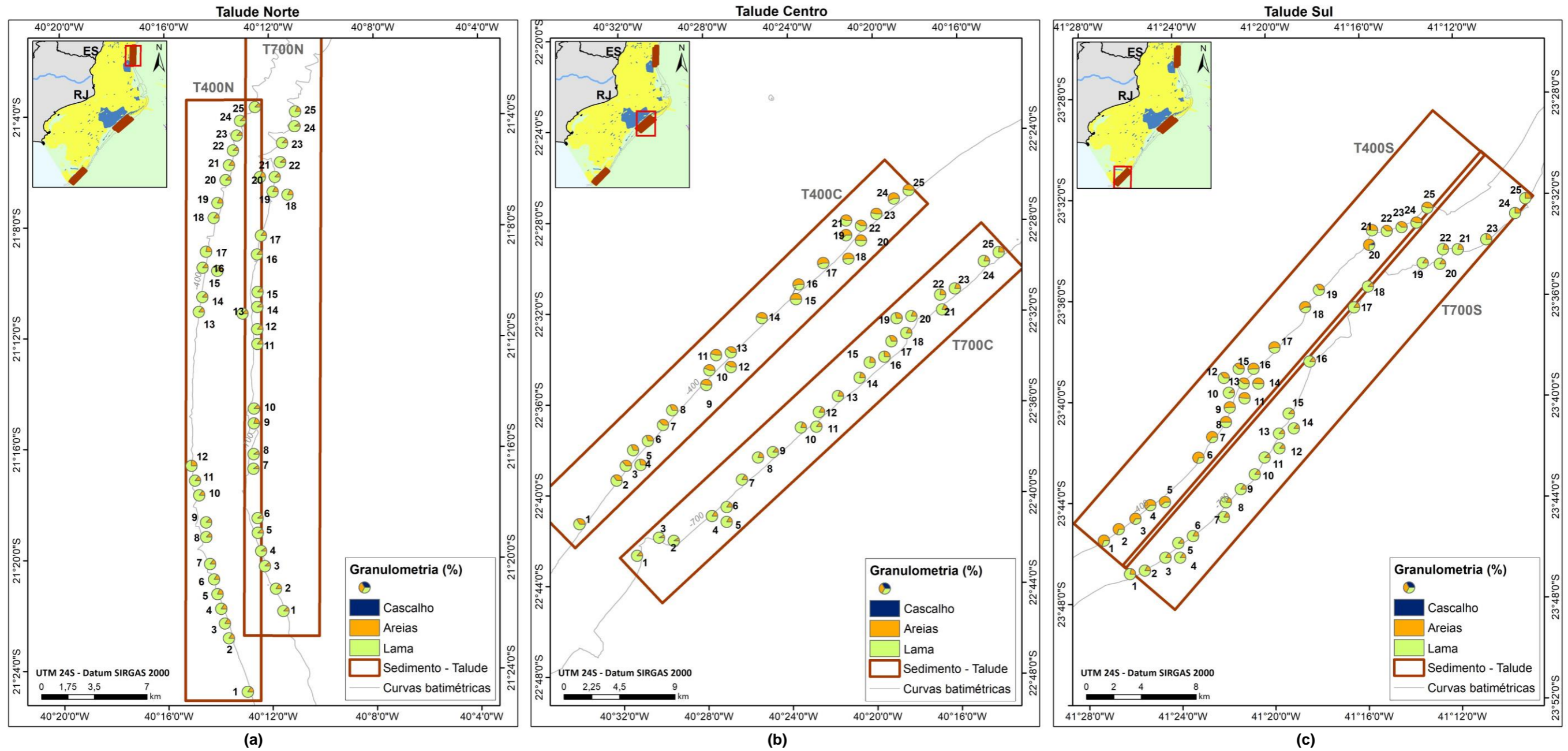


Figura IV.9.3.1.2-3 – Distribuição granulométrica (%) nas áreas Norte (a), Centro (b) e Sul (c) do Talude na 1ª campanha do PMAR-BC.

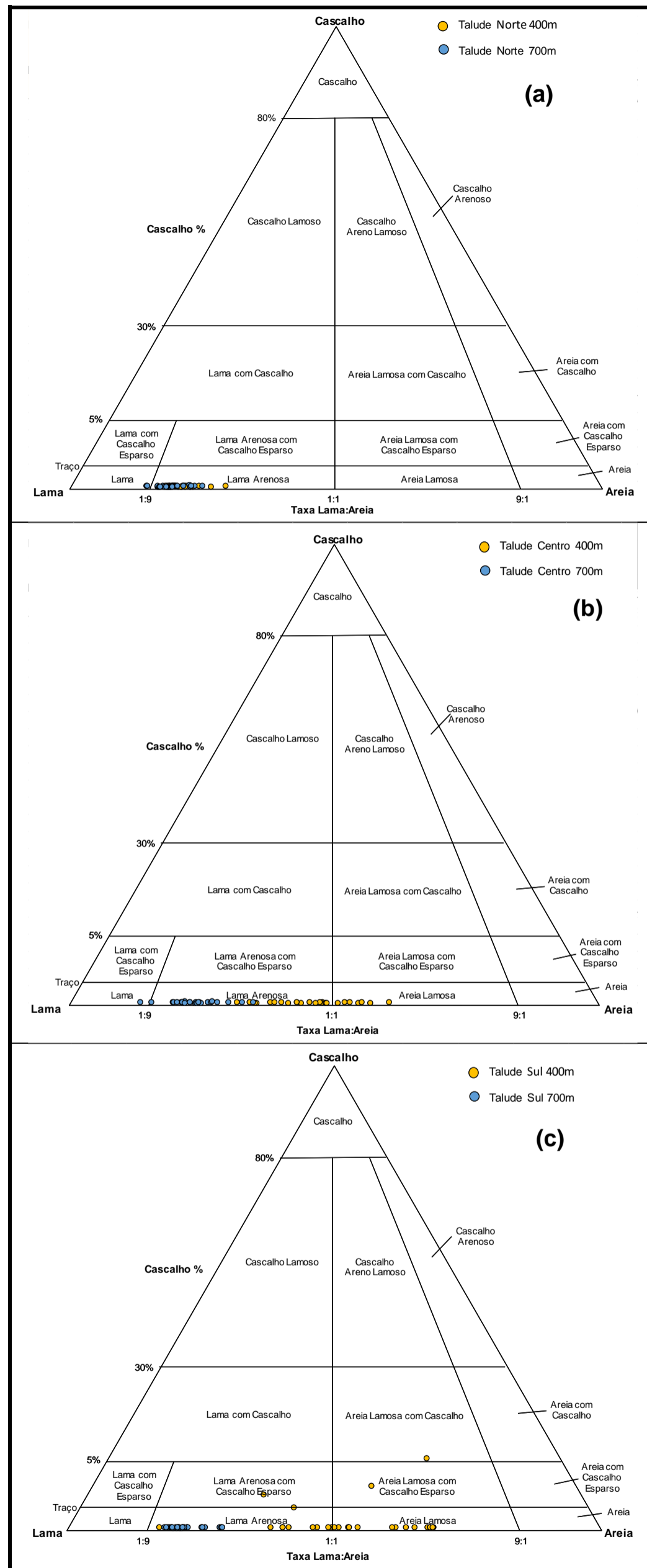


Figura IV.9.3.1.2-4 – Diagrama triangular segundo classificação textural de Folk & Ward (1957) de composição textural do sedimento (%) nas áreas (a) Norte, (b) Centro e (c) Sul do Talude na 1a campanha do PMAR-BC. Círculos em cores representam as amostras das isóbatas de 400 m e 700 m.

A partir da distribuição granulométrica nos pontos de coleta, observou-se a predominância da lama nas duas isóbatas desta província (400 m e 700 m). Nas áreas centro e sul verificou-se a maior contribuição de areia (Figura IV.9.3.1.2-3 a, b e c). Os diagramas texturais classificaram os sedimentos da área norte e centro em lama arenosa e lama. Na área sul os sedimentos estiveram entre as faixas de lama arenosa e de areia lamosa (Figura IV.9.3.1.2-4 a, b e c).

Talude - Isóбата de 400 m

Os sedimentos coletados na área norte não apresentaram a fração cascalho, havendo o predomínio de lama, cujo silte fino foi o principal constituinte. Nas áreas centro e sul, onde as frequências de areia foram mais expressivas, o silte médio teve as menores porcentagens e as demais subclasses distribuíram-se homogeneamente. A área centro também foi marcada por não apresentar cascalho em seu sedimento (Figuras IV.9.3.1-2 e IV.9.3.1.2-5).

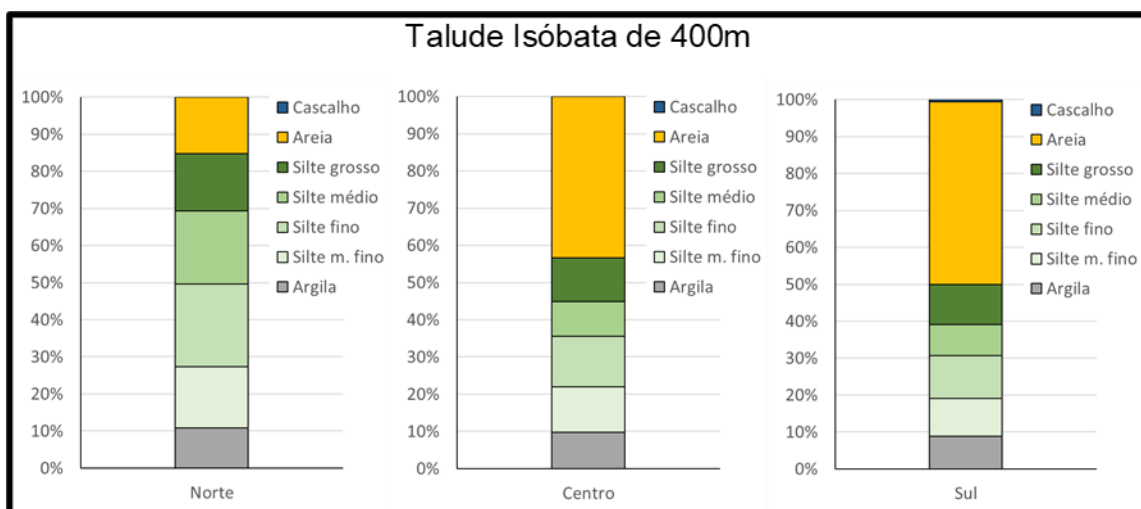


Figura IV.9.3.1.2-5 – Frequência acumulada das frações cascalho, areia (areia muito grossa até areia muito fina) e lama (silte grosso até silte muito fino e argila), com detalhamento das frações predominantes no **Talude, isóбата de 400m**, (áreas norte, centro e sul) do PMAR-BC01. Representação em cores dos valores médios dos grupos de amostras nas frações granulométricas.

Nos diagramas texturais os sedimentos das amostras da área norte foram classificados como lamas arenosas, na área centro variaram entre lama arenosa e areia lamosa. Na área sul os sedimentos variaram entre lama arenosa e areia lamosa com a presença ou não de cascalho ou cascalho esparsos (Figura IV.9.3.1.2-4). A classificação de Folk para esta província pode ser encontrada no ANEXO [IV.9.7-1] Tabela 16.

Talude - Isóбата de 700 m

Esta isóбата apresentou sedimentos com constituição semelhante nas áreas norte, centro e sul, com destaque para a ausência de cascalho e preponderância de lama em todos os pontos amostrais (Figuras IV.9.3.1-2 e IV.9.3.1.2-6). O silte foi a principal fração representante no sedimento e o silte fino a subclasse que apresentou as porcentagens mais elevadas nas três áreas amostradas (Figura IV.9.3.1.2-6).

Na classificação textural, a maior parte das amostras foram de lama arenosa (Figura IV.9.3.1.2-4). A classificação de Folk encontra-se no ANEXO [IV.9.7-1] Tabelas 22 a 26.

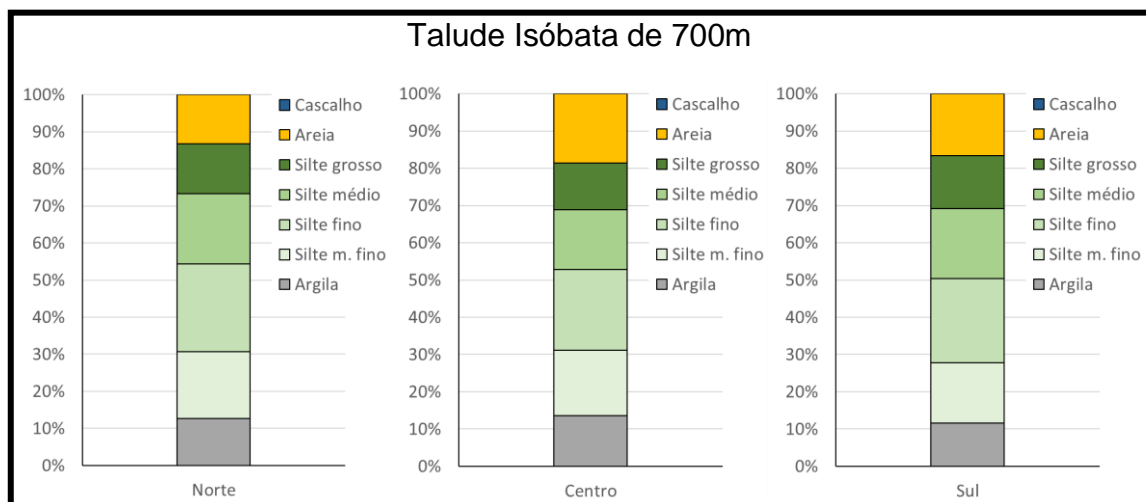


Figura IV.9.3.1.2-6 – Frequência acumulada das frações cascalho, areia (areia muito grossa até areia muito fina) e lama (silte grosso até silte muito fino e argila), com detalhamento das frações predominantes no **Talude, isóбата de 700 m**, (áreas norte, centro e sul) do PMAR-BC01. Representação em cores dos valores médios dos grupos de amostras nas frações granulométricas.

IV.9.3.1.3 – Cânions das áreas Norte e Sul

Os cânions apresentaram características sedimentológicas com predomínio de lama em todos as áreas amostrais, sendo silte a principal fração granulométrica na composição (Figuras IV.9.3.1.3-1, IV.9.3.1.3-2, IV.9.3.1.3-3 e IV.9.3.1.3-4).

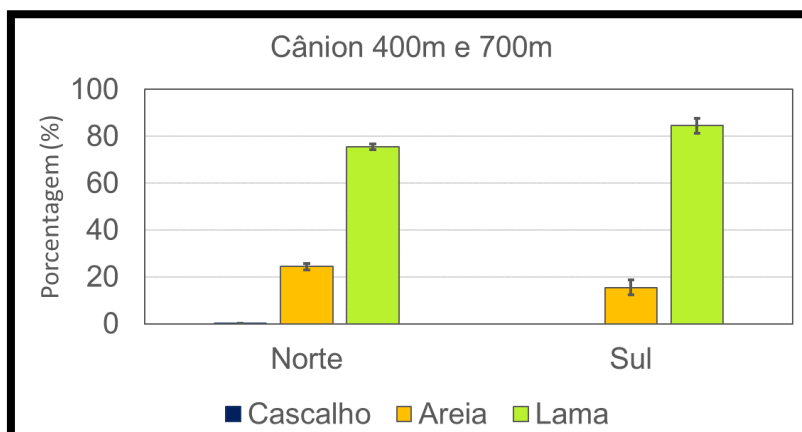


Figura IV.9.3.1.3-1 – Distribuição granulométrica (média %) nas áreas (norte, sul) nos Cânions, do grupo de amostras das isóbatas de 400 m e 700 m, do PMAR-BC01. As barras representam os valores médios e as linhas o desvio-padrão.

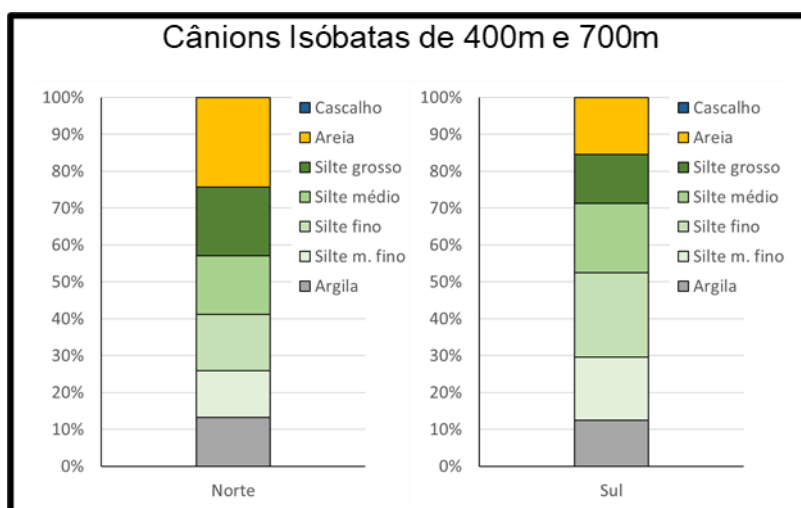


Figura IV.9.3.1.3-2 – Frequência acumulada das frações cascalho, areia (areia muito grossa até areia muito fina) e lama (silte grosso até silte muito fino e argila), com detalhamento das frações predominantes nos Cânions, isóbatas de 400 m e 700 m, (áreas norte e sul) do PMAR-BC01. Representação em cores dos valores médios dos grupos de amostras nas frações granulométricas.

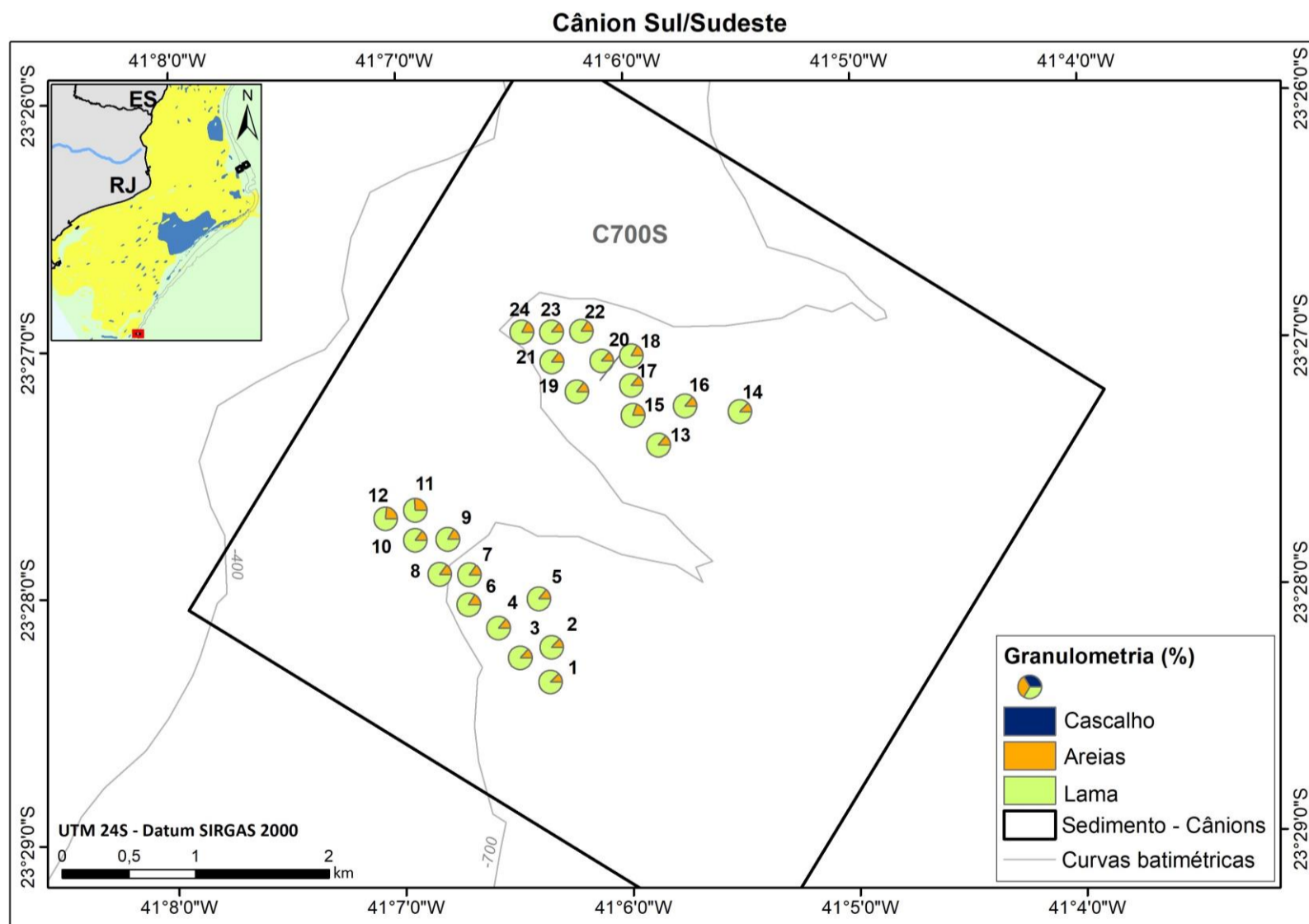
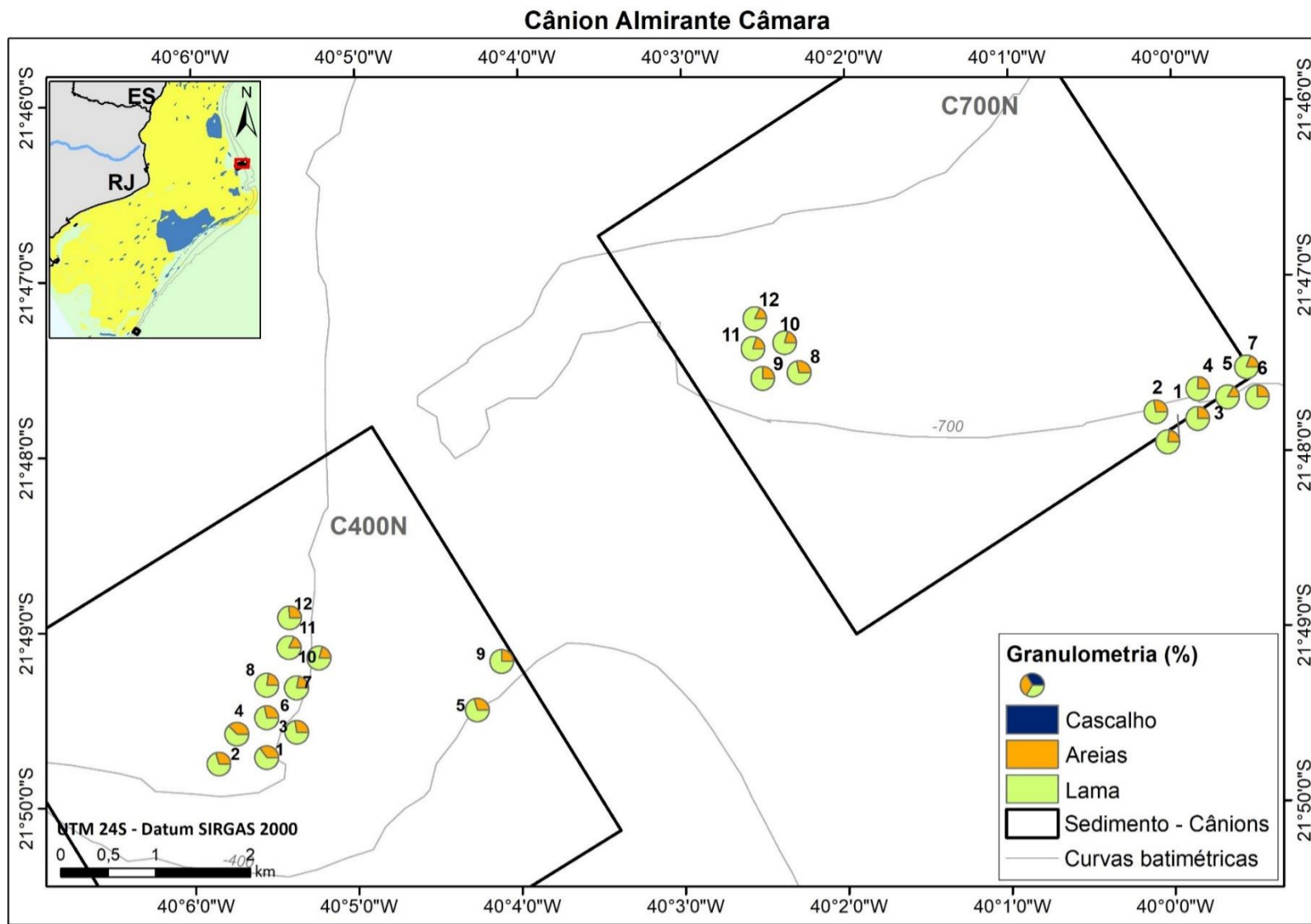


Figura IV.9.3.1.3-3 – Distribuição granulométrica (%) nas áreas Norte (a) e Sul (b) dos **Cânions na 1ª campanha do PMAR-BC.**

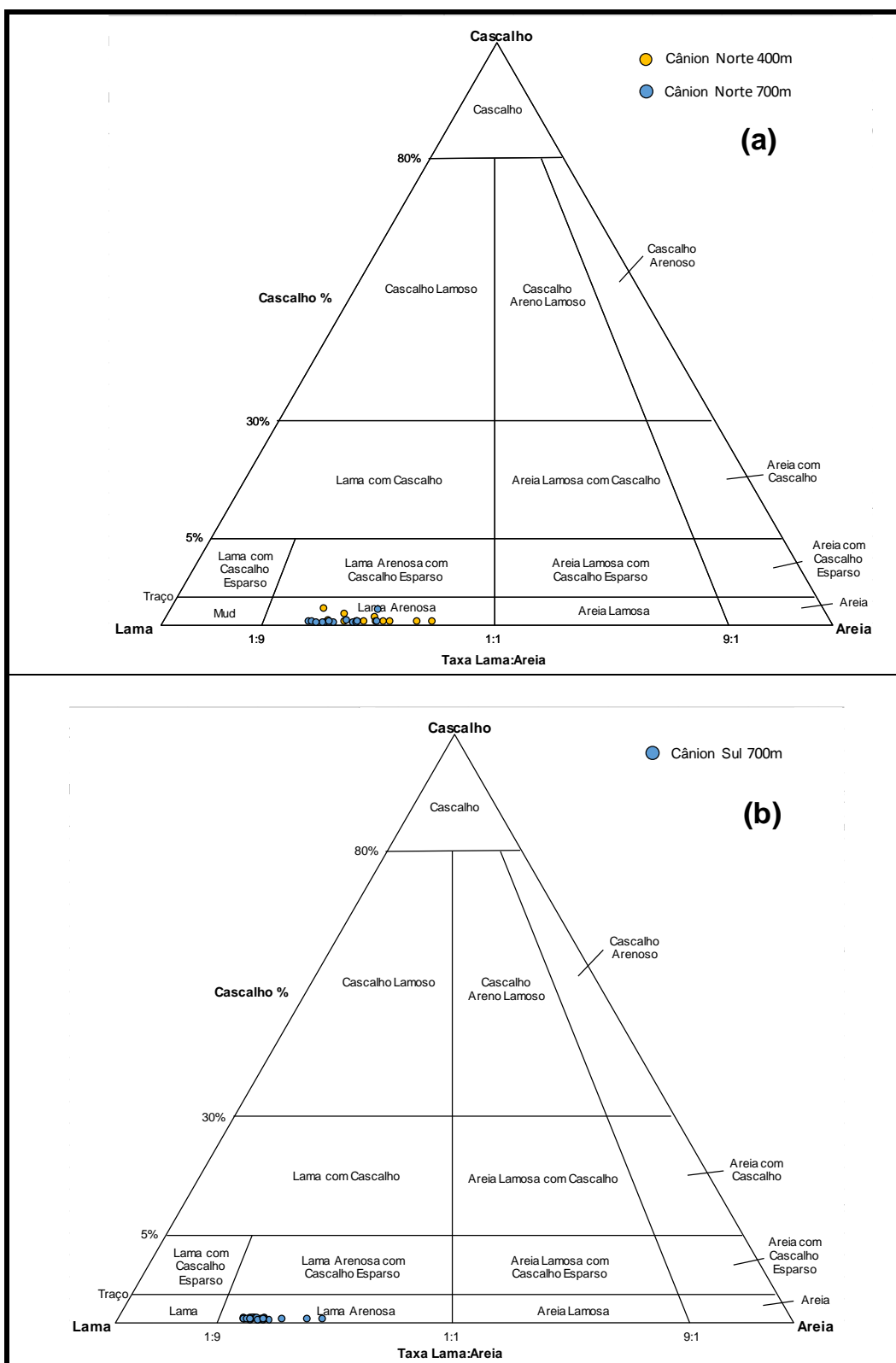


Figura IV.9.3.1.3-4 – Diagrama triangular segundo classificação textural de Folk & Ward (1957) de composição textural do sedimento (%) nas áreas (a) Norte, (b) Sul dos **Cânions** na 1a campanha do PMAR-BC. Círculos em cores representam as amostras das isóbatas de 400 m e 700 m.

Na área norte, onde a fração areia foi mais expressiva que na região sul, o silte grosso compôs a maior parte do sedimento. Em contrapartida, na região sul, o silte fino teve maior preponderância (Figura IV.9.3.1.3-2). Através das proporções granulométricas, pôde-se observar uma homogeneidade sedimentar entre o Cânion Almirante Câmara (Norte) e o Cânion Sul/Sudeste (Sul), Figura IV.9.3.1.3-3 a, b e c. Nos diagramas texturais, os sedimentos de todas as amostras foram classificados como lama arenosa (Figura IV.9.3.1.3-4 a, b e c).

Cânion – Isóbata de 400 m

Na isóbata de 400 metros foram somente coletadas amostras na área norte. A fração cascalho variou entre valores não detectados a 0,4 % e a média de lama foi próximo a 70 % (Figuras IV.9.3.1-2 e IV.9.3.1.3-5). A subclasse silte grosso foi o constituinte predominante da lama, havendo também as subclasses silte médio, fino, muito fino e argila (Figura IV.9.3.1.3-5). A textura lama arenosa foi a única classificada no diagrama triangular (Figura IV.9.3.1.3-4). A classificação de Folk encontra-se no ANEXO [IV.9.7-1] Tabela 28.

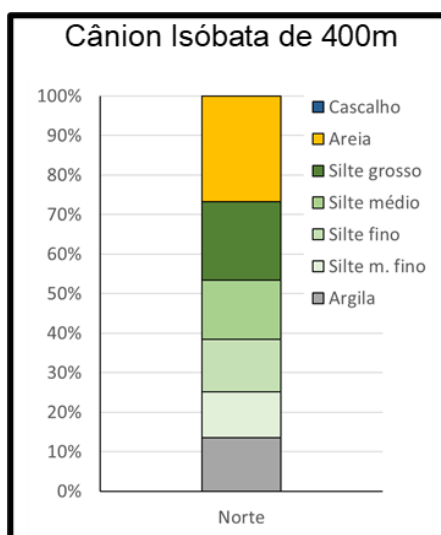


Figura IV.9.3.1.3-5 – Frequência acumulada das frações cascalho, areia (areia muito grossa até areia muito fina) e lama (silte grosso até silte muito fino e argila), com detalhamento das frações predominantes no **Cânion, isóbata de 400 m**, (área norte) do PMAR-BC01. Representação em cores dos valores médios dos grupos de amostras nas frações granulométricas.

Cânion – Isóbata de 700 m

Embora tenham apresentado a classificação textural de lama arenosa (Figura IV.9.3.1.3-4), amostras dos cânions na isóbata de 700 metros apresentaram porcentagens granulométricas distintas entre as áreas amostradas (ANEXO [IV.9.7-1] Tabela 29), fato relacionado à presença de cascalho e maiores porcentagens de areia na área norte (Figuras IV.9.3.1-2 e IV.9.3.1.3-6). Nesta isóbata, o silte foi a fração predominante nas duas áreas amostradas. Contudo, na área norte, as subclasses do silte apresentaram valores similares para o silte grosso, médio e fino, enquanto na área sul o silte fino foi o mais dominante (Figura IV.9.3.1.3-6). As classificações de Folk para as áreas norte e sul encontram-se no ANEXO [IV.9.7-1] Tabela 30.

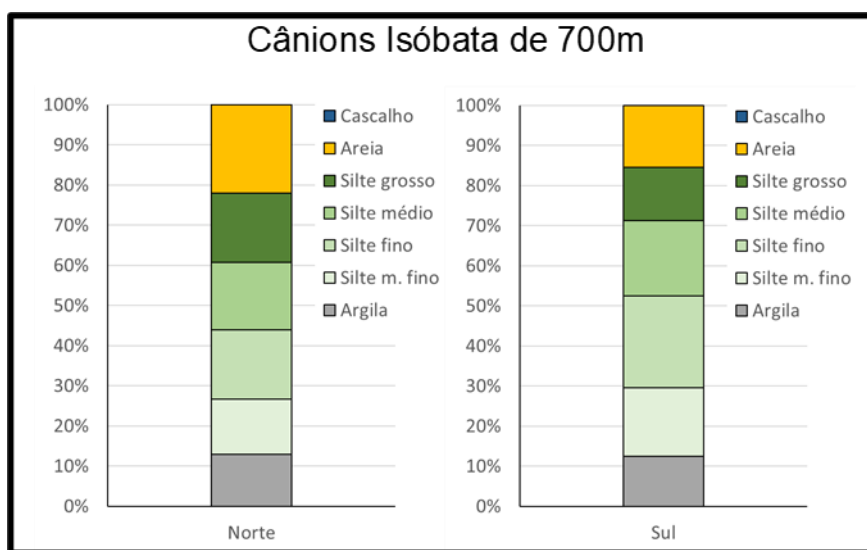


Figura IV.9.3.1.3-6 – Frequência acumulada das frações cascalho, areia (areia muito grossa até areia muito fina) e lama (silte grosso até silte muito fino e argila), com detalhamento das frações predominantes nos **Cânions, isóbata de 700 m**, (áreas norte e sul) do PMAR-BC01. Representação em cores dos valores médios dos grupos de amostras nas frações granulométricas.

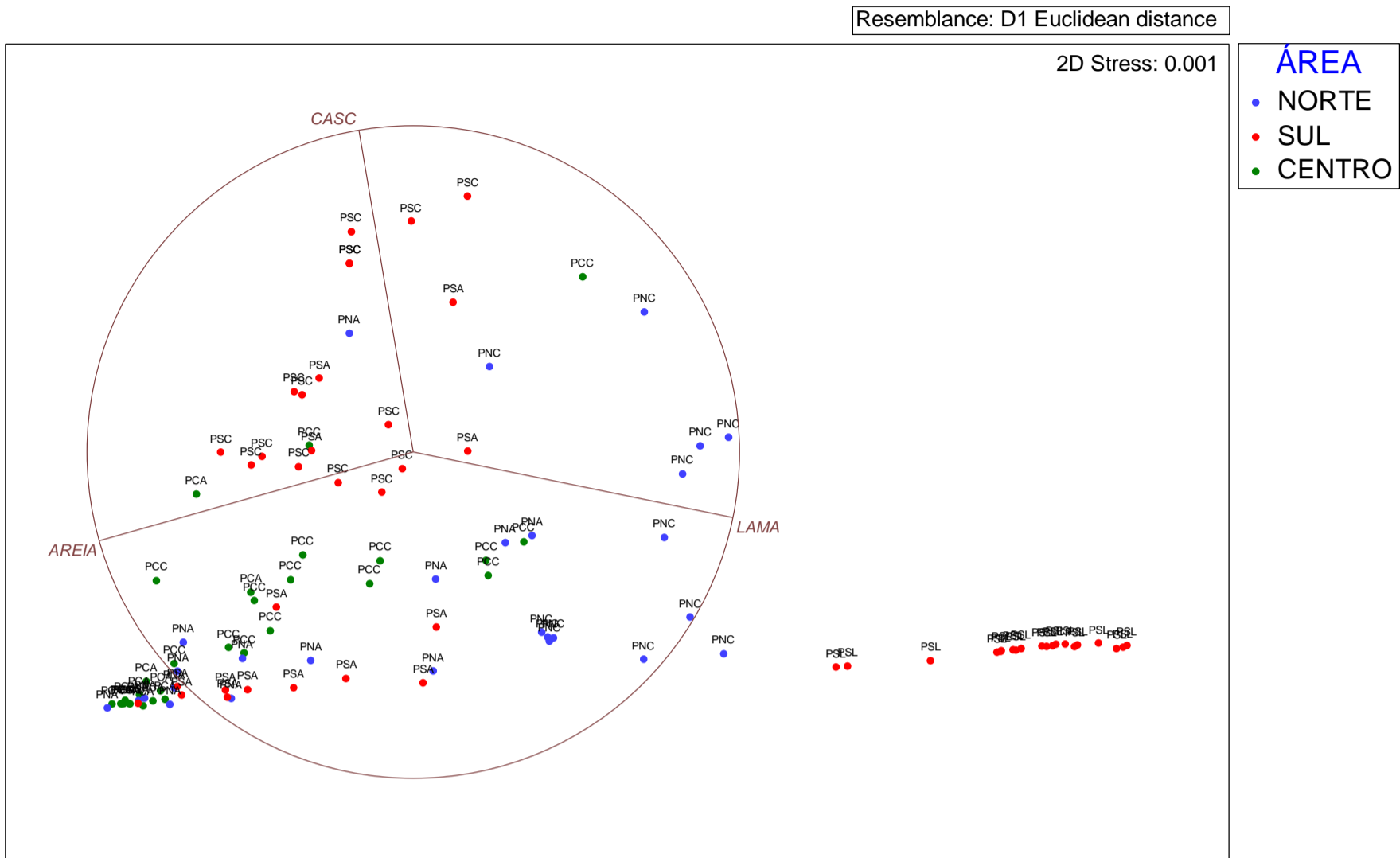
IV.9.3.1.4 – Análises estatísticas multivariadas com base nos resultados das classes granulométricas

Neste item são apresentados os resultados das análises estatísticas multivariadas dos dados de granulometria (cascalho, areia e lama) amostrados na 1ª campanha do PMAR-BC na Plataforma Continental, Talude e Cânions: análises exploratórias – para avaliação das principais tendências observadas nos grupos de dados, e análises inferenciais – baseadas na interpretação dos testes PERMDISP e PERMANOVA. Estas duas classes de análise estão descritas no Capítulo III, item III.3.3 – MÉTODOS DE TRATAMENTO DE DADOS. Tendo em vista a alta especificidade das comparações apresentadas nas hipóteses nulas, nestas análises de permutação foi adotado um único desenho experimental simples, comparando os polígonos do desenho amostral. Cada polígono representa uma combinação distinta dos fatores projeto, província, área, fácies e isóbata.

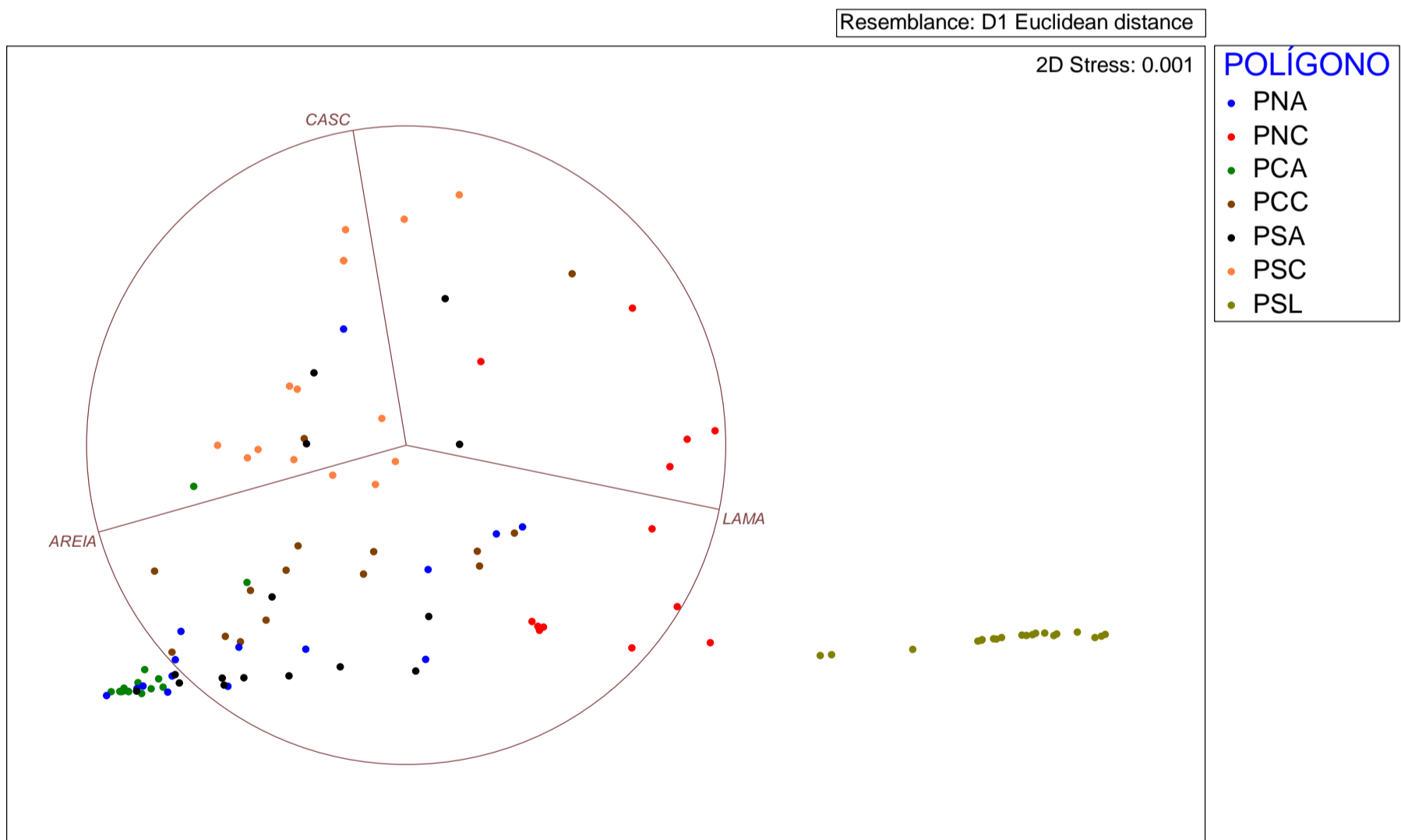
A. Plataforma Continental

- ***Análises exploratórias multivariadas: Comparações entre as faciologias da Plataforma das três áreas da Bacia de Campos***

Análises multivariadas dos dados das classes granulométricas (cascalho, areia e lama) evidenciaram a heterogeneidade sedimentar da plataforma continental através da análise NMDS (Figura IV.9.3.1.4-1 a, b). Destacaram-se as maiores proporções de lama na área sul, com a grande contribuição da fácies lamosa. As maiores proporções de areia foram observadas para a fácies arenosa localizadas na área centro. Foi possível verificar a distinção entre pontos amostrais da área norte e sul, com a formação de subconjuntos que diferem entre si.



(a)



(b)

Figura IV.9.3.1.4-1 – NMDS das variáveis granulométricas entre (a) áreas Norte, Centro e Sul e (b) polígonos da Plataforma do PMAR-BC. A saber: PNA, PNC, PCA, PCC, PSA, PSC e PSL = plataforma norte arenosa, norte carbonática, centro arenosa, centro carbonática, sul arenosa, sul carbonática e sul lamosa, respectivamente.

Adicionalmente, foi realizada a análise em componentes principais (PCA) para avaliação da distribuição dos dados em relação aos diferentes polígonos. Esta análise explicou 100% da variabilidade dos resultados observados na plataforma continental (ANEXO [IV.9.7-2] Figura 1). Os resultados mostraram a distinção da planície lamosa sul das demais e a sobreposição na composição granulométrica entre as fácies arenosas norte e sul e planície carbonática centro. Através do eixo I (85% da variância) tem-se a porcentagem de lama (autovetor 0,73) e areia (autovetor -0,67) como os parâmetros mais influentes na variabilidade dos dados amostrados. Pelo segundo eixo (15% da variância), a porcentagem de cascalho (autovetor 0,81) foi o parâmetro que mais atuou na variabilidade (ANEXO [IV.9.7-2] Figura 1).

- **Análises inferenciais multivariadas: Comparações entre as faciologias da Plataforma das três áreas da Bacia de Campos**

A partir dos resultados dos testes de inferência PERMDISP e PERMANOVA (Tabela IV.9.3.1.4-1), podemos afirmar, com base nas hipóteses nulas e/ou outros objetivos definidos para as amostras coletadas na Plataforma no Projeto PMAR-BC:

- 1- Para **plataforma arenosa**, os testes pareados (PERMANOVA) entre os polígonos amostrais das diferentes áreas revelaram que a plataforma arenosa da área centro diferiu de todas as demais áreas (norte e sul) ($p=0,005$ e $p=0,001$; *pair-wise tests*). Contudo, não houve distinção entre as áreas norte e sul ($p=0,629$; *pair-wise tests*): na plataforma arenosa esta diferença foi prioritariamente marcada pelas maiores frações de areia na área centro (ver Figuras IV.9.3.1.1-5; IV.9.3.1.4-1b) quando comparados com as áreas norte e sul, PNA e PSA respectivamente.
- 2- Os testes pareados (PERMANOVA) para a **plataforma carbonática** mostraram que as três áreas (norte, centro e sul) foram distintas granulometricamente entre si ($p=0,001$; *pair-wise tests*): a área norte foi marcada pela preponderância de lama, área centro pelas elevadas

proporções de areia e na área sul foram registrados os maiores valores de cascalho (ver Figuras IV.9.3.1.1-7 e IV.9.3.1.4-1b).

- 3- Os testes pareados (PERMANOVA) revelaram que houve diferença entre a **plataforma lamosa** e os demais polígonos de plataforma, independentemente da área que está localizada ou classificação faciológica ($p < 0,005$; *pair-wise tests*): dentre as faciologias analisadas, a plataforma lamosa (área sul) foi a que apresentou as maiores proporções de lama (ver Figura IV.9.3.1.4-1b).
- 4- Na comparação entre as faciologias da **plataforma**, os testes pareados (PERMANOVA) dos polígonos evidenciaram que houve diferenças significativas entre as fácies arenosas e carbonáticas nas três áreas (norte, centro e sul), $p < 0,005$; *pair-wise tests*.
- 5- Na comparação entre as duas **províncias**, os testes pareados dos polígonos (PERMANOVA) evidenciaram diferenças significativas entre plataforma e talude nas três áreas (norte, centro e sul), independente da faciologia da plataforma ou da profundidade da coluna d'água do talude ($p < 0,005$; *pair-wise tests*).

Tabela IV.9.3.1.4-1 – PERMDISP e PERMANOVA para os dados do grupo de variáveis granulométricas da 1ª Campanha do PMAR-BC. Comparações entre os polígonos da **plataforma**

Polígonos	PERMDISP - PAIRWISE COMPARISONS		PERMANOVA - PAIR-WISE TESTS			
	t	Pperm	t	Pperm	Uniques	PMC
PNA e PNC	0,7571	0,572	5,9428	0,001	997	0,001
PNA e PSA	0,008	0,997	0,6404	0,618	997	0,629
PNA e PSC	1,4645	0,277	4,6973	0,001	998	0,001
PNA e PSL	4,1382	0,001	17,112	0,001	997	0,001
PNA e TC4	2,5158	0,029	10,333	0,001	997	0,001
PNA e TC7	5,2433	0,001	20,172	0,001	997	0,001
PNA e TN4	7,0807	0,001	22,737	0,001	999	0,001
PNA e TN7	7,2699	0,001	23,58	0,001	999	0,001
PNA e TS4	0,196	0,84	6,384	0,001	997	0,001
PNA e TS7	6,5163	0,001	21,852	0,001	999	0,001
PNC e PSA	0,8062	0,517	5,4628	0,001	999	0,001
PNC e PSC	0,8253	0,515	6,4391	0,001	999	0,001
PNC e PSL	3,9032	0,003	10,575	0,001	999	0,001
PNC e TC4	1,8489	0,067	4,0699	0,001	999	0,001
PNC e TC7	5,1563	0,001	12,868	0,001	998	0,001
PNC e TN4	8,0773	0,001	15,56	0,001	995	0,001
PNC e TN7	8,5736	0,001	16,508	0,001	996	0,001
PNC e TS4	0,3911	0,724	2,2526	0,014	998	0,017
PNC e TS7	7,2171	0,001	14,559	0,001	999	0,001
PCA e PCC	3,3289	0,006	4,8874	0,001	998	0,001

Polígonos	PERMDISP - PAIRWISE COMPARISONS		PERMANOVA - PAIR-WISE TESTS			
	t	Pperm	t	Pperm	Uniques	PMC
PCA e PNA	4.3474	0.008	2.813	0.003	992	0.005
PCA e PNC	4.4595	0.004	11.88	0.001	999	0.001
PCA e PSA	4.5796	0.003	3.6005	0.001	998	0.001
PCA e PSC	3.9853	0.018	9.4838	0.001	998	0.001
PCA e PSL	0.6939	0.545	34.199	0.001	998	0.001
PCA e TC4	2.5668	0.023	18.297	0.001	998	0.001
PCA e TC7	0.1998	0.865	41.241	0.001	996	0.001
PCA e TN4	1.3661	0.277	55.285	0.001	995	0.001
PCA e TN7	1.4307	0.259	58.289	0.001	997	0.001
PCA e TS4	3.1918	0.002	10.093	0.001	999	0.001
PCA e TS7	0.6844	0.591	50.429	0.001	999	0.001
PCC e PNA	0.6008	0.634	1.5101	0.138	994	0.108
PCC e PNC	0.0402	0.979	4.9754	0.001	998	0.001
PCC e PSA	0.6271	0.623	0.8574	0.446	995	0.398
PCC e PSC	0.6396	0.63	3.4774	0.001	999	0.001
PCC e PSL	3.1094	0.002	16.738	0.001	999	0.001
PCC e TC4	1.6136	0.133	9.638	0.001	999	0.001
PCC e TC7	4.0152	0.001	19.808	0.001	997	0.001
PCC e TN4	5.5147	0.001	22.599	0.001	998	0.001
PCC e TN7	5.6348	0.001	23.5	0.001	998	0.001
PCC e TS4	0.3472	0.765	5.7525	0.001	999	0.001
PCC e TS7	5.0229	0.001	21.636	0.001	998	0.001
PSA e PSC	1.5526	0.249	4.0915	0.001	998	0.001
PSA e PSL	4.3297	0.001	16.72	0.001	998	0.001
PSA e TC4	2.6118	0.02	9.9213	0.001	998	0.001
PSA e TC7	5.4976	0.001	19.735	0.001	999	0.001
PSA e TN4	7.5225	0.001	22.308	0.001	998	0.001
PSA e TN7	7.7512	0.001	23.157	0.001	997	0.001
PSA e TS4	0.2058	0.851	6.0569	0.001	997	0.001
PSA e TS7	6.9114	0.001	21.418	0.001	997	0.001
PSC e PSL	3.3507	0.005	21.041	0.001	996	0.001
PSC e TC4	1.1762	0.256	12.847	0.001	999	0.001
PSC e TC7	4.5588	0.001	24.93	0.001	998	0.001
PSC e TN4	7.4911	0.001	29.253	0.001	999	0.001
PSC e TN7	7.9631	0.001	30.412	0.001	998	0.001
PSC e TS4	0.9196	0.412	7.9222	0.001	999	0.001
PSC e TS7	6.5874	0.001	27.815	0.001	997	0.001
PSL e TC4	2.0652	0.053	9.4287	0.001	767	0.001
PSL e TC7	0.6377	0.582	1.2456	0.242	548	0.217
PSL e TN4	2.3584	0.055	3.758	0.001	359	0.002
PSL e TN7	2.4421	0.034	5.2448	0.001	565	0.001
PSL e TS4	3.145	0.004	8.5098	0.001	979	0.001
PSL e TS7	1.6671	0.193	2.6306	0.012	530	0.019

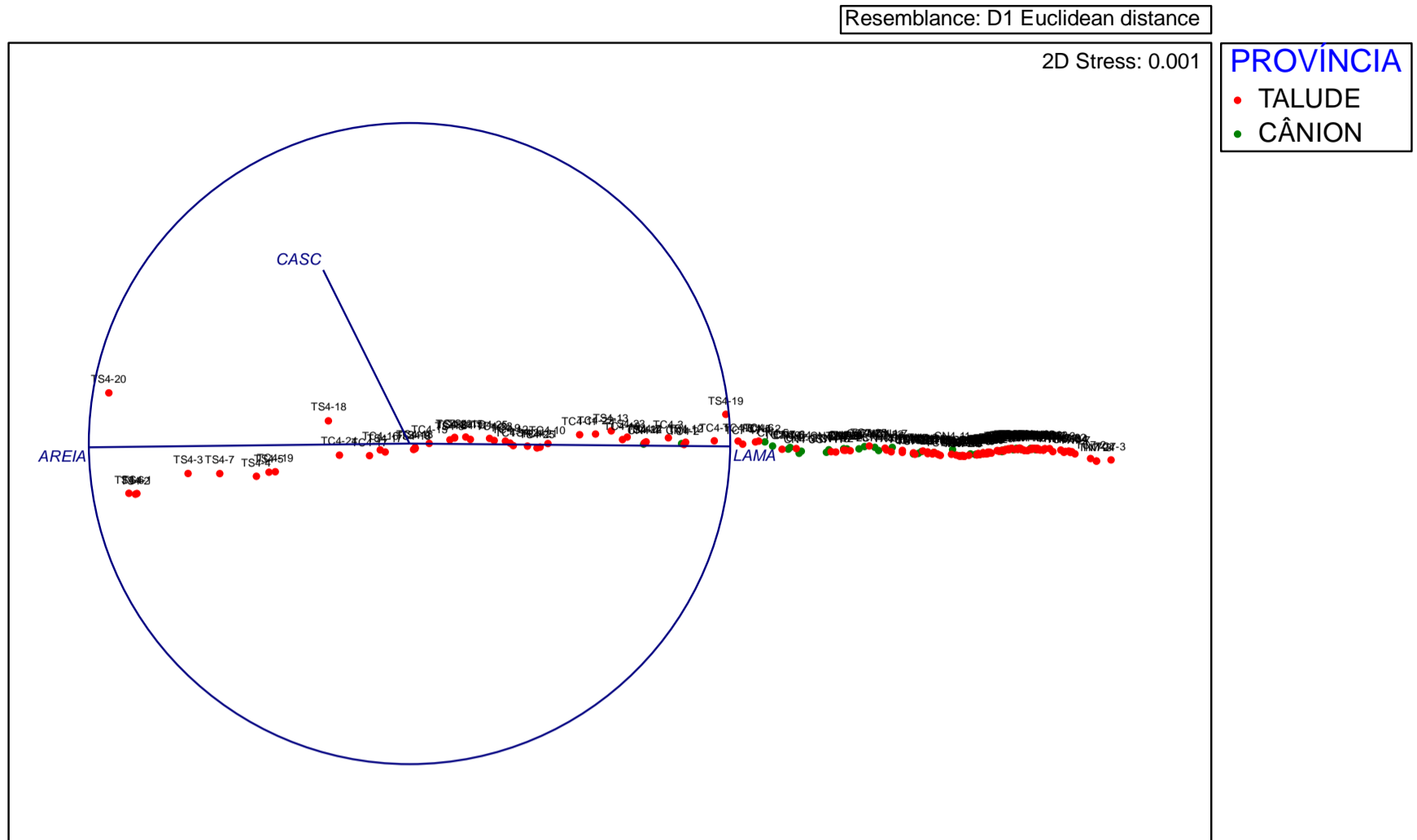
Legenda: PNA, PNC, PCA, PCC, PSA, PSC e PSL = plataforma norte arenosa, norte carbonática, centro arenosa, centro carbonática, sul arenosa, sul carbonática e sul lamosa, respectivamente. TN4, TN7, TC4, TC7, TS4 e TS7 = talude norte 400m, norte 700m, centro 400m, centro 700m, sul 400m e sul 700m, respectivamente.

B. Talude e Cânions

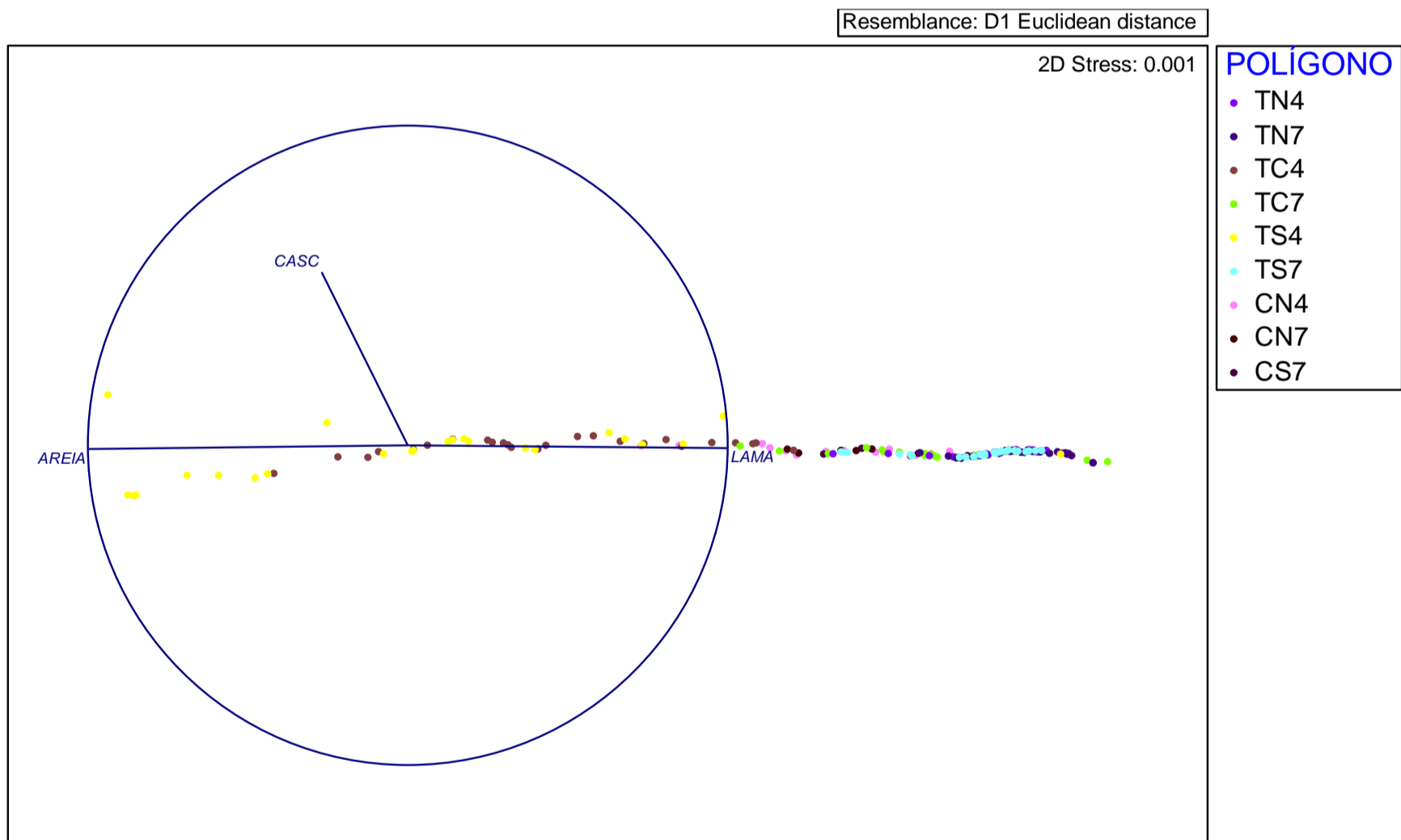
- **Análises exploratórias multivariadas: Comparações entre as isóbatas de 400 m e 700 m do Talude e Cânions das três áreas da Bacia de Campos**

As análises NMDS (cascalho, areia e lama) também evidenciaram a heterogeneidade sedimentar no talude e cânion em função das áreas amostrais (Figura IV.9.3.1.4-2 a, b). Ficou evidente que a distinção entre os polígonos amostrais ocorreu em função das proporções das frações de areia e lama nas amostras. Amostras do talude da área sul, na batimetria de 400m destacaram-se pelas maiores frações de areia.

A análise em componentes principais (PCA) para avaliação da distribuição dos dados em relação aos diferentes polígonos explicou 99,9% da variabilidade dos resultados observados no talude (ANEXO [IV.9.7-2] Figura 2). Através do eixo I (99,9% da variância) tem-se as porcentagens de lama e areia no sedimento (autovetor 0,71 e -0,70 respectivamente) como os parâmetros mais influentes na variabilidade dos dados amostrados.



(a)



(b)

Figura IV.9.3.1.4-2 – NMDS das variáveis granulométricas entre (a) áreas Norte, Centro e Sul e (b) polígonos do talude e dos cânions do PMAR-BC. A saber: TN4, TN7, TC4, TC7, TS4 e TS7 = talude norte 400 m, norte 700 m, centro 400 m, centro 700 m, sul 400 m e sul 700 m, respectivamente.

- **Análises inferenciais multivariadas: Comparações entre as isóbatas de 400 m e 700 m do talude e cânions das três áreas da Bacia de Campos**

A partir dos resultados dos testes de inferência PERMDISP e PERMANOVA (Tabela IV.9.3.1.4-2), podemos afirmar, com base nas hipóteses nulas e/ou outros objetivos definidos para as amostras coletadas no Talude e Cânions no Projeto no Projeto PMAR-BC:

- 1- Para o **talude 400 m**, os testes pareados (PERMANOVA) entre os polígonos amostrais revelaram que as características granulométricas de cada área amostral diferiram entre si ($p < 0,029$; *pair-wise tests*): A área norte do talude (400 m) foi caracterizada por sedimento com maior porcentagem de lama, a área centro por sedimentos com lama e areia em porcentagens similares e na área sul, pela maior fração de areia e ocorrência de cascalho (ver Figuras IV.9.3.1.2-5; IV.9.3.1.4-2b).
- 2- Os testes pareados envolvendo a granulometria do **talude 700 m** (PERMANOVA) mostraram não haver diferença entre a composição dos sedimentos das áreas centro e sul ($p = 0,186$; *pair-wise tests*). A análise também mostrou que a área norte diferiu das demais (centro e sul) ($p = 0,001$ e $p = 0,002$; *pair-wise tests*): A área norte foi marcada por menor porcentagem de areia que os sedimentos das áreas centro e sul (ver Figuras IV.9.3.1.2-7; IV.9.3.1.4-2b).
- 3- Diferenças entre as áreas norte e sul também foram evidenciadas entre os **cânions à 700 m** ($p = 0,001$; *pair-wise tests*): Diferença atribuída à maior fração de areia e ocorrência de cascalho na área norte (ver Figuras IV.9.3.1.3-7; IV.9.3.1.4-2b).
- 4- A comparação entre as **batimetrias de 400 m e 700 m do talude norte**, mostrou não haver diferença entre as proporções granulométricas ($p = 0,056$; *pair-wise tests*), ver Figuras IV.9.3.1.4-2b.

Tabela IV.9.3.1.4-2 – PERMDISP e PERMANOVA para os dados do grupo de variáveis granulométricas da 1ª Campanha do PMAR-BC. Comparações entre os polígonos *talude e cânions*.

Polígonos	PERMDISP - PAIRWISE COMPARISONS		PERMANOVA - PAIR-WISE TESTS			
	t	P(perm)	t	Pperm	Uniques	PMC
CN4 e CN7	1,2487	0,228	2,0757	0,047	872	0,056
CN4 e CS7	2,4719	0,043	7,474	0,001	921	0,001
CN4 e PCA	0,65326	0,616	29,333	0,001	998	0,001
CN4 e PCC	2,7128	0,014	12,275	0,001	996	0,001
CN4 e PNA	3,677	0,007	12,545	0,001	998	0,001
CN4 e PNC	3,905	0,001	7,3492	0,001	998	0,001
CN4 e PSA	3,9043	0,003	12,234	0,001	999	0,001
CN4 e PSC	3,3807	0,004	16,161	0,001	997	0,001
CN4 e PSL	0,028222	0,972	2,6901	0,013	940	0,001
CN4 e TC4	1,8485	0,072	5,7461	0,001	967	0,001
CN4 e TC7	0,57271	0,574	4,2804	0,001	954	0,001
CN4 e TN4	2,4833	0,023	7,8028	0,001	949	0,001
CN4 e TN7	2,681	0,016	9,4433	0,001	969	0,001
CN4 e TS4	2,5659	0,011	5,4171	0,001	998	0,001
CN4 e TS7	1,7105	0,182	6,3135	0,001	949	0,001
CN7 e CS7	1,2939	0,314	5,8224	0,001	828	0,001
CN7 e PCA	0,35061	0,772	36,581	0,001	997	0,001
CN7 e PCC	3,5375	0,002	13,851	0,001	999	0,001
CN7 e PNA	4,6712	0,001	14,013	0,001	997	0,001
CN7 e PNC	5,6387	0,001	8,8878	0,001	999	0,001
CN7 e PSA	5,0033	0,001	13,708	0,001	999	0,001
CN7 e PSC	5,1488	0,001	18,389	0,001	999	0,001
CN7 e PSL	1,0902	0,355	0,92878	0,364	841	0,383
CN7 e TC4	2,906	0,011	7,5483	0,001	941	0,001
CN7 e TC7	0,62352	0,574	2,3631	0,023	868	0,017
CN7 e TN4	1,2234	0,312	6,1556	0,001	818	0,001
CN7 e TN7	1,3827	0,186	8,2112	0,001	848	0,001
CN7 e TS4	3,1463	0,003	6,4869	0,001	996	0,001
CN7 e TS7	0,31789	0,803	4,41	0,001	835	0,001
CS7 e PCA	1,4302	0,219	53,953	0,001	997	0,001
CS7 e PCC	5,4193	0,001	22,038	0,001	998	0,001
CS7 e PNA	6,9255	0,001	22,178	0,001	996	0,001
CS7 e PNC	7,7929	0,001	15,139	0,001	996	0,001
CS7 e PSA	7,3441	0,001	21,757	0,001	998	0,001
CS7 e PSC	7,2423	0,001	28,54	0,001	998	0,001
CS7 e PSL	2,3913	0,06	3,5126	0,002	538	0,002
CS7 e TC4	4,7677	0,001	14,156	0,001	781	0,001
CS7 e TC7	1,9611	0,094	2,4223	0,011	489	0,017
CS7 e TN4	0,20457	0,874	0,26975	0,797	401	0,791
CS7 e TN7	0,24576	0,832	2,563	0,012	415	0,018
CS7 e TS4	4,9147	0,001	11,479	0,001	982	0,001
CS7 e TS7	1,1441	0,426	1,1813	0,26	437	0,265
TC4 e TC7	2,9826	0,005	11,782	0,001	628	0,001
TC4 e TN4	4,8136	0,001	14,583	0,001	641	0,001
TC4 e TN7	4,9297	0,001	15,762	0,001	634	0,001
TC4 e TS4	1,9449	0,057	2,1531	0,031	951	0,029
TC4 e TS7	4,16	0,001	13,518	0,001	637	0,001
TC7 e TN4	1,8895	0,074	2,6748	0,014	323	0,016
TC7 e TN7	1,96	0,074	4,4022	0,001	350	0,001
TC7 e TS4	3,9441	0,001	10,305	0,001	975	0,001
TC7 e TS7	1,0898	0,361	1,4243	0,168	338	0,186
TN4 e TN7	0,025907	0,973	2,3314	0,02	246	0,019
TN4 e TS4	4,9704	0,001	11,804	0,001	972	0,001
TN4 e TS7	1,006	0,429	1,4564	0,146	267	0,14
TN7 e TS4	5,0071	0,001	12,52	0,001	985	0,001
TN7 e TS7	1,0654	0,407	3,6048	0,002	275	0,002
TS4 e TS7	4,6006	0,001	11,215	0,001	969	0,001

Legenda: TN4, TN7, TC4, TC7, TS4 e TS7 = talude norte 400m, norte 700m, centro 400m, centro 700m, sul 400m e sul 700m, respectivamente. CN4, CN7 e CS7 = cânion norte 400m, norte 700m e sul 700m, respectivamente.

C. Comparação entre os projetos PMAR- BC e PCR-BC

• Análises exploratórias multivariadas

Análise de ordenação NMDS mostrou haver grande correlação na composição granulométrica entre polígonos dos projetos PMAR-BC e PCR-BC (Figura IV.9.3.1.4-3). Ficou evidenciada a tendência de maiores proporções de lama no talude em ambos os projetos. Análise em componentes principais (PCA), considerando os dados granulométricos dos polígonos amostrais dos dois projetos explicou 100% das variâncias dos dados obtidos. Pelo eixo 1 (89,9% de variância), a menor porcentagem de lama (autovetor -0,78) no sedimento foi o parâmetro que primariamente distinguiu o PMAR-BC do PCR-BC (ANEXO [IV.9.7-2] Figura 3).

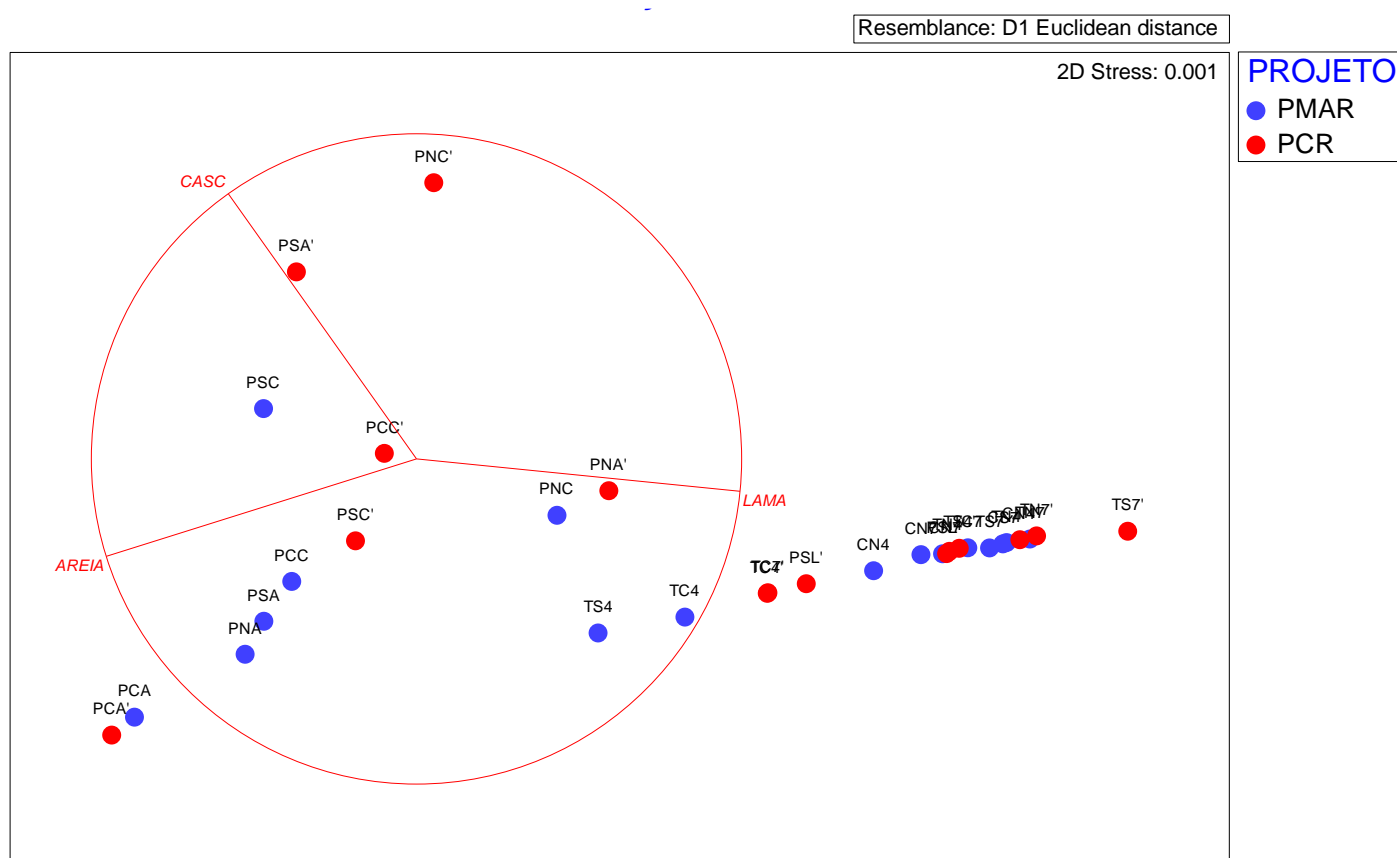


Figura IV.9.3.1.4-3 – NMDS em que os eixos representam as correlações de Spearman das variáveis granulométricas dos polígonos dos projetos PMAR-BC e PCR-BC. As siglas com apóstrofes (') representam os polígonos do PCR-BC.

• Análises inferenciais multivariadas

A partir dos resultados dos testes de inferência PERMDISP e PERMANOVA (Tabela IV.9.3.1.4-3), podemos afirmar:

- 1- Na província de **plataforma continental**, diferenças entre projetos (PERMANOVA) foram observadas na fácies arenosa das áreas sul e norte ($p=0,009$ e $p=0,001$; *pair-wise tests*) e na fácies carbonática da área norte ($p=0,002$; *pair-wise tests*): Essa diferença é atribuída às maiores frações de cascalho na plataforma arenosa sul (PCR) e às maiores frações de lama na plataforma arenosa norte (PCR). Além disso, a plataforma norte carbonática (PMAR-BC) mostrou maior proporção de lama (ver Figura IV.9.3.1.4-3).
- 2- Em relação à província de **talude**, diferenças entre a granulometria dos polígonos amostrais dos projetos ocorreram para as amostras da **área sul** obtidas tanto a 400 m ($p=0,004$; *pair-wise tests*) quanto à 700 m ($p=0,001$; *pair-wise tests*) e da área centro na batimetria de 700 metros: diferença atribuída à fração lamosa do sedimento do PCR-BC, que em ambas as profundidades foram maiores em relação às fração lamosa do sedimento do PMAR-BC (ver Figura IV.9.3.1.4-3).
- 3- A análise de PERMANOVA não apontou diferenças granulométricas entre a província de cânion nas duas batimetrias amostradas ($p>0,005$; *pair-wise tests*).

Tabela IV.9.3.1.4-3 – PERMDISP e PERMANOVA para os dados do grupo de variáveis granulométricas (multivar). Comparações entre os projetos PMAR-BC e PCR-BC.

Polígonos	PERMDISP - PAIRWISE COMPARISONS		PERMANOVA - PAIR-WISE TESTS			
	t	P(perm)	t	P(perm)	Uniques	P(MC)
PCA e PCA'	0,2275	0,915	0,91564	0,412	881	0,412
PCC e PCC'	0,17523	0,869	1,8815	0,069	587	0,053
PNA e PNA'	2,1537	0,1	3,2747	0,001	136	0,001
PNC e PNC'	0,5126	0,651	3,72	0,001	105	0,002
PSA e PSA'	2,6437	0,043	3,11	0,008	136	0,009
PSC e PSC'	7,9752	0,001	1,0453	0,23	121	0,364
PSL e PSL'	2,676	0,012	2,0983	0,027	207	0,061
TC4 e TC4'	0,53359	0,606	1,4126	0,198	833	0,181
TC7 e TC7'	4,8289	0,001	4,0808	0,004	986	0,001
TN4 e TN4'	11,331	0,001	0,99642	0,204	264	0,334
TN7 e TN7'	3,5555	0,003	0,41347	0,707	244	0,967

Polígonos	PERMDISP - PAIRWISE COMPARISONS		PERMANOVA - PAIR-WISE TESTS			
	t	P(perm)	t	P(perm)	Uniques	P(MC)
TS4 e TS4'	1,6972	0,11	3,1164	0,006	844	0,004
TS7 e TS7'	0,33355	0,809	5,1986	0,001	822	0,001
CN4 e CN4'	1,4346	0,209	2,1205	0,001	13	0,054
CN7 e CN7'	0,9639	0,441	0,80043	0,395	11	0,592

As siglas com apóstrofes (') representam os polígonos do PCR-BC.

IV.9.3.2 – Carbonatos

A Tabela IV.9.3.2-1 apresenta uma síntese da estatística descritiva aplicada aos teores de carbonato do sedimento obtidos na primeira campanha do PMAR-BC, considerando-se as diferentes províncias (plataforma, talude e cânion), áreas (norte, centro e sul), batimetrias (100 m, 400 m e 700m) e faciologias da plataforma (arenosa, carbonática e lamosa).

De modo geral, as amostras obtidas na província da plataforma continental apresentaram teores de carbonato superiores aos obtidos no talude e cânions (Figura IV.9.3.2-1). Tanto na faciologia arenosa, quanto na carbonática, os sedimentos dos polígonos da área norte apresentaram os menores teores de carbonatos (40 % e 63 %, respectivamente), havendo progressivos aumentos no sentido norte-sul. Nessas faciologias, os polígonos da área sul apresentaram os teores próximos à 85 % e 87%, respectivamente, sendo os maiores registrados durante o monitoramento (Figura IV.9.3.2-1). Em contrapartida, o polígono da plataforma lamosa apresentou os menores teores de carbonatos com valores médios próximo à 30 % (Figura IV.9.3.2-1).

Diferenças entre áreas também foram observadas na classificação do sedimento quanto a origem do carbonato. Na plataforma continental foram detectados desde sedimentos litoclástico à sedimentos bioclástico. No talude também foram observadas todas as classes de carbonatos, com a maior abrangência de sedimentos litobioclásticos e biolitoclásticos. Nos cânions os sedimentos foram classificados somente em litobioclásticos e biolitoclásticos (Figura IV.9.3.2-2).

Tabela IV.9.3.2-1 – Tabela resumo da estatística descritiva: média, desvio padrão (DP), mediana, mínimo (Mín) e máximo (Máx) das análises de Carbonatos na 1ª campanha do PMAR-BC.

Parâmetro		PLATAFORMA							TALUDE						CÂNIONS		
		NORTE		CENTRO		SUL			NORTE		CENTRO		SUL		NORTE		SUL
		Arenosa	Carbonática	Arenosa	Carbonática	Arenosa	Carbonática	Lamosa	400m	700m	400m	700m	400m	700m	400m	700m	700m
Carbonatos (%)	Média	40,2	63,9	50,8	69,4	85,3	87,8	30,9	49,3	44,9	42,7	39,1	46,9	37,2	49,1	42,2	39,3
	DP	26,7	10,0	9,3	7,5	4,2	3,7	3,6	1,0	1,6	2,0	2,1	10,9	2,3	1,9	3,3	1,6
	Mediana	28,0	68,2	47,5	69,5	84,6	87,3	31,3	49,2	45,6	42,8	38,8	45,7	37,1	49,5	41,3	38,9
	Mín	10,3	47,0	35,0	52,1	79,5	81,8	22,8	47,8	41,3	39,3	35,5	29,3	31,4	43,6	37,4	37,0
	Máx	84,6	76,8	68,9	81,0	92,2	97,6	35,4	52,1	46,6	47,8	46,7	73,5	42,0	51,3	49,0	42,3

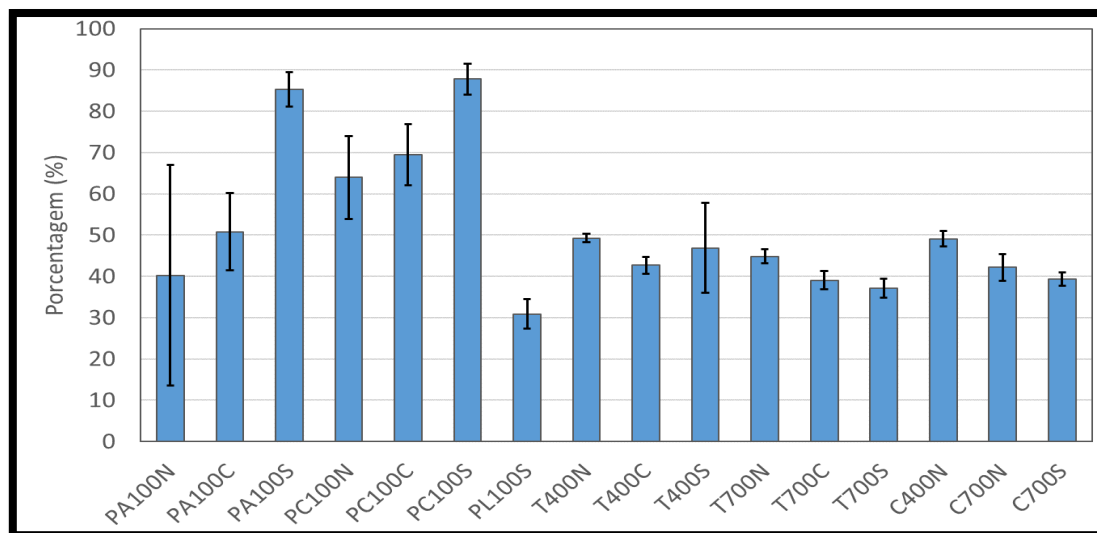


Figura IV.9.3.2-1 - Distribuição do Teor de Carbonatos (%) nas províncias do PMAR-BC01. Isóbata de 100 m na plataforma de faciologia arenosa (PA100), carbonática (PC100) e lamosa (PL100), e isóbatas de 400 m e 700 m no talude (T400 e T700) e cânions (C400 e C700), nas áreas (norte - N, centro - C e sul - S). As barras representam os valores médios e as linhas o desvio-padrão dos grupos de amostras.

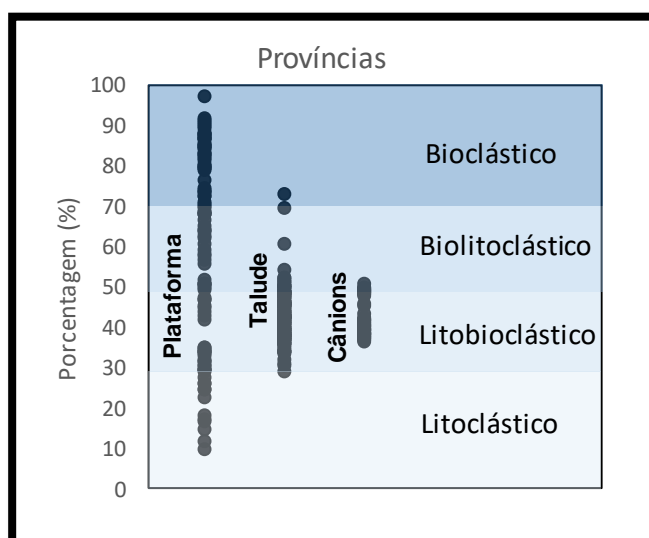


Figura IV.9.3.2-2 – Classificação do sedimento em relação ao percentual de carbonatos (Dias, 1996) nas **províncias** (plataforma, talude, cânions) do PMAR-BC01.

IV.9.3.2.1 – Plataforma Continental das áreas Norte, Centro e Sul

A plataforma continental mostrou-se heterogênea em relação às concentrações de carbonatos, com os maiores valores encontrados na área sul (Figura IV.9.3.2.1-1). A classificação do sedimento quanto a composição de carbonato também se mostrou bastante diversa (Figura IV.9.3.2.1-2), com marcantes diferenças entre áreas (Figura IV.9.3.2.1-3 a-c). Na área sul, foi registrado o predomínio de sedimentos bioclásticos, enquanto na área centro, os sedimentos foram classificados predominantemente como litobioclástico e biolitoclástico. A área norte apresentou maior variação quanto a classificação carbonática, com sedimentos que variam desde litoclásticos à biolitoclásticos, evidenciando heterogeneidade no polígono amostral (Figura IV.9.3.2.1-2).

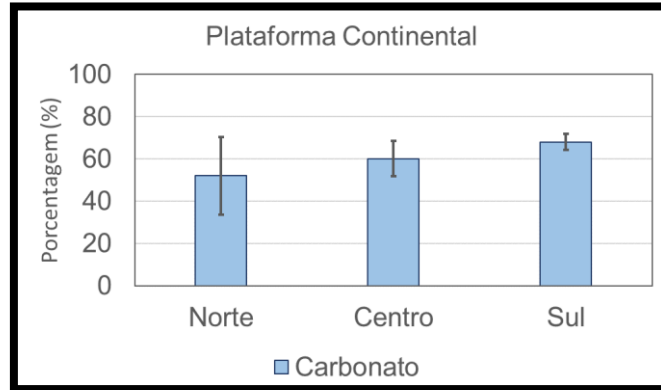


Figura IV.9.3.2.1-1 – Distribuição do Teor de Carbonatos (média %) nas áreas (norte, centro, sul) da **Plataforma** do PMAR-BC01. As barras representam os valores médios e as linhas o desvio-padrão dos grupos de amostras.

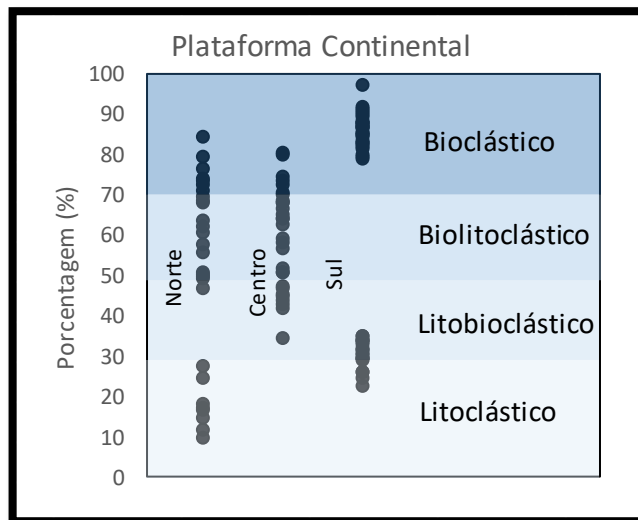
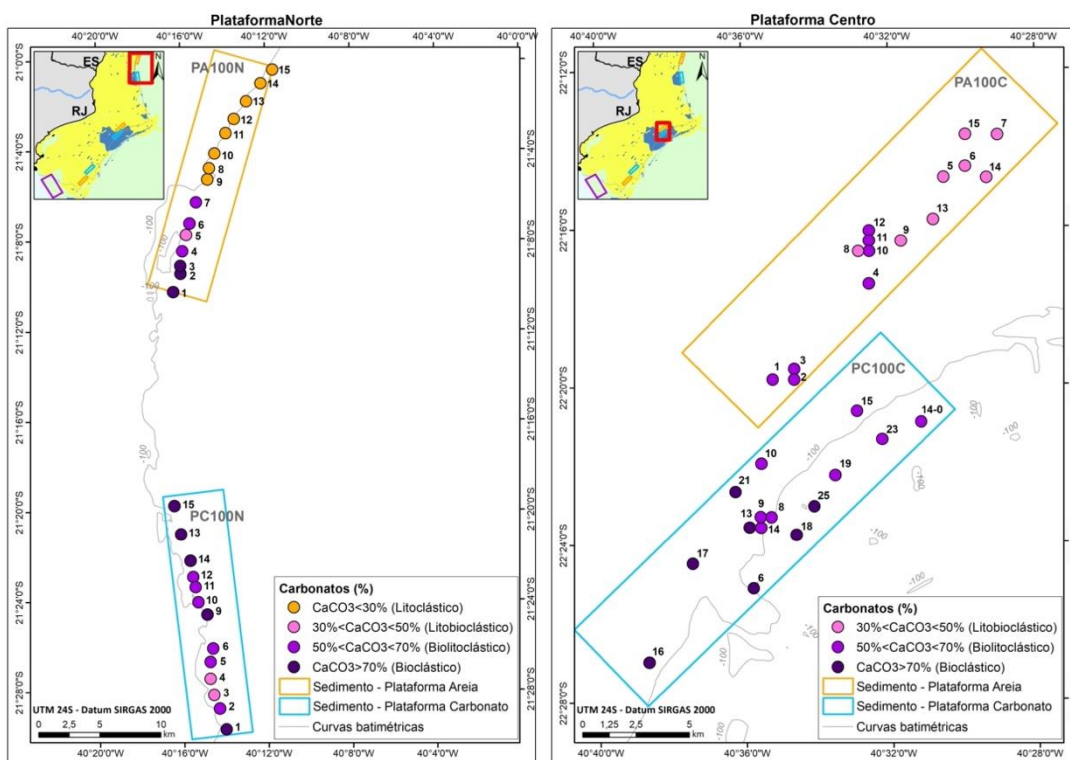
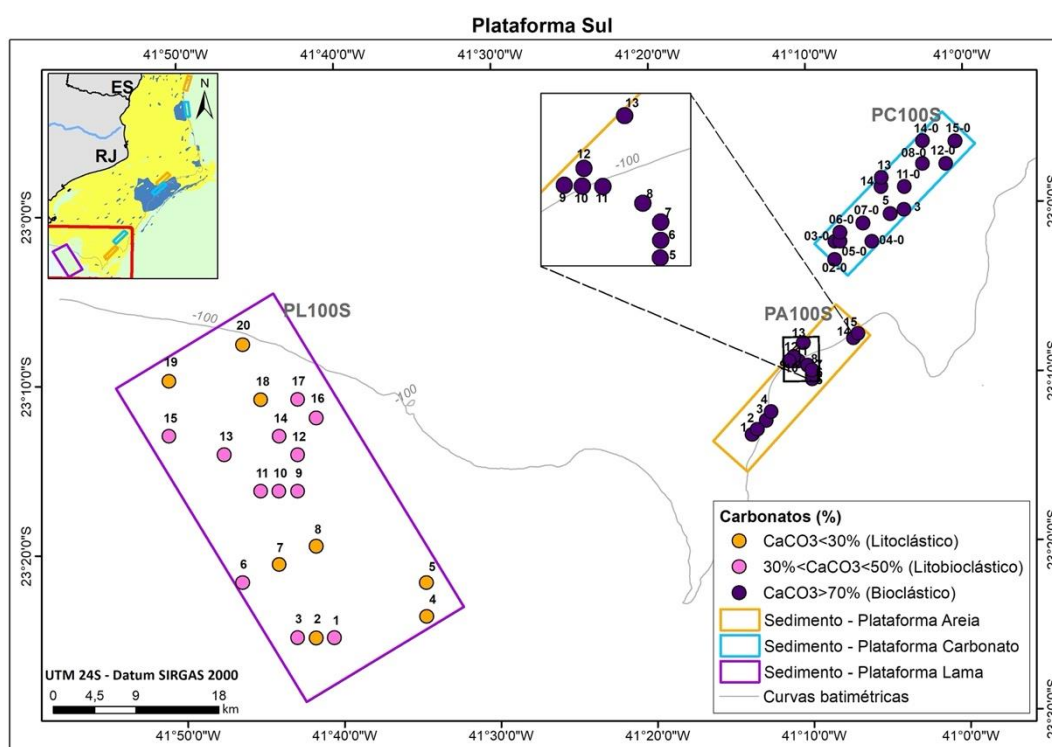


Figura IV.9.3.2.1-2 – Classificação do sedimento em relação ao percentual de carbonatos (Dias, 1996) nas áreas (norte, centro, sul) da **Plataforma** do PMAR-BC01.



(a)

(b)



(c)

Figura IV.9.3.2.1-3 – Teor de Carbonatos (%) nas áreas Norte (a), Centro (b) e Sul (c) da Plataforma na 1a campanha do PMAR-BC.

Plataforma Arenosa

As fácies arenosas mostraram grande variabilidade nos teores de carbonatos entre as áreas amostrais (Figuras IV.9.3.2-1 e IV.9.3.2.1-3). A área norte teve classificações sedimentares que variaram desde litoclásticos à bioclásticos (Figura IV.9.3.2.1-4). Os percentuais de carbonatos na área sul estiveram dentre os maiores observados no PMAR-BC, com sedimentos exclusivamente bioclásticos. Também foi observada uma tendência de aumento das porcentagens de carbonatos no sedimento na direção norte-sul, que gradativamente alterou a classificação de sedimentos litoclásticos para bioclásticos (Figura IV.9.3.2.1-4).

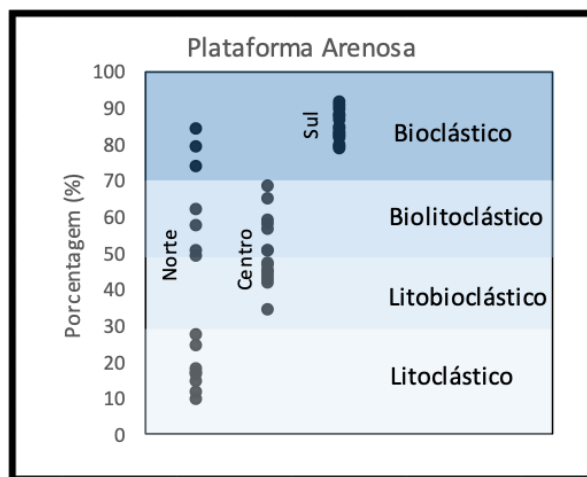


Figura IV.9.3.2.1-4 – Classificação do sedimento em relação ao percentual de carbonatos (Dias, 1996) na Plataforma Arenosa do PMAR-BC01.

Plataforma Carbonática

As fácies carbonáticas também foram heterogêneas entre as áreas amostrais e registraram os maiores percentuais da província (Figuras IV.9.3.2-1 e IV.9.3.2.1-3). Amostras da área sul apresentaram os maiores teores de carbonatos, com sedimentos exclusivamente bioclásticos. Nas áreas centro e norte, a classificação dos sedimentos variou entre biolitoclásticos e bioclásticos (Figura IV.9.3.2.1-5).

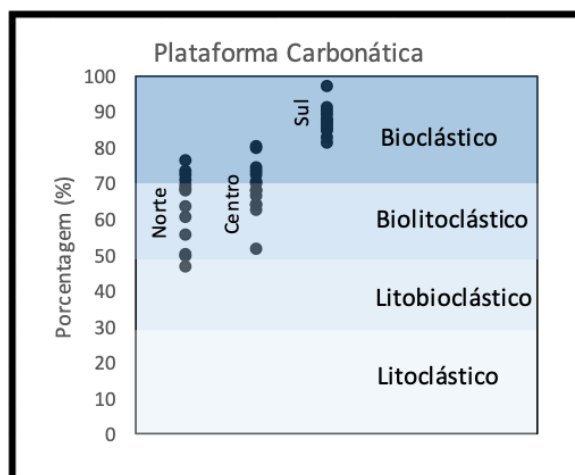


Figura IV.9.3.2.1-5 – Classificação do sedimento em relação ao percentual de carbonatos (Dias, 1996) na Plataforma Carbonática do PMAR-BC01.

Plataforma Lamosa

A faciologia lamosa foi a que apresentou o menor valor médio de carbonatos no sedimento, com classificação sedimentar variando entre litoclásticos e litobioclásticos (Figuras IV.9.3.2-1, IV.9.3.2.1-3 e IV.9.3.2.1-6).

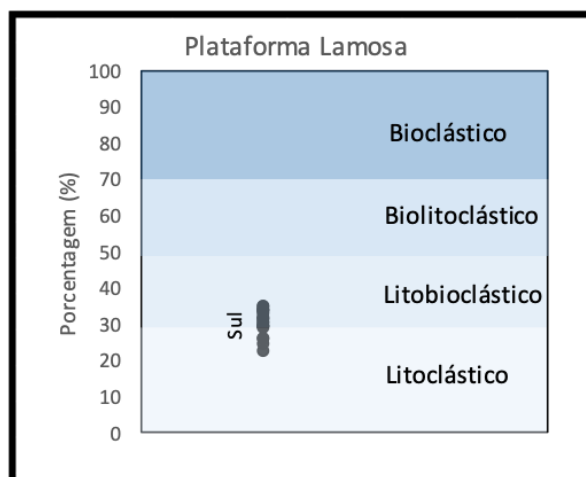


Figura IV.9.3.2.1-6 – Classificação do sedimento em relação ao percentual de carbonatos (Dias, 1996) na Plataforma Lamosa do PMAR-BC01.

IV.9.3.2.2 – Talude das áreas Norte, Centro e Sul

Na província do talude, as porcentagens médias de carbonatos estiveram acima de 40% em todas as áreas amostrais (Tabela IV.9.3.2-1 e Figura IV.9.3.2.2-1). Em relação a classificação do sedimento, distinções entre as áreas também foram evidentes. A área norte apresentou sedimentos litobioclásticos, mais predominantes na área, à sedimentos biolitoclásticos. A área centro apresentou somente sedimentos litobioclásticos. A área sul apresentou maior variabilidade na classificação sedimentar, com predomínio de sedimentos litobioclásticos (Figura IV.9.3.2.2-2).

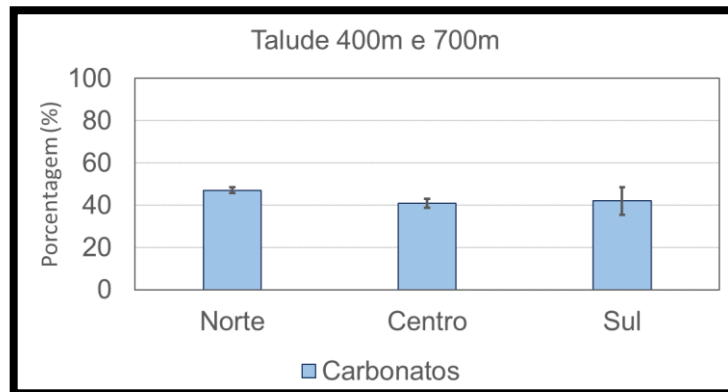


Figura IV.9.3.2.2-1 – Distribuição do Teor de Carbonatos (média %) nas áreas (norte, centro, sul) no **Talude**, isóbatas de 400 m e 700 m, do PMAR-BC01. As barras representam os valores médios e as linhas o desvio-padrão dos grupos de amostras.

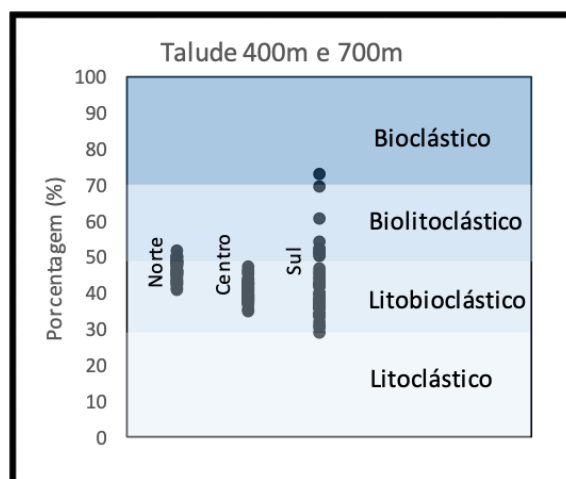


Figura IV.9.3.2.2-2 – Classificação do sedimento em relação ao percentual de carbonatos (Dias, 1996) no **Talude**, isóbatas de 400 m e 700 m, do PMAR-BC01.

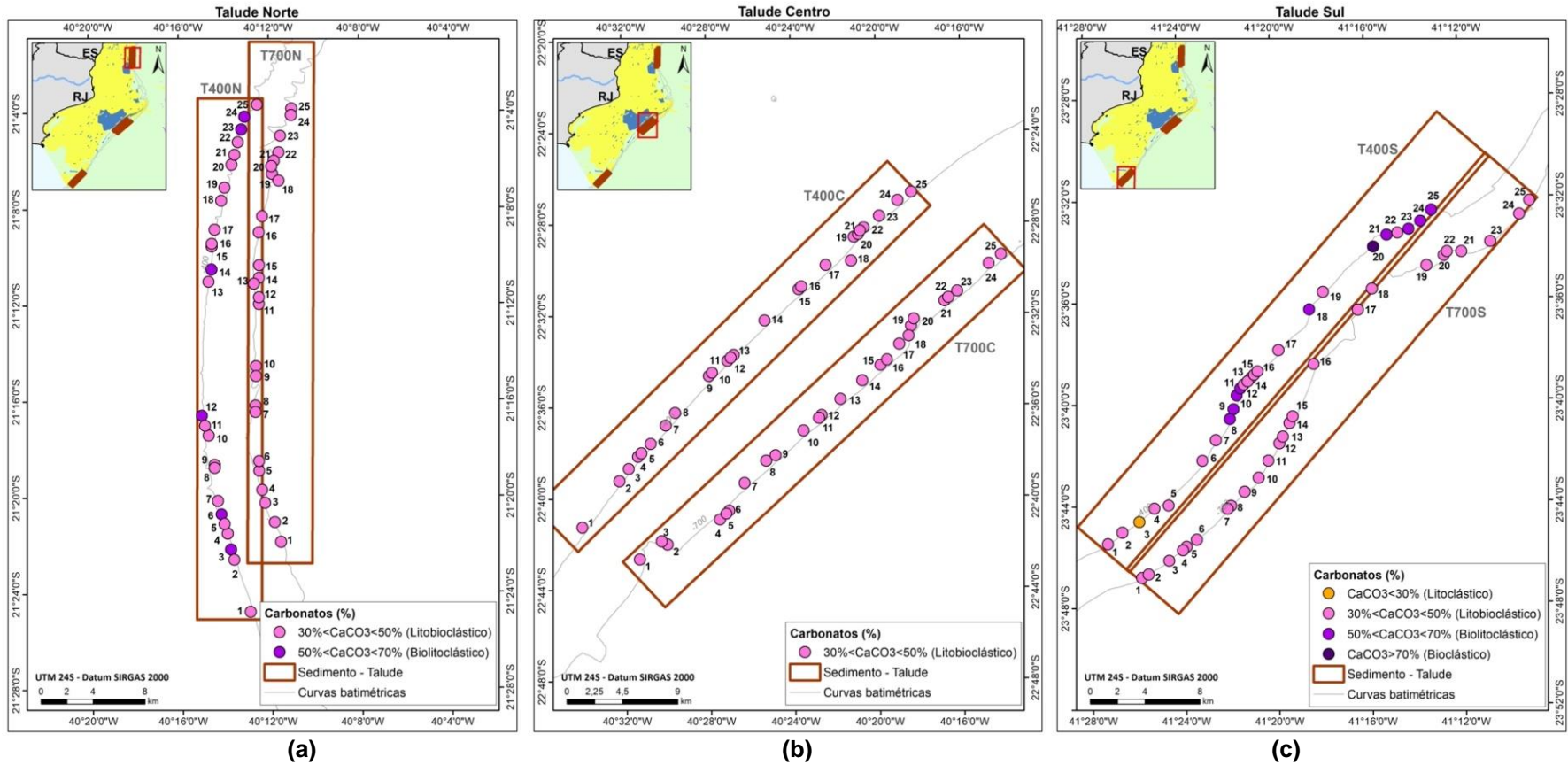


Figura IV.9.3.2.2-3 – Teor de carbonatos (%) nas áreas Norte (a), Centro (b) e Sul (c) do Talude na 1a campanha do PMAR-BC.

A disposição dos teores de carbonatos nas estações de coleta mostrou que na área norte, sob a isóbata de 400 m, valores pontuais pouco mais elevados, cujos sedimentos foram classificados entre litobioclástico e biolitoclástico (Figura IV.9.3.2.2-3 a). Sob a isóbata de 700 m, ficou evidente maior homogeneidade, com sedimentos exclusivamente litobioclásticos. A área central mostrou-se homogênea nas duas isóbatas (400 m e 700 m) apresentando apenas sedimentos litobioclásticos (Figura IV.9.3.2.2-3 b). Na área sul, sob a isóbata de 400 m, houve uma distribuição heterogênea dos valores percentuais de carbonatos, cujos sedimentos abrangendo todas as classes na classificação sedimentar. Em contrapartida, na isóbata de 700 m sedimentos foram exclusivamente litobioclásticos (Figura IV.9.3.2.2-3 c).

Talude - Isóbata de 400 m

Considerando o talude na isóbata de 400 metros, maior variabilidade entre as porcentagens médias de carbonatos ocorreu na área sul, inserido em todas as classes quanto à origem sedimentar (Figuras IV.9.3.2-1 e IV.9.3.2.2-4). A região norte não apresentou sedimentos litoclásticos e nem bioclásticos, e na região centro foram reportados somente sedimentos litobioclástico (Figura IV.9.3.2.2-4).

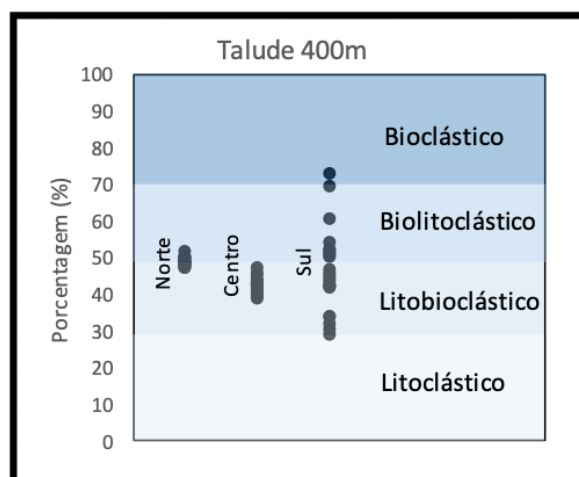


Figura IV.9.3.2.2-4 – Classificação do sedimento em relação ao percentual de carbonatos (Dias, 1996) no **Talude, isóbata de 400 m**, do PMAR-BC01.

Talude - Isóbata de 700 m

Maior homogeneidade sedimentar entre as áreas amostradas foi observada nesta província, sob a profundidade de 700 m (Figuras IV.9.3.2-1). Neste caso, todas as amostras do PMAR-BC apresentaram sedimentos classificados como litobioclástico (Figura IV.9.3.2.2-5). Também pôde-se observar pequenas reduções nos teores de carbonato entre as áreas amostradas, no sentido norte-sul (Figura IV.9.3.2-1).

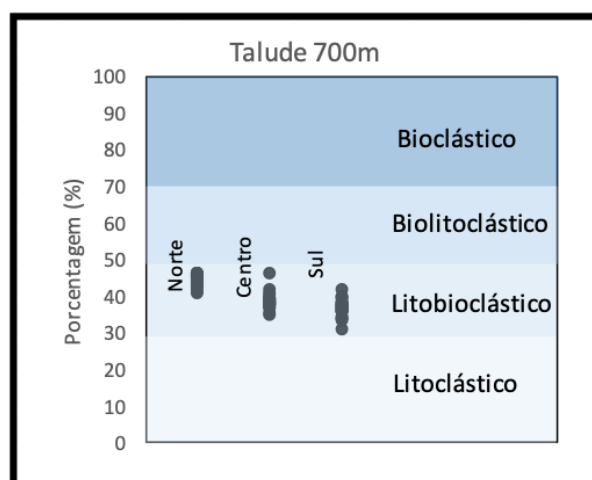


Figura IV.9.3.2.2-5 – Classificação do sedimento em relação ao percentual de carbonatos (Dias, 1996) no **Talude, isóbata de 700 m**, do PMAR-BC01.

IV.9.3.2.3 – Cânions das áreas Sul e Norte

Nos Cânions, foi observado na área norte o teor médio de carbonatos superior à 40%, enquanto na área sul, o teor médio foi inferior à essa porcentagem (Tabela IV.9.3.2-1 e Figura IV.9.3.2.3-1). Os sedimentos litobioclásticos predominaram em ambas as áreas (Figura IV.9.3.2.3-2).

Os teores de carbonatos nos Cânions Almirante Câmara (área norte) e Sul/Sudeste (área sul) foram homogêneos, com a maior parte de sedimentos biolitoclásticos (Figura IV.9.3.2.3-3 a, b). O Cânion Almirante (400 m) apresentou em três estações sedimentos bioclásticos, com valores no teor de carbonato próximos ao limite litobioclástico (Figura IV.9.3.2.3-3 a).

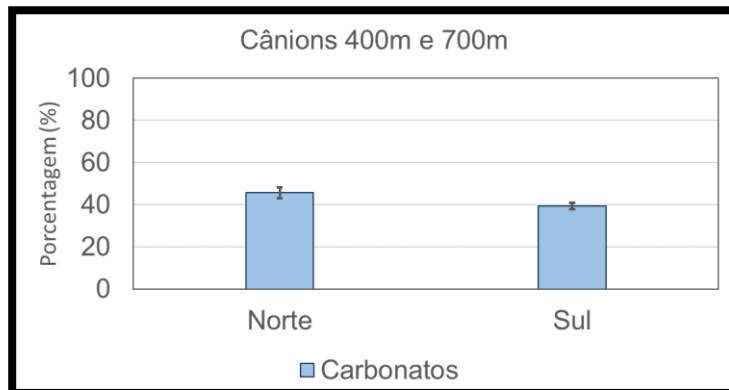


Figura IV.9.3.2.3-1 – Distribuição do Teor de Carbonatos (média %) nas áreas (norte, sul) nos **Cânions**, isóbatas de 400 m e 700 m, do PMAR-BC01. As barras representam os valores médios e as linhas o desvio-padrão dos grupos de amostras.

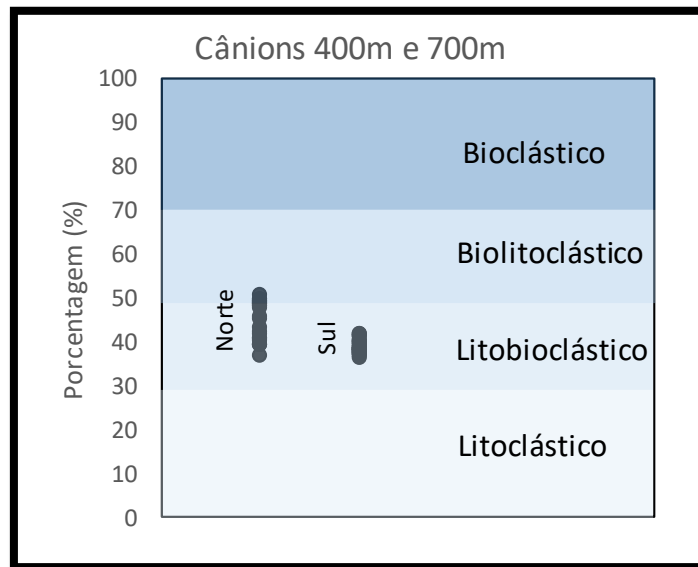


Figura IV.9.3.2.3-2 – Classificação do sedimento em relação ao percentual de carbonatos (Dias, 1996) nos **Cânions**, isóbatas de 400 m e 700 m, do PMAR-BC01.

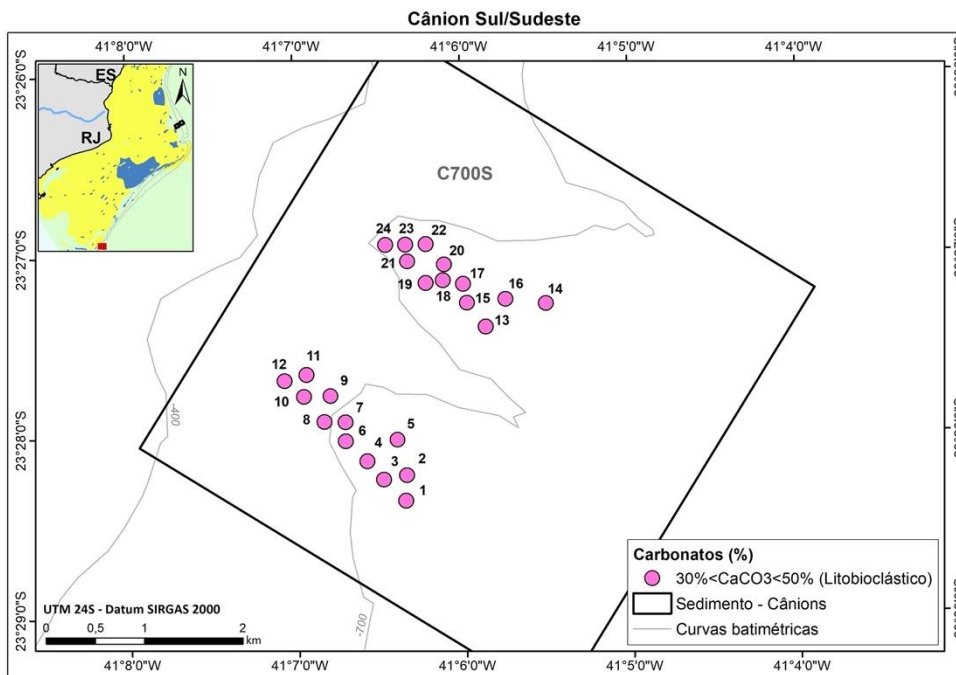
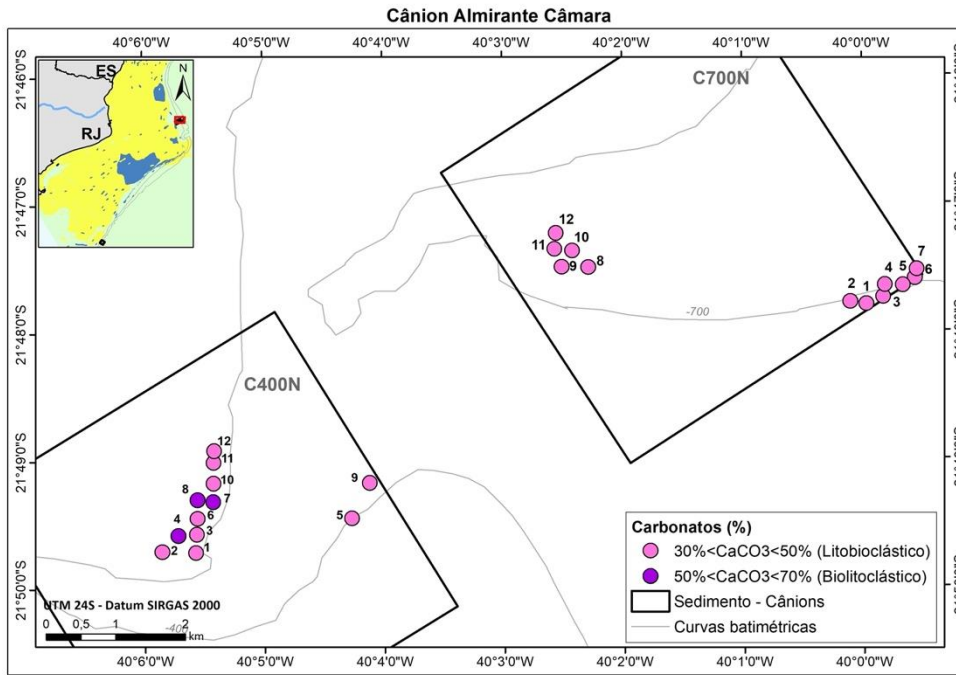


Figura IV.9.3.2.3-3 – Teor de Carbonatos (%) nas áreas Norte (a) e Sul (b) dos Cânions na 1a campanha do PMAR-BC.

Cânion - Isóbata de 400 m

O teor médio das amostras coletadas no cânion norte foi de 49 %, mostrando o predomínio de sedimentos biolitoclásticos (Figuras IV.9.3.2-1 e IV.9.3.2.3-4).

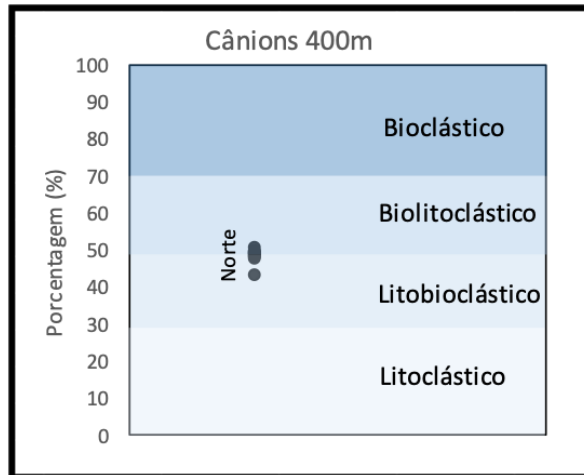


Figura IV.9.3.2.3-4 – Classificação do sedimento em relação ao percentual de carbonatos (Dias, 1996) nos Cânions, isóbata de 400 m, do PMAR-BC01.

Cânion - Isóbata de 700 m

Sob a isóbata de 700 m, os teores de carbonato margearam 40 % entre as regiões norte e sul (Figuras IV.9.3.2-1) e todos os sedimentos foram classificados como litobioclásticos (Figura IV.9.3.2.3-5), denotando uma homogeneidade entre áreas (Figura IV.9.3.2.3-3 a, b).

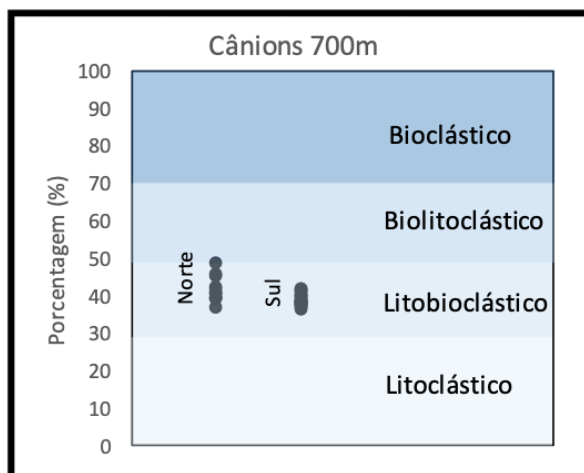


Figura IV.9.3.2.3-5 – Classificação do sedimento em relação ao percentual de carbonatos (Dias, 1996) nos Cânions, isóbata de 700 m, do PMAR-BC01.

IV.9.3.2.4 – Análises estatísticas com base nos resultados dos teores de carbonatos

A. Plataforma Continental

- **Análises exploratórias: Comparações entre as faciologias da Plataforma das três áreas da Bacia de Campos**

O NMDS foi elaborado a partir da inserção dos valores dos teores de carbonatos, plotado de forma conjunta com os resultados das análises estatísticas multivariadas dos dados de granulometria (cascalho, areia e lama, apresentado no item IV.9.3.1.4; Figura IV.9.3.2.4-1). A análise de ordenação evidenciou a heterogeneidade nos teores de carbonato entre e dentro das áreas amostrais.

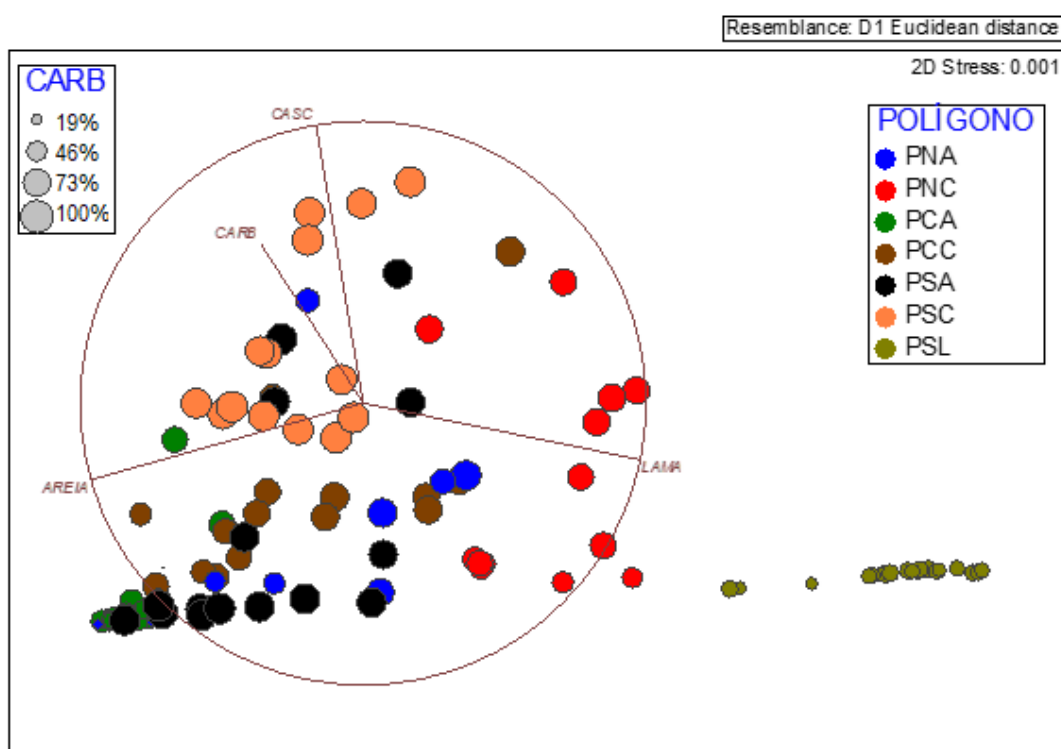


Figura IV.9.3.2.4-1 – NMDS em que os eixos representam as correlações de Spearman das variáveis granulométricas e inclusão dos teores de carbonato (%) das amostras da Plataforma. A saber: Tamanho dos círculos representam a escala de valor % do teor de carbonatos. PNA, PNC, PCA, PCC, PSA, PSC e PSL = plataforma norte arenosa, norte carbonática, centro arenosa, centro carbonática, sul arenosa, sul carbonática e sul lamosa, respectivamente.

Na área sul, teores de carbonatos próximos à 30% foram reportados para a fácies lamosa, enquanto teores próximos à 85% na fácies carbonática. A segregação das estações com baixos valores também indicou a distinção entre áreas amostrais, que de modo geral, apresentaram teores de carbonato entre 40 % e 70 % nessa província (Figura IV.9.3.2.4-1).

- **Análises inferenciais: Comparações entre as faciologias da Plataforma das três áreas da Bacia de Campos**

A partir dos resultados dos testes de inferência PERMDISP e PERMANOVA (Tabela IV.9.3.2.4-1), pode-se afirmar, com base nas hipóteses nulas e/ou outros objetivos definidos para as amostras coletadas na Plataforma no Projeto PMAR-BC:

- 1- Para **plataforma arenosa**, os testes pareados (PERMANOVA) revelaram não haver diferença no teor de carbonato entre as áreas centro e norte ($p=0,15$; *pair-wise tests*). Os teores no sedimento obtidos na área sul diferiram da área centro e norte (ambos $p=0,001$; *pair-wise tests*): essa diferença foi atribuída às maiores porcentagens de carbonato nos sedimentos obtidos na área sul em relação às demais áreas (ver Figuras IV.9.3.2.1-4 e IV.9.3.2.4-1).
- 2- Os testes pareados (PERMANOVA) para a **plataforma carbonática** mostraram não haver diferença no teor de carbonato entre as áreas centro e norte ($p=0,16$; *pair-wise tests*). Os teores no sedimento obtidos na área sul diferiram da área centro e norte (ambos $p=0,001$; *pair-wise tests*): as diferenças entre as áreas dessa faciologia também foram atribuídas aos maiores teores de carbonato na área sul (ver Figuras IV.9.3.2.1-5 e IV.9.3.2.4-1).
- 3- Os testes pareados (PERMANOVA) revelaram diferença entre os teores de carbonato no sedimento da **plataforma lamosa** e a maior parte dos polígonos de plataforma continental: ficou evidenciado os menores teores de carbonato sedimentar nessa faciologia (ver tamanhos de

círculos da Figura IV.9.3.2.4-1). As concentrações de carbonato na plataforma lamosa foram estatisticamente iguais às reportadas para a plataforma norte arenosa ($p=0,14$; *pair-wise tests*). Os teores de carbonato na plataforma lamosa também diferiram em comparação com os polígonos do talude e cânion ($p<0,005$; *pair-wise tests*).

- 4- Na comparação entre as **faciologias da plataforma**, os testes pareados (PERMANOVA) dos polígonos evidenciaram diferenças significativas entre fácies arenosas e carbonáticas nas três áreas norte, centro e sul, ($p<0,005$; *pair-wise tests*). A exceção foi a igualdade entre PSA e PSC ($p<0,199$; *pair-wise tests*).
- 5- Na comparação entre as duas **províncias**, os testes pareados dos polígonos (PERMANOVA) evidenciaram diferenças significativas entre plataforma e talude nas três áreas (norte, centro e sul), independente da faciologia da plataforma ou da profundidade da coluna d'água do talude ($p<0,005$; *pair-wise tests*).

Tabela IV.9.3.2.4-1 – PERMDISP e PERMANOVA para os teores de carbonatos (univar) da 1ª Campanha do PMAR-BC. Comparações entre os polígonos da plataforma.

Polígonos	PERMDISP - PAIRWISE COMPARISONS		PERMANOVA - PAIR-WISE TESTS			
	t	Pperm	t	Pperm	Uniques	PMC
PNA e PNC	4,9727	0,001	3,0095	0,013	815	0,006
PNA e PSA	7,5716	0,001	6,4514	0,001	743	0,001
PNA e PSC	8,1568	0,001	6,7294	0,001	745	0,001
PNA e PSL	9,004	0,001	1,5489	0,144	777	0,14
PNA e TC4	10,868	0,001	0,45702	0,623	769	0,641
PNA e TC7	10,772	0,001	0,19261	0,862	762	0,847
PNA e TN4	11,336	0,001	1,6976	0,12	782	0,095
PNA e TN7	11,019	0,001	0,86672	0,395	775	0,394
PNA e TS4	5,775	0,001	1,1028	0,257	639	0,296
PNA e TS7	10,74	0,001	0,57105	0,568	750	0,59
PNC e PSA	3,5867	0,003	7,5757	0,001	688	0,001
PNC e PSC	4,7972	0,001	8,5912	0,001	692	0,001
PNC e PSL	4,5696	0,001	13,574	0,001	761	0,001
PNC e TC4	6,7017	0,001	10,332	0,001	539	0,001
PNC e TC7	6,4442	0,001	11,896	0,001	737	0,001
PNC e TN4	7,7782	0,001	7,341	0,001	631	0,001
PNC e TN7	7,1003	0,001	9,3988	0,001	666	0,001
PNC e TS4	0,16627	0,867	4,7161	0,001	741	0,001
PNC e TS7	6,4027	0,001	12,861	0,001	727	0,001
PCA e PCC	0,88177	0,382	5,6795	0,001	531	0,001
PCA e PNA	5,5262	0,001	1,4458	0,167	628	0,15
PCA e PNC	0,48293	0,635	3,5829	0,003	671	0,002
PCA e PSA	2,7753	0,013	13,083	0,001	605	0,001
PCA e PSC	3,8459	0,001	14,434	0,001	634	0,001

Polígonos	PERMDISP - PAIRWISE COMPARISONS		PERMANOVA - PAIR-WISE TESTS			
	t	Pperm	t	Pperm	Uniques	PMC
PCA e PSL	3,6596	0,001	8,7549	0,001	706	0,001
PCA e TC4	5,4819	0,001	4,2297	0,001	393	0,001
PCA e TC7	5,3139	0,001	5,9698	0,001	600	0,001
PCA e TN4	6,384	0,001	0,83545	0,434	530	0,417
PCA e TN7	5,7666	0,001	3,1405	0,002	359	0,004
PCA e TS4	0,26472	0,797	1,1729	0,28	675	0,232
PCA e TS7	5,2479	0,001	7,0046	0,001	624	0,001
PCC e PNA	6,15	0,001	3,9503	0,001	660	0,002
PCC e PNC	1,3797	0,207	1,4029	0,156	593	0,16
PCC e PSA	1,7394	0,08	7,3145	0,001	471	0,001
PCC e PSC	2,8324	0,005	8,6181	0,001	483	0,001
PCC e PSL	2,5123	0,016	19,215	0,001	817	0,001
PCC e TC4	4,2111	0,001	15,916	0,001	736	0,001
PCC e TC7	4,0656	0,001	17,793	0,001	746	0,001
PCC e TN4	5,1285	0,001	12,366	0,001	703	0,001
PCC e TN7	4,4785	0,001	14,853	0,001	736	0,001
PCC e TS4	1,0506	0,315	6,782	0,001	584	0,001
PCC e TS7	3,9844	0,001	18,998	0,001	763	0,001
PSA e PSC	2,1003	0,036	1,2756	0,235	218	0,199
PSA e PSL	0,95116	0,36	41,761	0,001	800	0,001
PSA e TC4	3,6759	0,001	43,777	0,001	780	0,001
PSA e TC7	3,2629	0,007	45,598	0,001	651	0,001
PSA e TN4	6,0434	0,001	41,75	0,001	752	0,001
PSA e TN7	4,5205	0,001	43,817	0,001	745	0,001
PSA e TS4	2,4243	0,023	13,106	0,001	807	0,001
PSA e TS7	3,1538	0,005	47,492	0,001	756	0,001
PSC e PSL	1,0394	0,329	51,558	0,001	763	0,001
PSC e TC4	1,4479	0,139	60,306	0,001	737	0,001
PSC e TC7	1,2052	0,322	60,993	0,001	726	0,001
PSC e TN4	4,2988	0,001	65,012	0,001	562	0,001
PSC e TN7	2,2104	0,031	63,249	0,001	702	0,001
PSC e TS4	3,1702	0,007	13,991	0,001	828	0,001
PSC e TS7	0,98856	0,313	63,346	0,001	627	0,001
PSL e TC4	2,4684	0,026	13,962	0,001	569	0,001
PSL e TC7	2,2311	0,038	9,4913	0,001	518	0,001
PSL e TN4	4,461	0,001	24,538	0,001	671	0,001
PSL e TN7	3,0206	0,009	17,446	0,001	608	0,001
PSL e TS4	3,1919	0,002	6,2926	0,001	699	0,001
PSL e TS7	2,0544	0,063	7,1665	0,001	298	0,001

Legenda: PNA, PNC, PCA, PCC, PSA, PSC e PSL = plataforma norte arenosa, norte carbonática, centro arenosa, centro carbonática, sul arenosa, sul carbonática e sul lamosa, respectivamente. TN4, TN7, TC4, TC7, TS4 e TS7 = talude norte 400m, norte 700m, centro 400m, centro 700m, sul 400m e sul 700m, respectivamente.

B. Talude e Cânions

- **Análises exploratórias: Comparações entre as faciologias do Talude e Cânions das três áreas da Bacia de Campos**

A análise de ordenação foi elaborada a partir da inserção dos valores dos teores de carbonatos, plotados de forma conjunta com os resultados das análises estatísticas multivariadas dos dados de granulometria (cascalho, areia e lama, apresentado no item IV.9.3.1.4; Figura IV.9.3.2.4-2).

Pôde-se observar maior homogeneidade nos teores de carbonato entre as áreas amostrais dos taludes e cânions amostrados. Na área sul, as concentrações de carbonato sedimentar na isóbata de 400 m variaram entre 30 % e 73 % e estiveram relacionadas desde sedimentos com maiores proporções de lama à sedimentos arenosos. De modo geral, os teores de carbonato foram semelhantes e, em sua maior parte, estiveram associados aos sedimentos com maiores concentrações de lama (Figura IV.9.3.2.4-2).

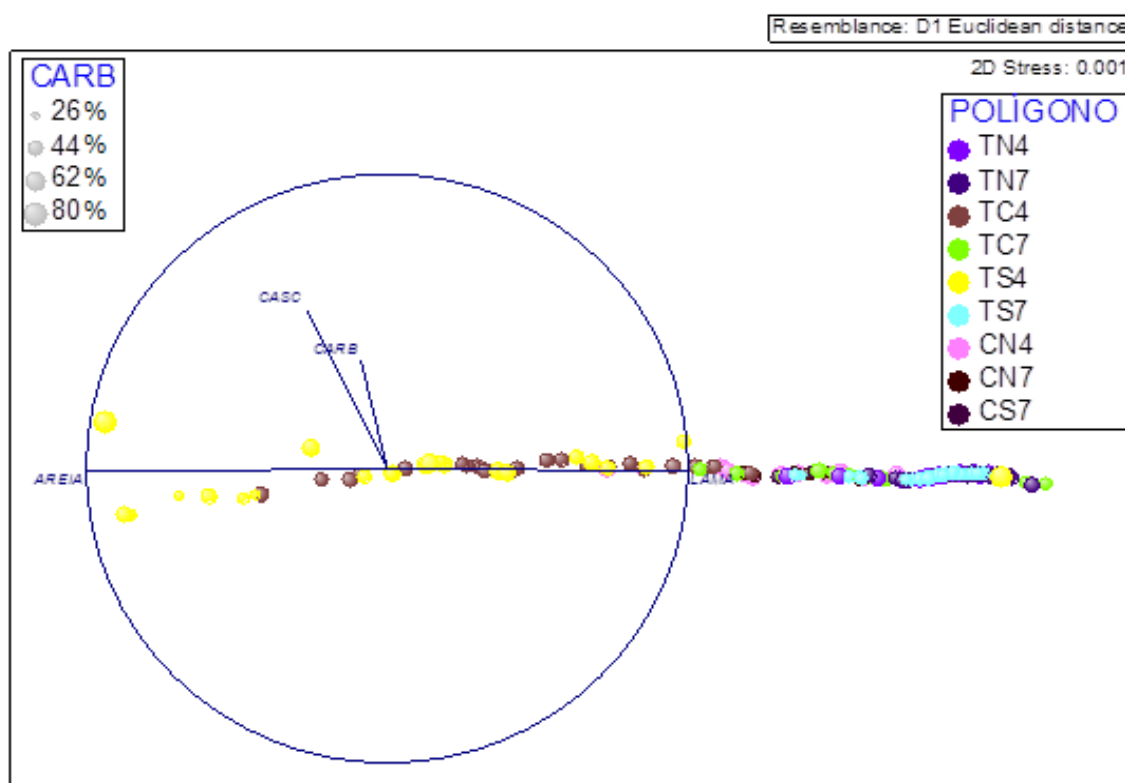


Figura IV.9.3.2.4-2 – NMDS em que os eixos representam as correlações de Spearman das variáveis granulométricas e inclusão dos teores de carbonato (%) das amostras do Talude e Cânions. A saber: Tamanho dos círculos representam a escala de valor % do teor de carbonatos. TN4, TN7, TC4, TC7, TS4 e TS7 = talude norte 400m, norte 700m, centro 400m, centro 700m, sul 400m e sul 700m, respectivamente.

- **Análises inferenciais: Comparações entre as isóbatas de 400 m e 700 m do talude e cânions das três áreas da Bacia de Campos**

A partir dos resultados dos testes de inferência PERMDISP e PERMANOVA (Tabela IV.9.3.2.4-2) dos dados de carbonatos (univar), podemos afirmar, com base nas hipóteses nulas e/ou outros objetivos definidos para as amostras coletadas na Plataforma no Projeto PMAR-BC:

- 1- Para o **talude 400 m**, os testes pareados (PERMANOVA) entre os polígonos amostrais revelaram que os teores de carbonato diferiram apenas entre as áreas centro e norte ($p=0,001$; *pair-wise tests*): no talude (400 m), a área centro foi marcada por sedimentos com os menores teores de carbonato em relação às demais áreas (ver Figuras IV.9.3.2.2-4 e IV.9.3.2.4-2, tamanhos dos círculos).
- 2- Os testes pareados envolvendo a granulometria do **talude 700 m** (PERMANOVA) mostraram que os teores de carbonato de todas as áreas diferiram entre si ($p<0,004$; *pair-wise tests*): ficou evidente uma tendência de redução nos teores de carbonato latitudinalmente, com os maiores valores registrados na área norte e os menores na área sul (ver Figuras IV.9.3.2.2-5 e IV.9.3.2.4-2, tamanhos dos círculos).
- 3- Diferenças entre as áreas norte e sul também foram evidenciadas entre os **cânions à 700 m** ($p=0,003$; *pair-wise tests*): com maiores teores de carbonato na área norte (ver Figuras IV.9.3.2.3-3 e IV.9.3.2.4-2, tamanhos dos círculos). A comparação entre as **batimetrias de 400 m e 700 m do talude norte** também mostrou diferença nas concentrações de carbonato do sedimento ($p=0,001$; *pair-wise tests*).

Tabela IV.9.3.2.4-2 – PERMDISP e PERMANOVA para os teores de carbonatos (univar) da 1ª Campanha do PMAR-BC. Comparações entre os polígonos da talude e cânions.

Polígonos	PERMDISP - PAIRWISE COMPARISONS		PERMANOVA - PAIR-WISE TESTS			
	t	Pperm	t	Pperm	Uniques	PMC
CN4 e CN7	1.8632	0.08	6.308	0.001	230	0.001
CN4 e CS7	0.37575	0.743	16.328	0.001	454	0.001
CN4 e PCA	4.0555	0.002	0.62787	0.526	518	0.555
CN4 e PCC	3.1901	0.006	8.4608	0.001	486	0.001
CN4 e PNA	7.5948	0.001	1.1391	0.267	766	0.272
CN4 e PNC	4.9393	0.001	5.0388	0.001	616	0.001
CN4 e PSA	3.2555	0.004	27.941	0.001	725	0.001
CN4 e PSC	1.8101	0.083	42.198	0.001	662	0.001
CN4 e PSL	2.3338	0.059	16.256	0.001	624	0.001
CN4 e TC4	0.75985	0.467	9.1567	0.001	385	0.001
CN4 e TC7	0.66497	0.546	12.936	0.001	475	0.001
CN4 e TN4	1.0428	0.339	0.33803	0.748	179	0.745
CN4 e TN7	0.66791	0.607	6.9656	0.001	299	0.001
CN4 e TS4	3.3	0.003	0.70035	0.506	626	0.495
CN4 e TS7	0.95527	0.398	15.507	0.001	511	0.001
CN7 e CS7	2.5637	0.042	3.4876	0.001	312	0.003
CN7 e PCA	3.1191	0.003	3.0587	0.005	598	0.007
CN7 e PCC	2.2175	0.035	10.99	0.001	713	0.001
CN7 e PNA	7.0989	0.001	0.24377	0.815	776	0.813
CN7 e PNC	3.9019	0.003	7.1741	0.001	683	0.001
CN7 e PSA	1.2236	0.311	29.422	0.001	751	0.001
CN7 e PSC	0.56462	0.626	39.642	0.001	636	0.001
CN7 e PSL	0.37532	0.725	8.8764	0.001	529	0.001
CN7 e TC4	1.7959	0.111	0.60951	0.533	277	0.55
CN7 e TC7	1.557	0.228	3.1574	0.003	326	0.005
CN7 e TN4	3.8962	0.002	9.9237	0.001	394	0.001
CN7 e TN7	2.4056	0.021	3.3668	0.004	305	0.004
CN7 e TS4	2.6349	0.026	1.4647	0.152	619	0.156
CN7 e TS7	1.3999	0.164	5.3174	0.001	372	0.001
CS7 e PCA	5.738	0.001	5.9348	0.001	609	0.001
CS7 e PCC	4.4834	0.001	17.99	0.001	749	0.001
CS7 e PNA	10.836	0.001	0.16613	0.864	761	0.879
CS7 e PNC	7.0467	0.001	11.899	0.001	711	0.001
CS7 e PSA	4.628	0.001	49.405	0.001	759	0.001
CS7 e PSC	2.4498	0.031	71.904	0.001	686	0.001
CS7 e PSL	3.1702	0.001	10.466	0.001	501	0.001
CS7 e TC4	0.70452	0.479	6.4346	0.001	333	0.001
CS7 e TC7	0.61509	0.633	0.2237	0.83	273	0.832
CS7 e TN4	2.403	0.044	26.168	0.001	549	0.001
CS7 e TN7	0.45587	0.65	12.04	0.001	383	0.001
CS7 e TS4	4.6182	0.001	3.3606	0.002	661	0.002
CS7 e TS7	1.0363	0.33	3.8077	0.002	310	0.002
TC4 e IC7	0.027374	0.981	5.677	0.001	218	0.001
TC4 e TN4	2.505	0.012	14.42	0.001	267	0.001
TC4 e TN7	0.37984	0.744	4.175	0.001	176	0.001
TC4 e TS4	4.516	0.001	1.8955	0.063	460	0.065
TC4 e TS7	0.36535	0.727	8.9561	0.001	266	0.001
TC7 e TN4	2.08	0.076	20.012	0.001	368	0.001
TC7 e TN7	0.3459	0.768	10.043	0.001	272	0.001
TC7 e TS4	4.4631	0.001	3.4479	0.001	512	0.004
TC7 e TS7	0.2998	0.785	3.122	0.003	193	0.004
TN4 e TN7	2.9968	0.003	11.324	0.001	206	0.001
TN4 e TS4	5.0829	0.001	1.0962	0.292	441	0.295
TN4 e TS7	2.6241	0.006	23.912	0.001	407	0.001
TN7 e TS4	4.6438	0.001	0.91599	0.391	458	0.371
TN7 e TS7	0.76057	0.497	13.584	0.001	314	0.001
TS4 e TS7	4.3863	0.001	4.3569	0.001	502	0.001

Legenda: TN4, TN7, TC4, TC7, TS4 e TS7 = talude norte 400m, norte 700m, centro 400m, centro 700m, sul 400m e sul 700m, respectivamente. CN4, CN7 e CS7 = cânion norte 400m, norte 700m e sul 700m, respectivamente.

IV.9.4 – DISCUSSÃO

IV.9.4.1 – Variabilidade espacial

As características granulométricas obtidas no PMAR-BC mostraram o predomínio de sedimentos arenosos na plataforma (100 m) e preponderância de sedimentos lamosos nas províncias da margem continental (talude e cânions a 400 m e 700 m). Esse padrão é conhecido para região da Bacia de Campos e foi reportado anteriormente nos estudos de Viana *et al.* (1998) e Rezende *et al.* (2017). De certo modo, essa distribuição dos grãos em assoalhos marinhos está relacionada aos processos de sedimentação, circulação oceânica, processos biológicos adjacentes e variações do nível do mar (Harris & Coleman, 1998; Campos & Dominguez, 2010). Segundo Garrison (2016), o sinergismo desses parâmetros e a proximidade do continente proporcionam o padrão clássico em distribuição de sedimentos superficiais marinhos, no qual a plataforma interna fica caracterizada por depósitos modernos enquanto a externa apresenta sedimentos reliquiares ou carbonáticos

Quanto aos teores de carbonato presentes nos sedimentos no PMAR-BC, ficou notória a redução proporcional ao aumento da profundidade. Conseqüentemente, maior variedade de compostos carbonáticos foram observados na plataforma, variando de litoclástico à bioclástico, enquanto no talude e cânion os sedimentos foram mais homogêneos, predominantemente litobioclásticos. Essa variação entre as províncias é reflexo dos processos de transição de níveis oceânicos, biogeoquímicos, geológicos e diagenéticos (Okubo *et al.*, 2015). Essas características também foram evidenciadas anteriormente por Figueiredo Jr. & Madureira (2004) em estudo sobre a topografia e composição dos sedimentos marinhos da região sudeste do Brasil e reiteram que a proximidade do continente influencia os teores de carbonato dos sedimentos marinho.

Na província de plataforma continental, diferenças entre as áreas amostrais evidenciaram a heterogeneidade na composição granulométrica e nos teores de carbonato. Essa heterogeneidade é justificada, principalmente, em função da presença de distintas fácies sedimentares superficiais na região da Bacia de

Campos: fácies arenosa, fácies lamosa e carbonática (Machado *et al.*, 2004). No que se refere a este trabalho, a estrutura sedimentar da bacia também é marcada pela contribuição terrígena insuficiente na plataforma continental, cujo aporte de sedimentos de origem continental fica parcialmente regido pelas descargas da bacia de drenagem em áreas específicas e de forma inconstantes (Suguio, 2003).

Relacionando essas diferenças granulométricas entre áreas amostrais da plataforma continental do PMAR-BC ao aspecto geomorfológico, pode-se perceber que a área norte possui menor extensão em relação às demais áreas, além de grande influência fluvial. Estas características afetam a dinâmica deposicional em virtude da proximidade do continente e da composição do material transferido pela bacia de drenagem para o ambiente marinho (Viana *et al.*, 1998; Reid, 1989). Adicionalmente, a geomorfologia exerce influência de formas diferentes no transporte e circulação de massas d'água, atrelando padrões distintos de mobilidade sedimentar ao largo da Bacia de Campos (Signorini, 1976).

Especificamente, as fácies arenosas da plataforma continental foram marcadas por sedimentos com porcentagens de areia superior à 70 % e distinção granulométrica entre a área centro e as demais. Essas diferenças entre as áreas amostrais corroboram a heterogeneidade da plataforma, fato evidenciado nas composições texturais distintas do sedimento (Tabela IV.9.3.1.4-1; ANEXO [IV.9.7-1] Tabelas 2, 4, e 6). Segundo Swift *et al.* (1974), partes arenosas da plataforma continental, em sua maioria, são resquícios de depósitos sedimentares pretéritos, que diferem da fácies sedimentares modernas. Nesse sentido, áreas arenosas tendem a apresentar grande variação na composição granulométricas, fato que justifica os resultados encontrados (ver Figura IV.9.3.1.1-2). Quanto aos teores de carbonatos nas fácies arenosas na área norte, a presença de sedimentos litoclásticos e a heterogeneidade indicam a participação continental na constituição do sedimento marinho, possivelmente relacionada à influência fluvial.

Como esperado, maiores proporções de cascalho foram obtidas nas fácies carbonáticas. Segundo Kowsman & Costa (1979), o cascalho da plataforma interna da Bacia de Campos possui constituição carbonática, o que marca e delimita feições na região analisada. Ainda sobre a plataforma carbonática, foi perceptível a ausência de padrões referentes às proporções granulométricas latitudinalmente

(ver Figura IV.9.3.1.4-1). Esses resultados ressaltam a heterogeneidade sedimentar da plataforma continental, a partir das amostras obtidas no PMAR-BC. Nesse contexto, diferenças nos teores de carbonato entre as áreas nas fácies carbonáticas indicaram a forte influência biológica na origem do carbonato na área sul, onde houve somente registros de sedimentos bioclásticos. Segundo Figueiredo Jr. & Madureira (2004), sedimentos bioclásticos estão dentre os principais domínios na Bacia de Campos.

Plataformas lamosas modernas são compostas por argilas silticas e siltes argilosos e, em geral, são as únicas fácies passíveis de comparações com outras plataformas ou regiões (Suguio, 2003). A razão disso é que sedimentos finos são sedimentados em equilíbrio com as condições hidrodinâmicas da plataforma continental. No presente estudo, a planície lamosa apresentou a textura lama arenosa, com ausência de cascalho e porcentagem média de areia em torno de 20 %. Essas características granulométricas se inserem em descrições anteriores para a Bacia de Campos (Vieira *et al.*, 2015; Rezende *et al.*, 2017).

Amostragens no talude representaram maior homogeneidade sedimentar em relação à plataforma continental, havendo predomínio de sedimentos finos, com porcentagens de areia inferior à 40 %, podendo ser observadas pequenas frações de cascalho. Essa fisionomia dos sedimentos superficiais também foi presente em outros estudos que abordam a sedimentologia da Bacia de Campos (Viana *et al.*, 1998; Caddah *et al.*, 1998).

Ainda considerando a província de talude, as diferenças entre as áreas na isóbata de 400 metros estiveram associadas ao aumento das porcentagens de areias no sedimento, no sentido norte-sul. Por característica da região, areias da área norte e centro da Bacia de Campos apresentam grãos mais grosseiros em relação ao sul (Viana *et al.*, 1998). Esse gradiente nas proporções é ocasionado pela remobilização e transporte sazonal de sedimentos em função de forçantes oceanográficas atuantes na região, como ondas internas e correntes de várias naturezas que atuam até 500 metros de profundidade, transportando sedimentos menos grosseiros (Dornelles *et al.*, 2001; Silveira *et al.*, 2015).

Embora tenha sido observada a homogeneidade nas texturas sedimentares (lama arenosa) e um padrão semelhante nas proporções sedimentares, foram

registradas distinções entre os sedimentos do talude da isóbata de 700 metros da área norte e os sedimentos das demais áreas. Essa diferença esteve relacionada à porcentagem média de lama superior a 80 % nos sedimentos da área norte. Nesse sentido, é conhecido que parte do talude médio se encontra sob a influência da Corrente de Contorno Intermediária, relativamente mais fraca que correntes superiores e que apresenta, em pontos específicos da Bacia de Campos, um perfil vertical médio (Silveira *et al.*, 2008; Lima 2011). Esse perfil pode estar atuando de forma deposicional na área norte, sem capacidade de remobilizar sedimentos para outras áreas da região. Para áreas profundas, é necessária maior integração entre modelos sedimentares e hidrodinâmicas que ampliem e detalhem os padrões sedimentares do fundo oceânico.

Sabe-se que cânions submarinos atuam com condutos para o transporte e acumulação de sedimentos modernos e detritos de fontes fluviais próximas em mar profundo via fluxos gravitacionais (sedimentação hemipelágica; Lemos Jr., 2017). Sua caracterização granulométrica encontra-se relacionada principalmente à proximidade da fonte emissora. Nesse contexto, foram observadas diferenças granulométricas entre as áreas norte e sul nos cânions amostrados à 700 metros, que, embora tenham apresentado texturas de lama arenosa, variaram em função das porcentagens de grãos grosseiros na área norte (Tabela IV.9.3.1.4-1 e Figura IV.9.3.1.4-2).

Diferenças entre áreas amostrais e profundidades nos teores carbonáticos das províncias de talude e cânion também retrataram os processos de dinâmica das massas d'água, proximidade continental e influência da atividade biológica. O talude e cânion amostrados no PMAR-BC apresentaram maior homogeneidade sedimentar com predomínio sedimentos litobioclásticos na maior parte das estações de coleta (ver Figuras IV.9.3.2-2, IV.9.3.2.2-2 e IV.9.3.2.3-2). Registros similares foram observados por Rezende *et al.* (2017) e Figueiredo & Madureira (2004).

IV.9.4.1.2 – Comparação entre projetos PMAR- BC e PCR-BC

Comparações entre os projetos PMAR-BC e PCR-BC apontaram diferenças nos parâmetros granulométricos e teor de carbonato do sedimento em função da área amostral (item IV.9.3.1.4 C e ANEXO [IV.9.7-3] Tabela 1, respectivamente). Considerando os sedimentos obtidos na plataforma continental, diferenças significativas foram observadas na fácies arenosas norte e sul e na fácies carbonática norte (Tabela IV.9.3.1.4-1). Essa diferença pode estar relacionada à heterogeneidade composicional da plataforma continental e também, possivelmente, às diferenças entre desenhos amostrais (ver Capítulo III), como evidenciado, principalmente, nos sedimentos da área norte. Contudo, ressalta-se que nesse parâmetro avaliativo, ambos os projetos se inserem nas características granulométricas previamente descritas para a Bacia de Campos por, Viana *et al.* (1998), Figueiredo Jr. (2004) e Vieira *et al.* (2015).

No que diz respeito aos teores de carbonato, maiores distinções ocorreram na área do talude, indicando variações, principalmente, nos sedimentos finos. Nesse contexto, o Projeto PCR mostrou a preponderância de sedimentos com textura areno lamosa, com origem tipicamente bioclástica e biolitoclástica (Rezende *et al.*, 2017). Diferentemente do que foi encontrado durante o presente projeto, que reportou sedimentos, na sua maioria, lamo-arenosos, com origem preponderante litobioclástica. Ressalta-se, novamente, que os teores de carbonato de ambos os projetos se enquadram nas características já descritas para bacias do Atlântico Sul (Biscaye *et al.*, 1976).

IV.9.5 – CONCLUSÕES

- O estudo realizado mostrou haver diferenças significativas entre as áreas amostrais nos aspectos granulométricos e nos teores de carbonatos nas fácies arenosas da plataforma continental amostrada durante o PMAR-BC. Os predomínios granulométricos variaram entre areia grossa, areia média e areia fina, com classificações desde litoclásticos à bioclásticos. Os sedimentos da área sul foram marcados pelo maior teor de carbonato em relação as demais áreas.
- As áreas amostrais diferiram significativamente em relação aos aspectos granulométricos e nos teores de carbonatos nas fácies carbonáticas da plataforma continental amostrada durante o PMAR-BC. A fração sedimentar dominante nessa faciologia foi a areia, com maiores teores de carbonato na área sul. Na área norte ocorreu preponderância de lama, com areia na área centro e cascalho na área sul. Os sedimentos da fácies carbonática variaram entre biolitoclástica e bioclástica.
- A fácies lamosa diferiu das demais fácies da plataforma nos aspectos granulométricos apresentando os sedimentos com maiores teores de silte e menores teores de carbonatos. Essa feição foi marcada pela textura lama arenosa com sedimentos litoclásticos e litobioclásticos.
- Houve diferenças entre as áreas amostradas nos aspectos granulométricos e nos teores de carbonato na província de talude (400 m) durante o PMAR-BC, cujos sedimentos variaram entre as áreas em função da fração areia. Com heterogeneidade granulométrica, a área norte apresentou maior porcentagem de lama, enquanto a área sul maiores frações de cascalho. A área centro caracterizou-se por sedimentos com os menores teores de carbonato em relação às demais áreas. Nessa faciologia os sedimentos variaram entre litobioclástico à bioclástico.
- Houve diferenças entre as áreas amostradas nos aspectos granulométricos e nos teores de carbonato na província de talude (700 m) no PMAR-BC. Em todas as

áreas ocorreram o predomínio da fração silte. Nessa faciologia ficou evidente uma tendência de redução nos teores de carbonato latitudinalmente, com os maiores valores registrados na área norte e os menores na área sul. Os sedimentos foram classificados como litobioclástico pelo teor de carbonato.

- Sedimentos do cânion (400 m) foram marcados pela composição de silte grosso e predomínio de sedimentos biolitoclásticos.
- As áreas amostradas diferiram significativamente em relação aos aspectos granulométricos e nos teores de carbonato nas províncias de cânion (700 m) na primeira campanha do PMAR-BC. Essa diferença foi atribuída à maior fração de areia, ocorrência de cascalho e ao maior teor de carbonato na área norte. Os sedimentos das duas áreas amostradas apresentaram textura de lama arenosa e foram classificados como litobioclástico.
- Os projetos PMAR-BC e PCR-BC mostraram diferenças nas características granulométricas entre os polígonos amostrais, fato relacionado à heterogeneidade composicional da plataforma continental e também, possivelmente, às diferenças entre desenhos amostrais. Essas diferenças ocorreram em função das maiores frações de cascalho na plataforma arenosa sul e maiores frações de lama na plataforma arenosa norte do PCR. A plataforma norte carbonática do PMAR-BC apresentou maior proporção de lama. No talude, a fração lamosa do sedimento do PCR-BC, foi maior em relação à fração lamosa do sedimento do PMAR-BC.
- Os resultados obtidos atualizam e ampliam o conhecimento a respeito da caracterização sedimentológica da região e servirá também como base comparativa para a segunda campanha de monitoramento na Bacia de Campos.

IV.9.6 - REFERÊNCIAS

Astakhov, A., Bosin, A., Kolesnik, A., Obrezkova, M. 2015. Sediment Geochemistry and Diatom Distribution in the Chukchi Sea: Application for Bioproductivity and Paleoceanography. *Oceanography* 28 (3): 190-201.

Bard, E. 2001. Paleoceanographic implications of the difference in deep-sea sediment mixing between large and fine particles. *Paleoceanography* 16 (3): 235-239.

Biscaye, P. E., Kolla, V., Turekian, K. K. 1976. Distribution of calcium carbonate in surface sediments of the Atlantic Ocean. *Journal of Geophysical Research*, 81(15): 2595–2603.

Blott, S. J. 2010. Gradistat Version 8.0. A grain size distribution and statistics package for the analysis of unconsolidated sediments by Sierving on Laser Granulometer. Kenneth Pye Associates Ltd. United Kingdom.

Blott, S. J., Pye, K. 2001. Gradistat: a grain size distribution and statistics package for the analysis of unconsolidated sediments. *Earth Surface Processes and Landforms* 26: 1237-1248.

Breitzke, M. 2006. Physical Properties of Marine Sediments. In: Schulz H.D., Zabel M. (eds) *Marine Geochemistry*. Springer, Berlin, Heidelberg. 27-71.

Caddah, L.F.G, Kowsmann, R.O., Viana, A.R. 1998. Slope sedimentary facies associated with Pleistocene and Holocene sea-level changes, Campos Basin, southeast Brazilian Margin. *Sedimentary Geology* 115: 159-174.

Campos, R.H.S., Dominguez, J.M.L. 2010. Mobility of sediments due to wave action on the continental shelf of the northern coast of the state of Bahia. *Brazilian Journal of Oceanography* 58(2): 57-63.

Dias, G. T. M. 1996. Classificação de sedimentos marinhos proposta de representação em cartas sedimentológicas. *Anais do 39º Congresso Brasileiro de Geologia*, Salvador, Brasil. São Paulo: Sociedade Brasileira de Geologia 3: 423-426.

Dias, G. T. M.; Ferraz, C. B. 2004. Sistema de Análise Granulométrica (SAG). Manual do Usuário. Publicação interna Dept. Geologia-Lagemar/UFF. Disponível em: <http://www.igeo.uff.br>.

Dornelles, L. M. A., Calache, S. C., Dias, A. E. S., Mendonça, B. S., Cristello, K. A., Barros, C. L. M. 2001. Uso de geoprocessamento no diagnóstico ambiental de ambientes costeiros estudo de caso: Baía de Sepetiba e plataforma continental de Cabo Frio, RJ, Brasil. *Sociedade Brasileira de Computação* 1: 103-110.

Figueiredo Junior, A.G., Madureira, L. S. P. 2004. Topografia, composição, refletividade do substrato marinho e identificação de províncias sedimentares na região Sudeste-Sul do Brasil. São Paulo. Instituto Oceanográfico da USP. Série documentos Revizee: Score Sul.

Figueiredo Júnior, A.G., Tessler, M.G. 2004. Topografia e composição do substrato marinho da Região Sudeste-Sul do Brasil. São Paulo: Instituto Oceanográfico da USP. Série Documentos Revizee. Score Sul.

Folk, R.L., Ward, W.C., 1957. Brazos River bar: a study in the significance of grain size parameters. *Journal of Sedimentary Petrology* 27: 3-26.

Gama Junior, E. G. 1977. Sistemas deposicionais e modelo de sedimentação das Formações Campos e Emborê, Bacia de Campos, Rio de Janeiro, Brasil. 1977. Tese Doutorado em Paleontologia e Estratigrafia - Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo.

Garrison, T. 2016. Fundamentos de Oceanografia - Tradução da 7ª edição norte-americana. Cengage Learning Brasil.

Harris, P. T., Coleman, R. 1998. Estimating global shelf sediment mobility due to swell waves. *Marine Geology* 150: 171–177.

Holme, N. A., McIntyre, A. D. 1984. Methods for the study of Marine Benthos. Oxford-London-Boston: Blackwell Scientific Publications.

Kowsmann, R.O., Costa, M.P.A. 1979. Sedimentação quaternária da margem continental brasileira e das áreas oceânicas adjacentes: relatório final. Rio de Janeiro: Petrobras. Cenpes. Dintep. Série Projeto Remac 8.

Lemos, I. C. 2017. Dinâmica sedimentar holocênica no cânion do São Francisco (Nordeste, Brasil), com base no estudo de foraminíferos e na composição da matéria orgânica. Tese de Doutorado. Programa de Pós-Graduação em Geologia. Instituto de Geociências da Universidade Federal da Bahia. Bahia.

Lima, N. D. A Estrutura Vertical do sistema Corrente do Brasil Corrente de Contorno Intermediária ao largo do Cabo de São Tomé. 2011. Dissertação de Mestrado. Programa de Engenharia Oceânica-COPPE/UFRJ. Rio de Janeiro.

Machado, L.C.R., Kowsmann, R. O., Almeida Jr, W., Murakami, C.Y., Schreiner, S., Miller, D.J., Piauilino, P.O.V. 2004. Geometria da porção proximal do sistema deposicional turbidítico moderno da Formação Carapebus, Bacia de Campos: Modelo para heterogeneidades de reservatório. *Boletim de Geociências da Petrobras* 12: 287-315.

Nafe, J. E., Drake, C. L. 1957. Variation with depth in shallow and deep water marine sediments of porosity, density and the velocities of compressional and shear waves. *Geophysics* 22 (3): 523–552.

Okubo, J., Lykawka R., Warren, L. V., Favoreto J., Dias-Brito, D. 2015. Depositional, diagenetic and stratigraphic aspects of Macaé Group carbonates (Albian): example from an oilfield from Campos Basin. *Brazilian Journal of Geology* 45(2): 243-258.

Reid, J.L. 1989. On the total geostrophic circulation of the South Atlantic Ocean: flow patterns, tracers, and transports. *Progress in Oceanography* 23 (3): 149-244.

Rezende, C.E., Almeida, M.G., Araújo, B.F., Gobo, A.A.R., Maciel, C.P., Gobo, R.R., Azevedo, W.C.S., Godoy, J.M., Almeida, A.C. 2017. A composição física e elementar dos sedimentos marinhos entre a região costeira e o oceano profundo na Bacia de Campos. In: Falcão, A.P.C., Wagener, A.L.R., Carreira, R.S. *Química ambiental: caracterização ambiental regional da Bacia de Campos, Atlântico Sudoeste*. Rio de Janeiro: Elsevier. *Habitats* 6: 229-276.

Shepard, F. P. 1954. Nomenclature based on sand-silt-clay ratios. *Journal of Sedimentology Petrology* 24 (3):151- 158.

Signorino, S.R. 1976. Contribuição ao estudo da circulação e do transporte de volume da corrente do Brasil entre o Cabo de São Tomé e a Baía de Guanabara. *Dissertação de Mestrado. Pós-Graduação do Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo*. São Paulo.

Silveira, I. C. A., Lima, J. A. M., Schmitz, A. C. K., Ceccopieri, W., Sartori, A., Francisco, C. P. F., Fontes, R. F. C. 2008. Is the meander growth in the Brazil Current system off Southeast Brazil due to baroclinic instability? *Dynamics of Atmospheres and Oceans* 45 (3-4): 187–207.

Silveira, I.C.A., FOLONI Neto, H., Costa, T.P., Schmidt, A.C.K., Pereira, A.F., Castro Filho, B.M., Soutelino, R.G., Grossmann-Matheson, G.S. 2015. Caracterização da oceanografia física do talude continental e região oceânica da Bacia de Campos. In: Martins, R.P., Grossman-Matheson, G.S., editores. *Meteorologia e oceanografia*. Rio de Janeiro: Elsevier. *Habitats*, v. 2: 133-188.

Swift D.J.P. 1974. Continental Shelf Sedimentation. In: Burk C.A., Drake C.L. (eds) *The Geology of Continental Margins*. Springer, Berlin, Heidelberg.

Suguio, K., 1973. *Introdução à sedimentologia*. Editora E. Blüncher/EDUSP, São Paulo.

Suguio, K. 2003. *Geologia Sedimentar*. São Paulo. Editora Blucher.

Tinoco, I. M. 1989. *Introdução ao Estudo dos componentes Bióticos dos Sedimentos Marinhos Recentes*. Editora Universitária da UFPE.

Wentworth, C. K., 1922. A Scale of Grade and Class Terms for Clastic Sediments. *The Journal of Geology* 30 (5): 377-392.

Viana, A.R., Faugères, J.C., Kowsmann, R.O, Lima, J.A.M., Caddah, L.F.G., Rizzo J.G. 1998. Hydrology, morphology and sedimentology of the Campos continental margin, offshore Brazil. *Sedimentary Geology* 115 (1-4): 133-157.

Vieira, F. S., Koutsoukos, E. A. M., Machado, A. J., Dantas, M. A. T. 2015. Biofaciological zonation of benthic foraminifera of the continental shelf of Campos Basin, SE Brazil, *Quaternary International* 377: 18-27.

IV.9.7 – ANEXOS

Lista de Anexos:

ANEXO IV.9.7-1 – Tabelas de Granulometria: frequência dos grãos (%), parâmetros estatísticos (Gradistat, versão 8.0) e classificações (Folk, Larssonneur e Shepard) da 1ª Campanha do PMAR-BC nas províncias (plataforma - P, talude - T e cânion - C), áreas (norte - N, centro - C, sul - S), fácies (arenosa - A, carbonática - C e lamosa - L) e isóbatas (100 m, 400 m, 700 m).

ANEXO IV.9.7-2 – Análise em Componentes Principais (PCA) – Representação gráfica dos eixos 1 e 2 com os parâmetros sedimentológicos na 1ª campanha do PMAR-BC e valores (Eigenvalues/ autovalor) dos primeiros eixos e sua contribuição para a dispersão das amostras e cargas das variáveis (loadings/ autovetor) representadas pelos coeficientes do modelo linear usado para cálculo dos escores das amostras.

IV.10 – COMPOSIÇÃO ELEMENTAR DA MATÉRIA ORGÂNICA E FITOPIGMENTOS EM SEDIMENTOS

Coordenadores

Vinícius Peruzzi de Oliveira

Biólogo, Doutor em Ecologia, Nº CTF 5188715, Professor do Instituto de Biologia, Departamento de Biologia Marinha da Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ. viniciusperuzzi@gmail.com; vinicius@biologia.ufrj.br

Ricardo Cesar Gonçalves Pollery

Biólogo, Doutor em Geoquímica, Nº CTF 183916, Tecnólogo em Biologia da Decania do Centro de Ciências da Saúde da Universidade Federal do Rio de Janeiro. pollery@hotmail.com; ricardo.pollery@ccsdecania.ufrj.br

Equipe UMAA-UFRJ

Eliane Cristina da Silva

Bióloga, Mestre em Ecologia e Recursos Naturais, Nº CTF 3288566, Celetista pela Fundação Coordenação de Projetos, Pesquisas e Estudos Tecnológicos – COPPETEC. elianecristinas@yahoo.com.br

Rosana Maria Juazeiro Caetano

Bióloga, Mestre em Engenharia Ambiental, CRQ 03418845, Técnica de Laboratório do Instituto de Biologia, Departamento de Biologia Marinha da Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ. rosanacaetano.rc@gmail.com

Gizyelle Costa Miguel

Graduanda em Biologia, Estagiária pela Fundação Coordenação de Projetos, Pesquisas e Estudos Tecnológicos – COPPETEC. gizymiguel@hotmail.com

Jéssica Oliveira Lyrio

Graduanda em Processos Químicos, Estagiária pela Fundação Coordenação de Projetos, Pesquisas e Estudos Tecnológicos – COPPETEC. jessica-lyrio@hotmail.com

Guilherme Vieira Vaz

Graduando em Química, Bolsista pela Fundação Coordenação de Projetos, Pesquisas e Estudos Tecnológicos – COPPETEC. guivieira994@gmail.com

Matheus Rangel dos Santos

Graduando em Química, Bolsista pela Fundação Coordenação de Projetos, Pesquisas e Estudos Tecnológicos – COPPETEC. ranggeel@gmail.com

Verônica Freire Silva

Processos Químicos, contratada pela Fundação Coordenação de Projetos, Pesquisas e Estudos Tecnológicos – COPPETEC. veronicafayer@gmail.com

RESUMO

Este relatório apresenta os resultados da composição elementar da matéria orgânica e fitopigmentos de sedimentos superficiais obtidos durante a primeira campanha do Programa de Monitoramento Ambiental Regional da Bacia de Campos (PMAR-BC). Foram analisados sedimentos nas fácies lamosa, arenosas e carbonáticas da plataforma (100 m) e do talude e cânions (400 m ou 700 m), obtidos nas áreas norte, centro e sul da Bacia de Campos. As amostras foram coletadas com o uso de Van Veen e box-corer. Na Unidade Multiusuários de Análises Ambientais (UMAA/UFRJ) as concentrações de nitrogênio total (NT) e o carbono orgânico total (COT) dos sedimentos foram obtidas por combustão catalítica e as concentrações dos fitopigmentos (clorofila-a e feofitina-a) por espectrofluorescência. A análise dos dados ocorreu através de estatísticas descritivas, análises de ordenação (NMDS e PCA) e comparações bivariadas por PERMDISP e PERMANOVA. Comparações entre os dados obtidos no presente projeto e o Projeto de Caracterização Ambiental Regional da Bacia de Campos (PCR-BC) também fazem parte deste relatório. Os resultados mostraram que na plataforma continental as concentrações de COT e NT variaram entre 0,11 – 1,87 % e 0,02 - 0,26 %, respectivamente. No talude, esses compostos variaram entre 0,22 – 1,67 % (COT) e 0,03 – 0,30 % (NT). Na província de cânions as concentrações de COT variaram entre 0,46 – 1,78 % e NT entre 0,10 e 0,30 %. A razão C:N em 98% das amostras variaram entre 7 e 8 indicando origem planctônica da matéria orgânica sedimentar. Quanto aos fitopigmentos, as concentrações de clorofila-a variaram entre 0,16 e 5,37 $\mu\text{g}/\text{cm}^3$ e mantiveram-se abaixo das concentrações de feofitina-a, que variaram entre 1,0 e 62,88 $\mu\text{g}/\text{cm}^3$ em todas as províncias analisadas. A razão clorofila-a:feofitina-a próxima a zero mostrou a ocorrência de matéria orgânica degradada na maior parte das províncias amostradas. Razões ~ 1 foram encontradas na área norte e centro da plataforma indicando mistura na origem da matéria orgânica. Foram evidenciadas diferenças na composição elementar e fitopigmentos dos sedimentos entre as províncias, áreas e profundidade. Parte da heterogeneidade entre as províncias e áreas foi atribuída aos maiores valores de COT, NT e feofitina-a obtidos na fácies lamosa na área sul da plataforma. Embora os projetos apresentem similaridade nos valores dos parâmetros analisados, diferenças significativas foram observadas entre área amostral e batimetria. Essas diferenças estão relacionadas às menores concentrações encontradas de COT e NT na plataforma e talude durante o PMAR-BC. Os resultados apresentados fornecem evidências da variabilidade da origem matéria orgânica na Bacia de Campos, auxiliando na ampliação do conhecimento da composição sedimentar e possibilitando futuras comparações com os dados que serão obtidos na segunda campanha do monitoramento.

IV.10.1 – INTRODUÇÃO

Localizada entre os estados do Espírito Santo e Rio de Janeiro, a Bacia de Campos ocupa aproximadamente 100.000 Km² e é caracterizada por apresentar uma margem passiva típica do oeste do Atlântico Sul (Castro & Picoline, 2014; Guardado *et al.*, 2000). Assim como em diversas outras bacias costeiras, grande parte do aporte de matéria orgânica é oriunda de águas fluviais e da dinâmica oceânica que, além de contribuir com material alóctone, dissipa os compostos de origem terrestre a partir de toda a bacia de drenagem (Figueiredo Jr. *et al.*, 2014). Com participação na composição da fração orgânica dos sedimentos da região, a contribuição autóctone pela sedimentação pelágica de matéria orgânica oriunda da produção primária também exerce influência nesse tipo de ambiente (Hedges & Keil, 1995; Lima, 2003).

Caracterizações sedimentológicas pretéritas da área sul da Bacia de Campos indicam concentrações de matéria orgânica relacionadas ao enriquecimento trófico que ocorre em função do transporte de material costeiro oriundo da Corrente do Brasil. Além disso, a presença de compostos nitrogenados provenientes dos eventos de ressurgência ocasionados pela Água Central do Atlântico Sul altera sazonalmente os eventos de produção primária e, conseqüentemente, a composição sedimentar da região (Jennerjahn & Ittekkot, 1997; Rossi-Wongtschowski & Madureira, 2006; Palóczy *et al.*, 2014).

A área norte da bacia é marcada pelo predomínio de depósitos aluviais da foz do Rio Paraíba do Sul, que depositam elevadas cargas de matéria orgânica terrígena ao longo da plataforma continental (Maciel, 2013). Nessa área, forçantes hidrológicas são responsáveis pela dissipação do sedimento para outras áreas e províncias da bacia (Figueiredo Jr. *et al.*, 2011).

No contexto ecológico, sedimentos superficiais marinhos representam o registro dos diversos processos biogeoquímicos que ocorrem na coluna d'água e na interface sedimento-pelágica, atuando como um reservatório dos incrementos de matéria orgânica autóctone e alóctone (Danovaro *et al.*, 1999). Dessa forma, a quantificação e qualificação da matéria orgânica sedimentar, associadas aos

padrões espaciais, proporcionam informações sobre a dinâmica oceanográfica e os processos biogeoquímicos locais (Danovaro *et al.*, 2000).

A quantificação do carbono orgânico total (COT) e nitrogênio total (NT) refletem o padrão de distribuição da matéria orgânica em escala regional, proporcionando indícios sobre os processos de remineralização dos compostos orgânicos e oxidação não biológica (Stein, 1990; Seiter *et al.*, 2004; Wakeham, 2002). Adicionalmente, a quantificação de fitopigmentos e seus subprodutos permite a qualificação da matéria orgânica quanto à origem e tempo de deposição sedimentar (Chen *et al.*, 2002; Quintana *et al.*, 2010).

Assim, este estudo aborda a composição elementar da matéria orgânica através da análise de carbono orgânico total (COT), nitrogênio total (NT) e fitopigmentos (clorofila-a e feofitina-a) em sedimentos superficiais durante a primeira campanha do Programa de Monitoramento Ambiental Regional da Bacia de Campos (PMAR-BC). Dessa forma, é realizada uma macroavaliação em escala regional a partir dos dados obtidos nas províncias plataforma continental, talude e cânion, nas isóbatas de 100 m, 400 m ou 700 m, das áreas norte, centro e sul da Bacia de Campos.

IV.10.1.1 – Objetivo Principal

Obter sistematicamente informações sobre qualidade do sedimento comparando as áreas de maior (central) e menor (sul e norte) concentração de atividades de E&P na Bacia de Campos, de forma a monitorar estas áreas e simultaneamente avaliar as tendências ambientais regionais desta bacia.

IV.10.1.1.1 – Objetivos Específicos

O objetivo deste capítulo IV-10 é apresentar os dados das análises da composição elementar da matéria orgânica através da análise de carbono orgânico total (COT), nitrogênio total (NT) e fitopigmentos (clorofila-a e feofitina-a) adquiridos durante a primeira campanha de coleta de dados ambientais (sedimento) que compõem o Programa de Monitoramento Ambiental Regional da Bacia de Campos (PMAR-BC), com os seguintes objetivos específicos:

- Avaliar a variabilidade da composição elementar (COT e NT) e fitopigmentos (clorofila-a e feofitina-a) entre as províncias amostradas.
- Comparar a variabilidade da composição elementar (COT e NT) e fitopigmentos (clorofila-a e feofitina-a) entre as áreas amostrais das fácies lamosa, arenosas e carbonáticas da plataforma continental.
- Comparar a variabilidade da composição elementar (COT e NT) e fitopigmentos (clorofila-a e feofitina-a) entre as áreas amostrais dos taludes e cânions nas batimetrias de 400 e 700m.
- Obter as razões elementares (C:N) e de pigmentos (cl-a:feo) para avaliação da variabilidade nas províncias amostradas.
- Comparar os resultados da composição elementar (COT e NT) e fitopigmentos (clorofila-a e feofitina-a) obtidos no presente estudo com os resultados obtidos durante o projeto PCR-BC.

Hipóteses Nulas:

- Não há diferença estatística entre carbono orgânico total (COT) e nitrogênio total (NT), e clorofila-a e feofitina-a da faciologia sedimentar arenosa da plataforma

continental nas três regiões da bacia de Campos, considerando a comparação das áreas amostrais posicionadas na isóbata de 100 m;

- Não há diferença estatística entre carbono orgânico total (COT) e nitrogênio total (NT), e clorofila-a e feofitina-a da faciologia sedimentar carbonática da plataforma continental nas três regiões da bacia de Campos, considerando a comparação das áreas amostrais posicionadas na isóbata de 100 m;
- Não há diferença entre carbono orgânico total (COT) e nitrogênio total (NT), e clorofila-a e feofitina-a da faciologia sedimentar lamosa (100 m) da plataforma continental da bacia de Campos;
- Não há diferença estatística entre carbono orgânico total (COT) e nitrogênio total (NT), e clorofila-a e feofitina-a do sedimento no talude das três regiões da Bacia de Campos, considerando a comparação das áreas amostrais posicionadas sobre a mesma isóbata;
- Não há diferença estatística entre carbono orgânico total (COT) e nitrogênio total (NT), e clorofila-a e feofitina-a do sedimento obtidos no talude e dentro dos cânions nas três regiões da bacia de Campos, considerando a comparação das áreas amostrais posicionadas sobre a mesma isóbata;
- Não há variação temporal carbono orgânico total (COT) e nitrogênio total (NT), e clorofila-a e feofitina-a considerando a comparação dos resultados do PMAR-BC com os do PCR-BC sobre as mesmas isóbatas (100 m, 400 m e 700 m) e fácies.

IV.10.2 – METODOLOGIAS APLICADAS

IV.10.2.1 – Metodologia de Campo

As informações sobre os métodos aplicados durante a amostragem podem ser encontrados no Capítulo III, item III.3.1 – MÉTODOS DE AMOSTRAGEM, em que estão inclusas os procedimentos referentes à metodologia de amostragem do compartimento sedimento. Já no item III.3.1.3.2 – Metodologia de coleta, foram apresentados os procedimentos de coleta das amostras de sedimento para composição elementar (carbono orgânico total e nitrogênio total) e fitopigmentos (clorofila-a e feofitina-a) que foram analisados na Unidade Multiusuário de Análises Ambientais (UMAA), Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ).

IV.10.2.2 – Metodologia Analítica

IV.10.2.2.1 – Carbono Orgânico Total (COT) e Nitrogênio Total (NT)

A concentração de carbono orgânico total foi obtida por combustão catalítica com a utilização de um Analisador Elementar de Carbono, Hidrogênio e Nitrogênio (CHN), Thermo Fischer, Flash 2000 (Wendlandt, 1986).

Uma alíquota de 20 gramas, pesada em balança analítica de 4 casas decimais (Bel, Mark 214A), foi submetida a secagem à 60 °C (Estufa Deleo 30 – 300 °C) até obtenção de peso constante. Posteriormente, a alíquota foi macerada até a formação de pó fino que foi estocado em frascos de vidro âmbar de 25 mL devidamente descontaminados (HCl 10%) e identificados. Uma alíquota de 1 grama dessa amostra (pesada na mesma balança) foi submetida ao processo de descarbonatação com 35 mL de ácido clorídrico (10%) e mantida em agitação mecânica por aproximadamente 12 horas (overnightly) (Agitador Rotativo de Cilindros, Nova Instruments).

Posteriormente, a amostra foi lavada por três vezes com água ultra pura (Milli-Q®), sendo submetida à centrifugação (centrífuga Quimis, Q222TM2) em

cada uma das lavagens e secagem a 60 °C (mesma estufa) até a obtenção de peso constante. Após a secagem, a amostra foi macerada e estocada em frasco (Exetainer®), também, devidamente descontaminado (HCl 10%) e identificado.

Após a descarbonatação, iniciou-se a análise de COT. Uma alíquota dessa amostra (variando de 5 a 10 mg) foi pesada em cápsula de estanho em balança de seis casas decimais (Sartorius, ME 36S) e inserida no amostrador automático do Analisador Elementar de Carbono e Nitrogênio, Flash 2000 HT/Delta Advantage ThermoFischer para queima catalítica e obtenção da concentração de carbono. Para a obtenção da concentração do COT, foi realizada a correção da concentração para o peso bruto do sedimento levando-se em consideração o percentual de carbonatos da amostra.

A concentração de nitrogênio total foi obtida por combustão catalítica com a utilização de um Analisador Elementar de Carbono e Hidrogênio (CHN), Thermo Fischer, Flash 2000 (Wendlandt, 1986). Uma alíquota com 20 gramas de amostra, pesada em balança analítica de 4 casas decimais (Bel, Mark 214A), foi submetida a secagem a 60 °C (Estufa Deleo 30 – 300 °C) até obtenção de peso constante e macerado até pó fino. Posteriormente, o sedimento foi estocado em frascos de vidro âmbar de 25 mL devidamente descontaminados (HCl 10%) e identificados. Uma alíquota dessa amostra (10 a 20 mg) foi pesada em cápsula de estanho, utilizando-se balança de seis casas decimais (Sartorius, ME 36S). A amostra encapsulada foi inserida no amostrador automático do Analisador Elementar de Carbono e Nitrogênio, Flash 2000 HT/Delta Advantage ThermoFischer para queima catalítica e obtenção de concentração de nitrogênio.

A Tabela IV.10.2.2.1-1 apresenta o resumo do método de análise de COT e NT empregado nas amostras de sedimento do PMAR-BC, bem como massa e limites de detecção e quantificação aplicados.

Tabela IV.10.2.2.1-1 – Métodos de análise de Composição Elementar em Sedimentos, massa analisada (mg) e limites (LD e LQ)

Parâmetros	Referência Metodológica	Massa Analisada	Limites	
			Deteção (LD)	Quantificação (LQ)
Carbono Orgânico Total (COT)	Descarbonatação e Pesagem Quantificação: Combustão em analisador elementar (Verardo <i>et al.</i> , 1990; Wendlandt, 1986)	5 a 10 mg	0,05 mg/g 0,005 %	0,15 mg/g 0,015 %
Nitrogênio Total (NT)	Amostras não descarbonatadas Quantificação: Combustão em analisador elementar CHN (Verardo <i>et al.</i> , 1990; Wendlandt, 1986)	10 a 20 mg	0,07 mg/g 0,007 %	0,21 mg/g 0,021 %

Controles Analíticos

Para fins de controle analítico e de qualidade das análises de composição elementar (COT e NT) foram realizados: curva de calibração do equipamento, análise de referências certificadas, análises denominadas: branco da amostra, branco de reagente e branco de equipamento, além de análises em duplicata a cada 20 amostras processadas e análise dos brancos obtidos durante a coleta (branco de campo - BrC e branco de frascaria - BrF). Os resultados do controle analítico foram submetidos a cálculos de média, desvio padrão e coeficiente de variação. Para os resultados das análises em duplicata, o valor médio obtido para os cálculos de desvio padrão foi de $\pm 0,04$ para NT e $\pm 0,12$ para COT, enquanto que para coeficiente de variação (média) foi 4,9 % e 7,5 % para NT e COT, respectivamente. A Tabela IV.10.2.2.1-2 apresenta uma síntese dos controles de qualidade realizados.

Tabela IV.10.2.2.1-2 – Controles de qualidade analítica adotados durante as análises de composição elementar (carbono orgânico total – COT e nitrogênio total – NT)

Controle	Parâmetros	Descrição / periodicidade
Controle da Curva de Calibração (QC)	COT, NT	Análise de padrão acetanilida ¹ para elaboração de curva de calibração do equipamento, antes da realização da análise de um lote de amostras.
Amostra Controle do Laboratório (ACL)	COT, NT	Análise de material de referência certificado (High OAS B2151 ² e Nist SRM 1941 ³) por lote de amostras analisado, seguindo o procedimento de pesagem e inserção no equipamento idêntico ao adotado para as amostras.
Branco do Equipamento (BrE)	COT, NT	Acionamento do equipamento para leitura de amostra, idêntico ao adotado para todas as amostras, contudo, sem inserção de qualquer material no amostrador do aparelho.
Branco do Reagente (BrR)	COT, NT	Análise de cápsula de estanho vazia, seguindo o procedimento de acionamento do equipamento para leitura de amostra.
Branco de Campo (BrC)	COT	Branco de campo utilizado por lote de amostras entregues para cada matriz. Frasco permaneceu aberto durante a amostragem ⁴ .
Branco de Frascaria (BrF)	COT	Branco de frasco de coleta utilizado por lote de amostras entregues para cada matriz. O branco de frascaria seguiu o procedimento do BrC ⁴ .

Notas:

1 - Acetanilida: Carbono 71,10% e Nitrogênio 10,34%.

2 – Referência HIGH OAS B2151: Carbono 7,45% e Nitrogênio 0,52%

3 – Referência NIST SRM 1941: Carbono 3,3% e Nitrogênio <0,5%

4 - Os frascos de branco de campo e branco de frascaria foram preenchidos com 200 mL de água ultra pura (Milli-Q®) e mantidos em geladeira por uma noite. O carbono orgânico total foi medido através de oxidação catalítica utilizando Analisador Elementar de Carbono (Shimadzu, TOC-L).

IV.10.2.2.2 Fitopigmentos (clorofila-a e feofitina-a)

A determinação de clorofila-a e feofitina-a foi realizada por espectrofluorescência, segundo Riaux-Gobin (1997); Neveux & Lantoine (1993), Vanzan *et al.* (2015).

Para o cálculo do percentual de água presente na amostra 1 cm³ foi retirado (com a utilização de uma seringa de 5 mL com a ponta removida), pesado (balança

Bel, Mark 214A), mantido a 100 °C por 2 horas em estufa (Deleo 30 – 300 °C) e, posteriormente, pesado novamente (mesma balança).

Para a extração da clorofila-a e feofitina-a, foi retirado 1 cm³ da amostra com o auxílio de uma seringa de 5 mL (com a ponta removida), em ambiente com o mínimo de luz possível, e acondicionado em frasco âmbar. Este procedimento foi realizado três vezes, com a análise realizada nas triplicatas obtidas diretamente da amostra coletada em campo. Cada uma das alíquotas de 1 cm³ foi pesada (balança Bel, Mark 214A) para o cálculo do volume de acetona 100% a ser adicionado para obtenção de volume final de 90%, levando-se em consideração o percentual de água previamente calculado.

O volume foi completado com acetona 90% até o limite de 6, 10 ou 15 mL, dependendo do percentual de água presente na amostra. Após homogeneização da amostra (vortex Quimis, Q.220.1), a mesma foi levada ao ultrassom (Quimis, Q3330) e mantida em refrigeração por 18 horas.

Na etapa final, antes da leitura em equipamento, 5 mL da amostra foi colocada em tubo de ensaio e centrifugada a 3000 rpm/5min (centrífuga Quimis, Q222TM2) e levada ao equipamento em cubeta de 1 cm. Uma etapa adicional de acidificação do extrato, após a leitura da clorofila, foi necessária para a leitura da feofitina.

A quantificação do extrato foi realizada em espectrofluorímetro (Cary Eclipse, Varian) por varredura de excitação e absorção dos pigmentos. O espectrofluorímetro foi calibrado a partir de uma solução padrão certificada de clorofila a (Cla) pura (DHI; Batch no. Chla-127, C=1,534 g/L). Para isso, a partir da solução padrão, foi preparada uma solução diluída em acetona 90% cuja densidade ótica (D.O), medida no nível máximo de absorção da clorofila no vermelho (664 nm), foi de 0,017 (193,91 µg/L de Cla pura).

Desta solução, foram realizadas 6 diluições de concentrações conhecidas (taxas de diluição de 1,5x, 2x, 3x, 3,5x e 6x) e suas intensidades fluorescências relativas obtidas por registro do espectro de emissão de fluorescência. Cada espectro é composto por 31 comprimentos de onda de excitação de 390 a 480 nm, com intervalo de 3 nm. Para cada comprimento de onda de excitação foi adquirido um espectro de emissão entre 615 e 715 nm com intervalos de 2 nm, resultando

em 51 dados de fluorescência. Desta forma, em cada uma das diluições em série, foram obtidos 1581 dados de fluorescência.

Um resumo da metodologia aplicada, massa analisada e os limites de detecção e quantificação constam na Tabela IV.10.2.2.2-1.

Tabela IV.10.2.2.2-1 – Método de análise de Fitopigmentos (clorofila e feofitina) em sedimentos, massa analisada e limites (LD e LQ)

Parâmetros	Referência Metodológica	Massa Analisada	Limites	
			Deteção (LD)	Quantificação (LQ)
Fitopigmentos (Clorofila-a e Feofitina-a)	Método: Extração em acetona Quantificação: Espectrofluorescência Riaux-Gobin (1997); Neveux & Lantoiné (1993); Vanzan <i>et al.</i> (2015)	Massa referente a 1 cm ³	0,02 µg/g	0,06 µg/g

Controles Analíticos

Os controles analíticos e de qualidade aplicados durante as análises de fitopigmentos constam na Tabela IV.10.2.2.2-2.

Tabela IV.10.2.2.2-2 – Controles de qualidade e analíticos adotados durante as análises de fitopigmentos (clorofila e feofitina)

Controle	Parâmetros	Descrição / periodicidade
Controle da Curva de Calibração (QC)	fitopigmentos	Devido à alta degradabilidade da clorofila-a não existe referência para controle de calibração diário. A estabilidade do equipamento permite que seja feita apenas a calibração anual das constantes de cálculo, com utilização de padrão de clorofila.
Branco do Método (BrM)	fitopigmentos	A cada 10 amostras analisadas, um filtro branco (sem qualquer amostra) foi submetido a extração (acetona 90%) e realizado a leitura como para as demais amostras.
Branco do Equipamento (BrE)	fitopigmentos	Equipamento foi acionado para leitura sem inserção da cubeta.
Branco do Reagente (BrR)	fitopigmentos	Equipamento acionado para leitura com a cubeta contendo somente o reagente utilizado para extração dos fitopigmentos (acetona pura 90%).

IV.10.2.3 – Metodologia de Tratamento de Dados

As informações sobre os métodos aplicados para o tratamento de dados (estatística descritiva, correlações, NMDS, análises fatoriais não-paramétricas, entre outras) e os procedimentos nos quais foram realizados os agrupamentos dos dados do compartimento Sedimento podem ser encontrados no Capítulo III, item III.3.3 – MÉTODOS DE TRATAMENTO DE DADOS.

De maneira a otimizar a apresentação de resultados e permitir uma melhor exploração dos dados, as variáveis analisadas foram agrupadas conforme Tabela IV.10.2.3-1. Não foram feitas transformações nas unidades nos grupos de variáveis.

Tabela IV.10.2.3-1 – Apresentação das variáveis da composição elementar e fitopigmentos usadas nas análises univariadas e multivariadas

Grupos de variáveis	Variáveis e unidades	Rótulos
Carbono e Nitrogênio	COT (%)	COT
	NT (%)	NT
Fitopigmentos	Cl-a (µg/g)	CL-A
	Feo-a (µg/g)	FEO-A

Além das análises apresentadas, ressalta-se que os dados passaram por análises de estatística descritiva, a partir da obtenção de médias, medianas, desvios padrão, mínimos, máximos, porcentagens e elaboração de gráficos em barra e box-plot. Para esse procedimento, foram utilizados o pacote Excel (Microsoft® - versão 2017) e o programa Statistica (StatSoft – versão 9.0).

A avaliação das análises exploratórias multivariadas dos parâmetros da composição elementar e fitopigmentos, avaliadas de forma separada, foram realizadas a partir da interpretação das análises de ordenação NMDS (similaridade - distância Euclidiana) e Análise em Componentes Principais (PCA) para posicionamento gráfico dos parâmetros analisados (COT, NT, clorofila-a e feofitina-a), descritas no Capítulo III, item III.3.3.1.

As análises inferenciais dos resultados de Composição Elementar e Pigmentos em Sedimentos foram realizadas conforme apresentado no Capítulo III, item III.3.3.1 de forma a atender os objetivos do projeto e testar as hipóteses

referentes a possíveis diferenças entre os resultados encontrados. Comparações dos dados de composição elementar (COT e NT) e pigmentos (clorofila-a e feofitina-a) no sedimento entre as fácies da plataforma continental, áreas e profundidades amostrais foram realizadas a partir da análise PERMANOVA. Adicionalmente, análises de PERMDISP, baseadas nas matrizes usadas nas análises PERMANOVA, foram utilizadas para verificação da homogeneidade na dispersão dos dados analisados e ratificação das análises PERMANOVA.

Nas análises inferenciais utilizadas para comparar dados dos projetos PMAR-BC e PCR-BC, foram seguidos os procedimentos descritos no Capítulo III, item III.3.2.

IV.10.3 – RESULTADOS

IV.10.3.1 – Composição Elementar da Matéria Orgânica (COT e NT)

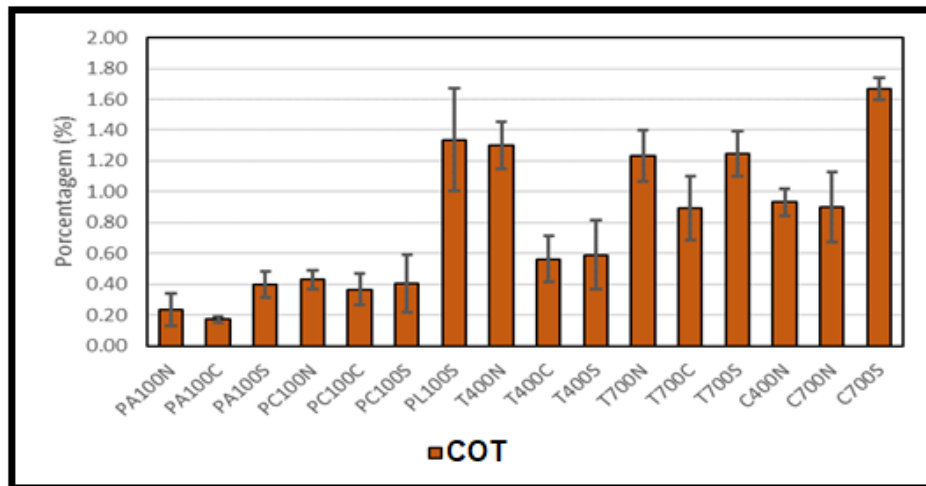
A Tabela IV.10.3.1-1 apresenta uma síntese da estatística descritiva aplicada às características da composição elementar e fitopigmentos (clorofila-a e feofitina-a) do sedimento obtidas na primeira campanha do PMAR-BC, considerando-se as diferentes províncias (plataforma, talude e cânion), áreas (norte, centro e sul), batimetria (100 m, 400 m e 700 m) e fáceis da plataforma (arenosa, carbonática e lamosa).

Os dados de carbono orgânico total (COT) e de nitrogênio total (NT) mostraram uma tendência de aumento em um gradiente horizontal, com menores médias encontradas nos polígonos amostrais da plataforma continental e maiores nos polígonos amostrais dos taludes e cânions (Figuras IV.10.3.1-1a e IV.10.3.1-1b). A análise desses compostos mostrou grande variabilidade das concentrações obtidas durante a primeira campanha do PMAR-BC, com os valores da plataforma lamosa destoando drasticamente dos demais obtidos na província (Figuras IV.10.3.1-2a e IV.10.3.1-2b).

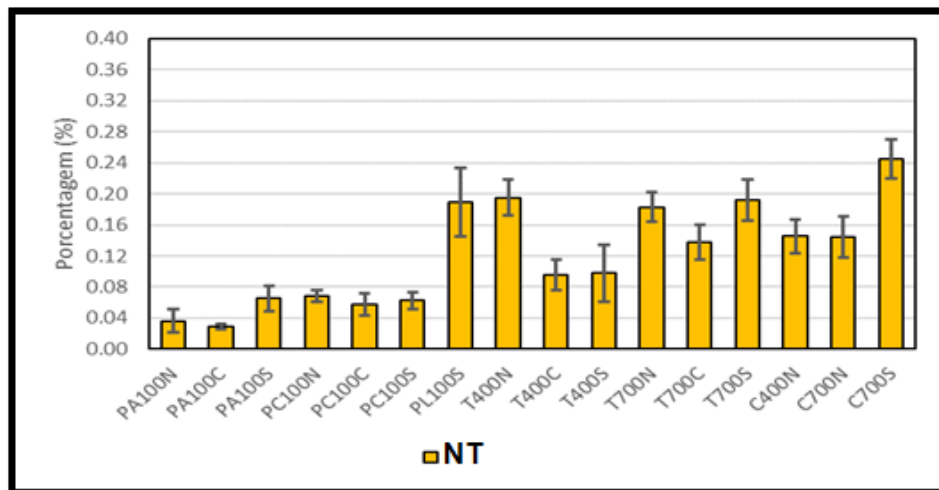
Especificamente na plataforma continental as concentrações de COT e NT variaram entre 0,11 – 1,87 % e 0,02 - 0,26 % respectivamente (Tabela IV.10.3.1-1). No talude, esses compostos variaram entre 0,22 – 1,67 % (COT) e 0,03 – 0,25 % (NT). Na província de cânion as concentrações de COT variaram entre 0,46 – 1,78 % e NT entre 0,10 e 0,30 %.

Tabela IV.10.3.1-1 – Tabela resumo da estatística descritiva: média, desvio padrão (DP), mediana, mínimo (Mín) e máximo (Máx) das análises de COT e NT em Sedimentos na 1ª campanha do PMAR-BC

Parâmetro		PLATAFORMA						TALUDE						CÂNIONS			
		SUL			CENTRO		NORTE		SUL		CENTRO		NORTE		SUL	NORTE	
		Arenosa	Carbo- nática	Lamosa	Arenosa	Carbo- nática	Arenosa	Carbo- nática	400m	700m	400m	700m	400m	700m	700m	400m	700m
COT (%)	Média	0,40	0,40	1,34	0,17	0,37	0,24	0,43	0,59	1,25	0,56	0,90	1,30	1,23	1,67	0,93	0,90
	DP	0,09	0,19	0,33	0,02	0,10	0,10	0,06	0,22	0,15	0,15	0,21	0,15	0,16	0,07	0,09	0,23
	Mediana	0,42	0,36	1,37	0,17	0,37	0,24	0,45	0,64	1,27	0,53	0,85	1,30	1,25	1,69	0,93	0,93
	Mín	0,23	0,22	0,72	0,14	0,18	0,11	0,34	0,22	0,94	0,34	0,50	1,02	0,99	1,53	0,78	0,46
	Máx	0,54	0,92	1,87	0,21	0,55	0,45	0,53	0,98	1,55	0,86	1,38	1,67	1,67	1,78	1,12	1,25
NT (%)	Média	0,07	0,06	0,19	0,03	0,06	0,04	0,07	0,10	0,19	0,10	0,14	0,20	0,18	0,24	0,15	0,14
	DP	0,02	0,01	0,04	0,00	0,01	0,01	0,01	0,04	0,03	0,02	0,02	0,02	0,02	0,03	0,02	0,03
	Mediana	0,07	0,06	0,19	0,03	0,06	0,03	0,07	0,11	0,19	0,09	0,13	0,19	0,18	0,24	0,15	0,14
	Mín	0,04	0,05	0,11	0,02	0,03	0,02	0,06	0,03	0,15	0,06	0,10	0,14	0,15	0,21	0,10	0,10
	Máx	0,09	0,09	0,26	0,03	0,09	0,06	0,08	0,16	0,25	0,13	0,20	0,24	0,22	0,30	0,17	0,20
Razão C:N	Média	7,19	7,57	8,21	6,85	7,54	7,66	7,34	7,11	7,64	6,87	7,55	7,82	7,90	8,02	7,60	7,22
	DP	0,95	3,00	0,33	0,36	1,66	1,68	0,77	0,76	0,76	0,80	0,97	0,84	0,83	0,80	1,14	1,21
	Mediana	7,31	7,56	8,26	6,75	7,34	7,39	7,34	7,30	7,68	6,80	7,83	7,92	7,89	7,90	7,39	7,20
	Mín	5,71	4,19	7,63	6,30	5,08	4,79	5,93	5,30	6,42	5,51	5,13	5,37	6,05	6,65	6,43	5,17
	Máx	8,49	14,51	8,83	7,39	11,62	10,65	8,76	8,22	9,60	8,90	9,17	9,79	9,76	9,56	10,79	9,97

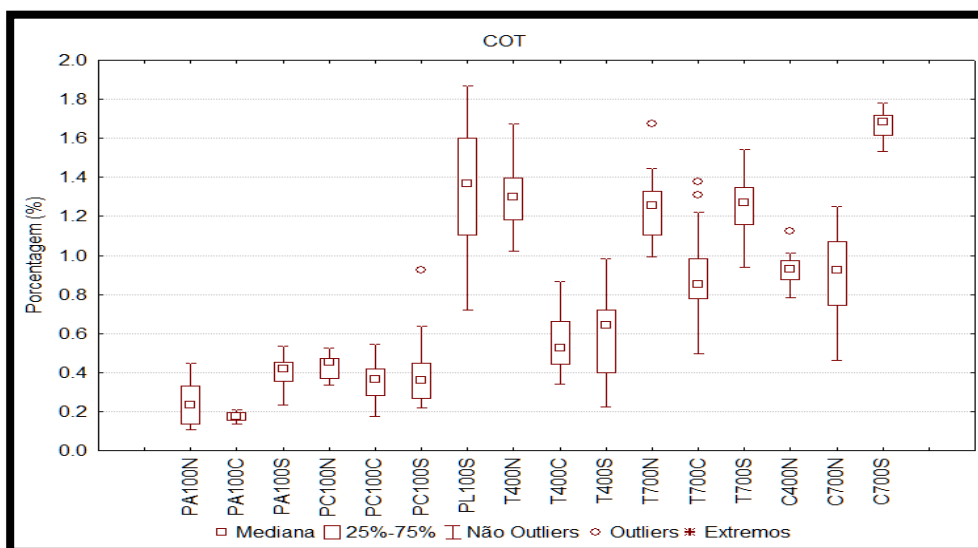


(a)

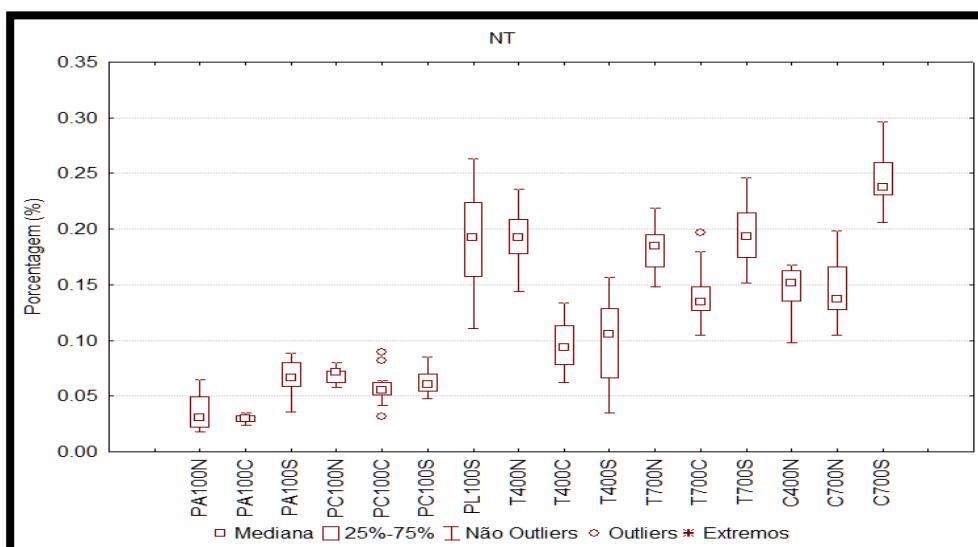


(b)

Figura IV.10.3.1-1 – Concentração de (a) carbono orgânico total-COT e (b) nitrogênio total-NT (em %, média – barras e desvio padrão – linhas) nas províncias do PMAR-BC01. Isóbata de 100 m na plataforma de faciologia arenosa (PA100), carbonática (PC100) e lamosa (PL100), e isóbatas de 400 m e 700 m no talude (T400 e T700) e cânions (C400 e C700), nas áreas (norte - N, centro - C e sul - S).



(a)



(b)

Figura IV.10.3.1-2 – Concentração de (a) carbono orgânico total-COT e (b) nitrogênio total-NT (em %, gráficos do tipo caixa) nas províncias do PMAR-BC01. Isóбата de 100 m na plataforma de faciológia arenosa (PA100), carbonática (PC100) e lamosa (PL100), e isóbatas de 400 m e 700 m no talude (T400 e T700) e cânions (C400 e C700), nas áreas (norte - N, centro - C e sul - S).

IV.10.3.1.1 – Plataforma das áreas Norte, Centro e Sul

De modo geral, sedimentos da área sul da plataforma continental apresentaram as maiores concentrações de COT e NT em relação às demais áreas amostradas (Tabela IV.10.3.1-1 e Figura IV.10.3.1.1-1). Nesse contexto, a fácies lamosa destoou das demais fácies da área sul e das outras áreas amostrais por apresentar maiores concentrações de COT e NT na composição elementar dos sedimentos (Figuras IV.10.3.1.1-2a e IV.10.3.1.1-2b).

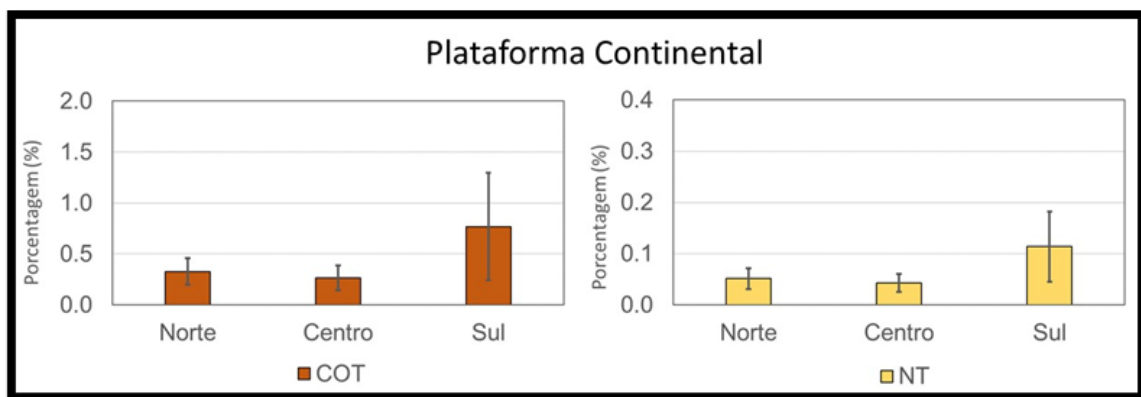
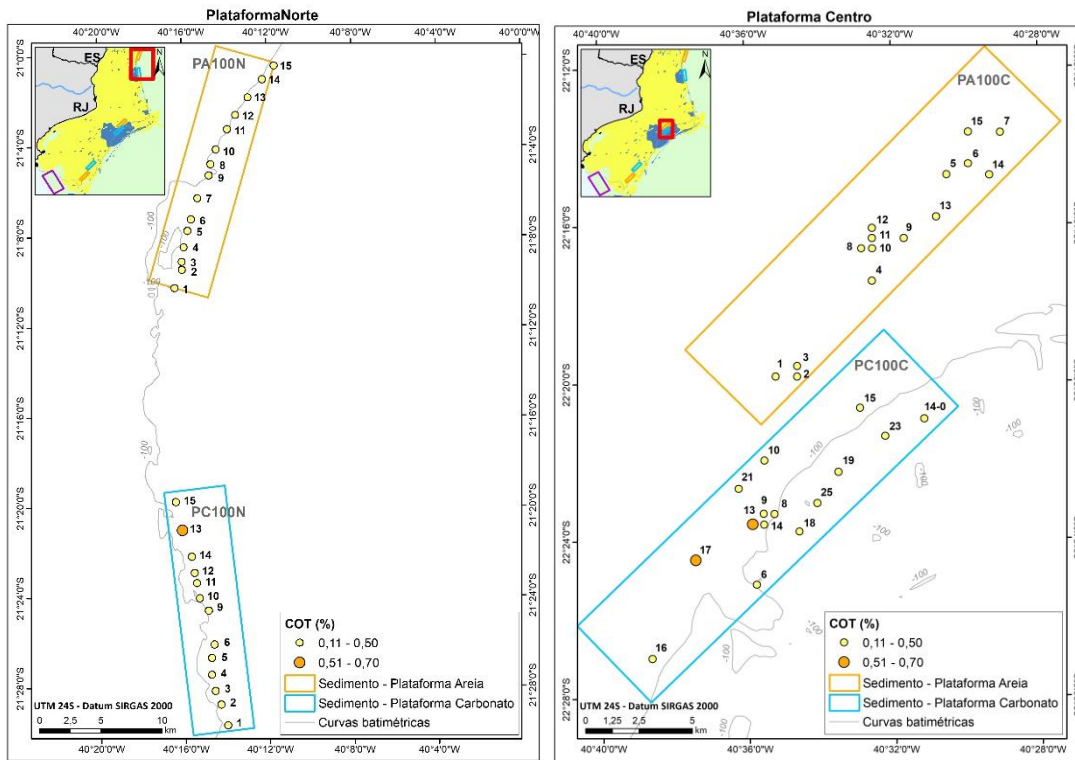


Figura IV.10.3.1.1-1 – Concentração de carbono orgânico total-COT e nitrogênio total-NT (média % e desvio-padrão) por área (norte, centro e sul) do grupo de amostras de **plataforma** do PMAR-BC01.

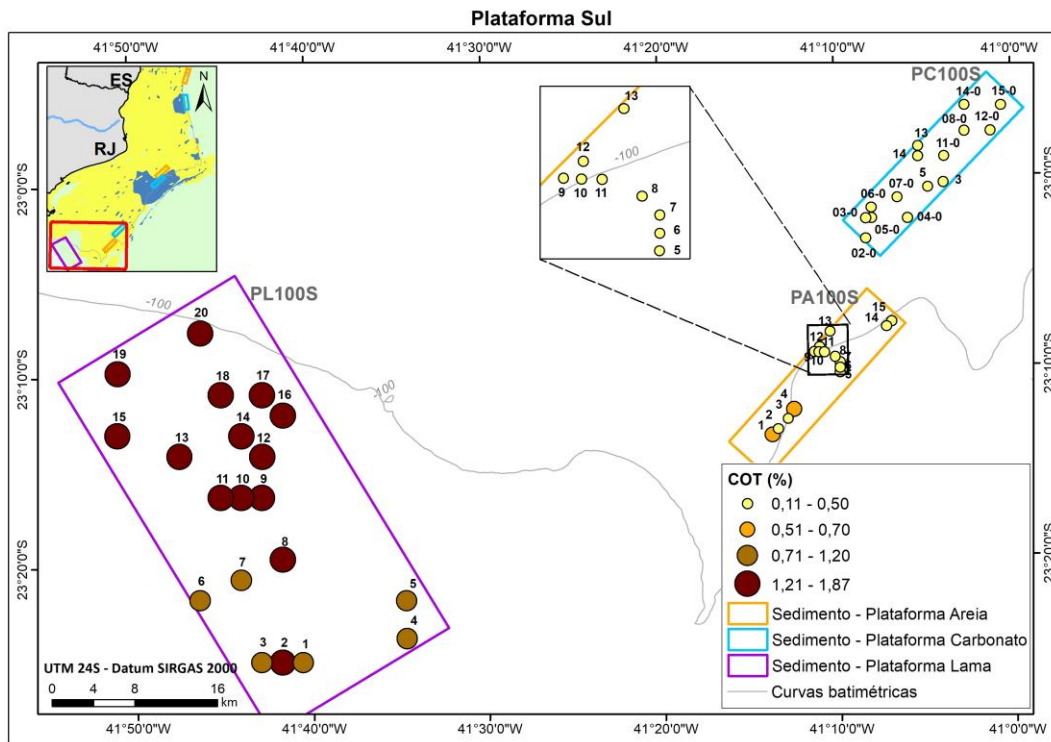
Os sedimentos amostrados na plataforma continental durante o PMAR-BC foram caracterizados por apresentarem pequenas variações nas concentrações de COT dentro da própria área amostral (Figura IV.10.3.1.1-2 a, b, c). Estas variações encontram-se inseridas na mesma faixa de concentração, denotando uma relativa homogeneidade entre as estações amostrais das fácies arenosas e carbonáticas das três áreas amostradas (Figura IV.10.3.1.1-2 a, b, c). Nesse contexto, destacaram-se as elevadas concentrações de COT nos sedimentos da fácies lamosa, que marcam heterogeneidade dentro da própria área sul, destoando-se das demais fácies da plataforma continental.

As concentrações de NT seguiram o mesmo padrão descrito para COT (Figura IV.10.3.1.1-3 a, b, c).



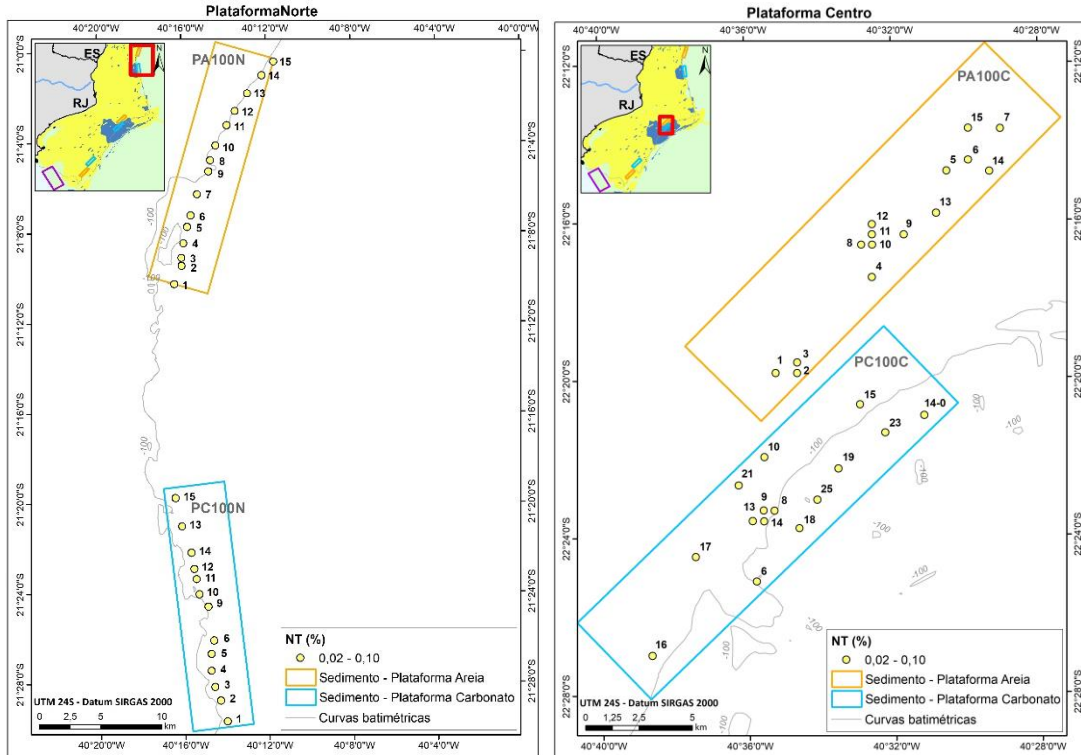
(a)

(b)



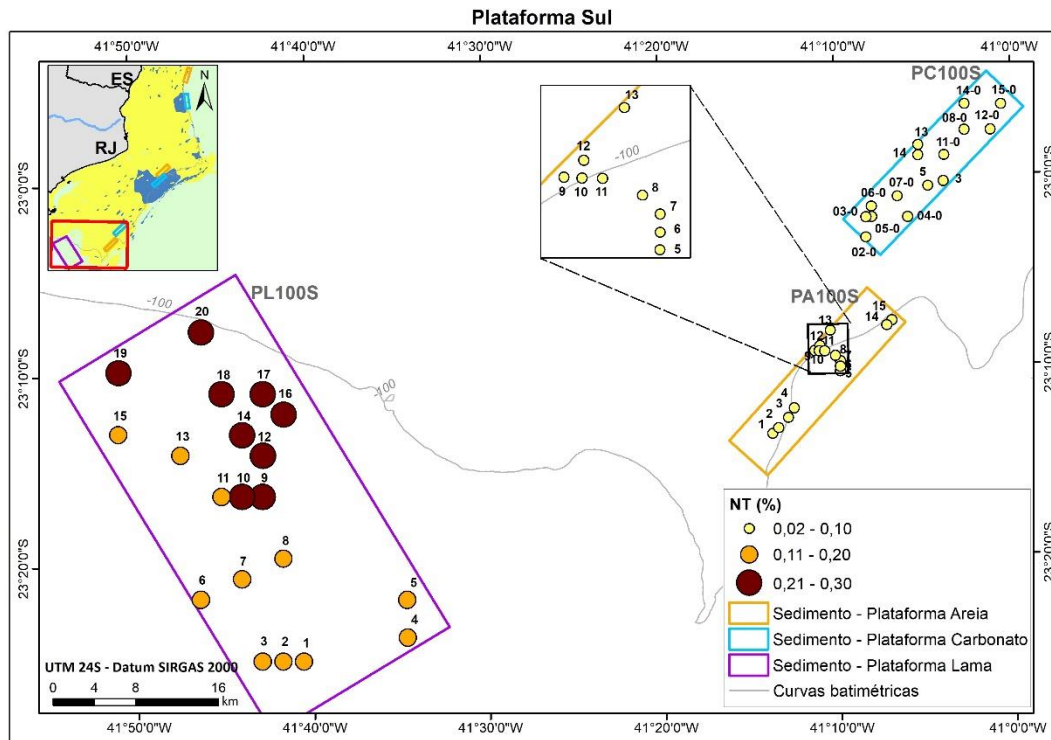
(c)

Figura IV.10.3.1.1-2 – Carbono orgânico total - COT (%) nas áreas Norte (a), Centro (b) e Sul (c) da Plataforma na 1ª campanha do PMAR-BC.



(a)

(b)



(c)

Figura IV.10.3.1.1-3 – Nitrogênio total - NT (%) nas áreas Norte (a), Centro (b) e Sul (c) da Plataforma na 1ª campanha do PMAR-BC.

Plataforma Arenosa

Nas fácies arenosas da plataforma continental, as concentrações médias de COT e NT no sedimento mantiveram-se abaixo de 0,4 % e 0,07 %, respectivamente (Tabela IV.10.3.1-1). Pequenas diferenças nas concentrações destes compostos entre as áreas amostrais também puderam ser observadas, com os maiores valores na área sul e os menores na área centro (Figuras IV.10.3.1-1; IV.10.3.1-2; IV.10.3.1.1-2 ; IV.10.3.1.1-3).

Plataforma Carbonática

A composição elementar do sedimento nas fácies carbonáticas da plataforma continental apresentou pequenas variações entre as áreas amostradas, demonstrando graficamente uma discreta tendência de redução latitudinal no sentido norte-sul no COT. Em relação ao NT, esta tendência não foi observada. Em ambos os compostos houve uma relativa homogeneidade nas concentrações entre as áreas amostrais (Tabela IV.10.3.1-1; Figuras IV.10.3.1-1; IV.10.3.1-2; IV.10.3.1.1-2; IV.10.3.1.1-3).

Plataforma Lamosa

Na plataforma de faciologia lamosa (com dados apenas na área sul) foram obtidos os valores médios mais elevados para COT e NT entre todas as demais faciologias e áreas da plataforma continental amostrada pelo PMAR-BC (Tabela IV.10.3.1-1; Figuras IV.10.3.1-1; IV.10.3.1-2; IV.10.3.1.1-2; IV.10.3.1.1-3).

IV.10.3.1.2 – Talude das áreas Norte, Centro e Sul

De forma geral, os maiores valores de COT e NT na província do talude foram observados na área norte, evidenciando diferenças nos valores de concentração entre as áreas amostrais (Tabela IV.10.3.1-1; Figura IV.10.3.1.2-1).

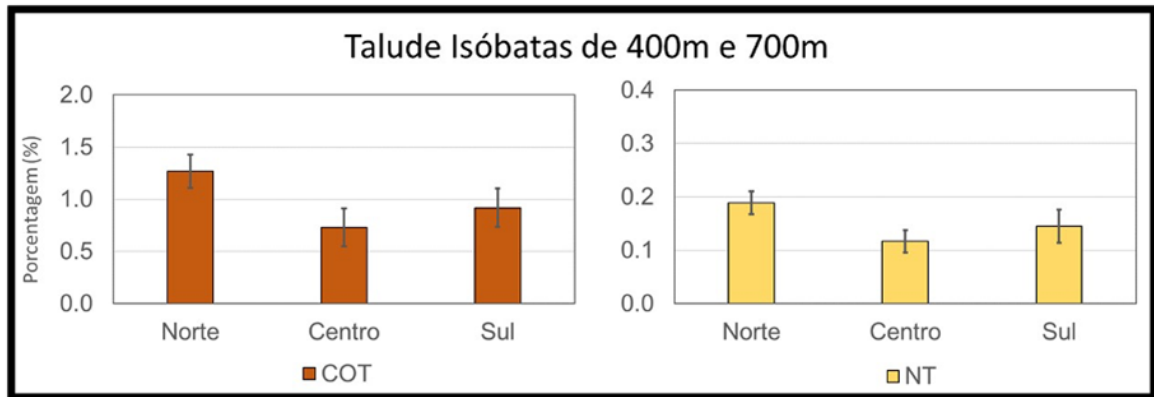


Figura IV.10.3.1.2-1 – Concentração de carbono orgânico total-COT e nitrogênio total-NT (média % e desvio-padrão) por área (norte, centro e sul) do grupo de amostras de **Talude**, isóbatas de 400 m e 700 m, do PMAR-BC01.

Os mapas de distribuição das concentrações de COT e NT no talude mostraram individualmente a variação destes compostos nas estações de coleta Figuras IV.10.3.1.2-2 e IV.10.3.1.2-3. Pelos mapas percebe-se que as concentrações de COT e NT, na área norte, foram similares entre as isóbatas de 400 m e 700 m. Também ficou evidente que nas áreas centro e sul ocorreram variações nas concentrações entre as isóbatas, com valores mais elevados na isóбата de 700 metros.

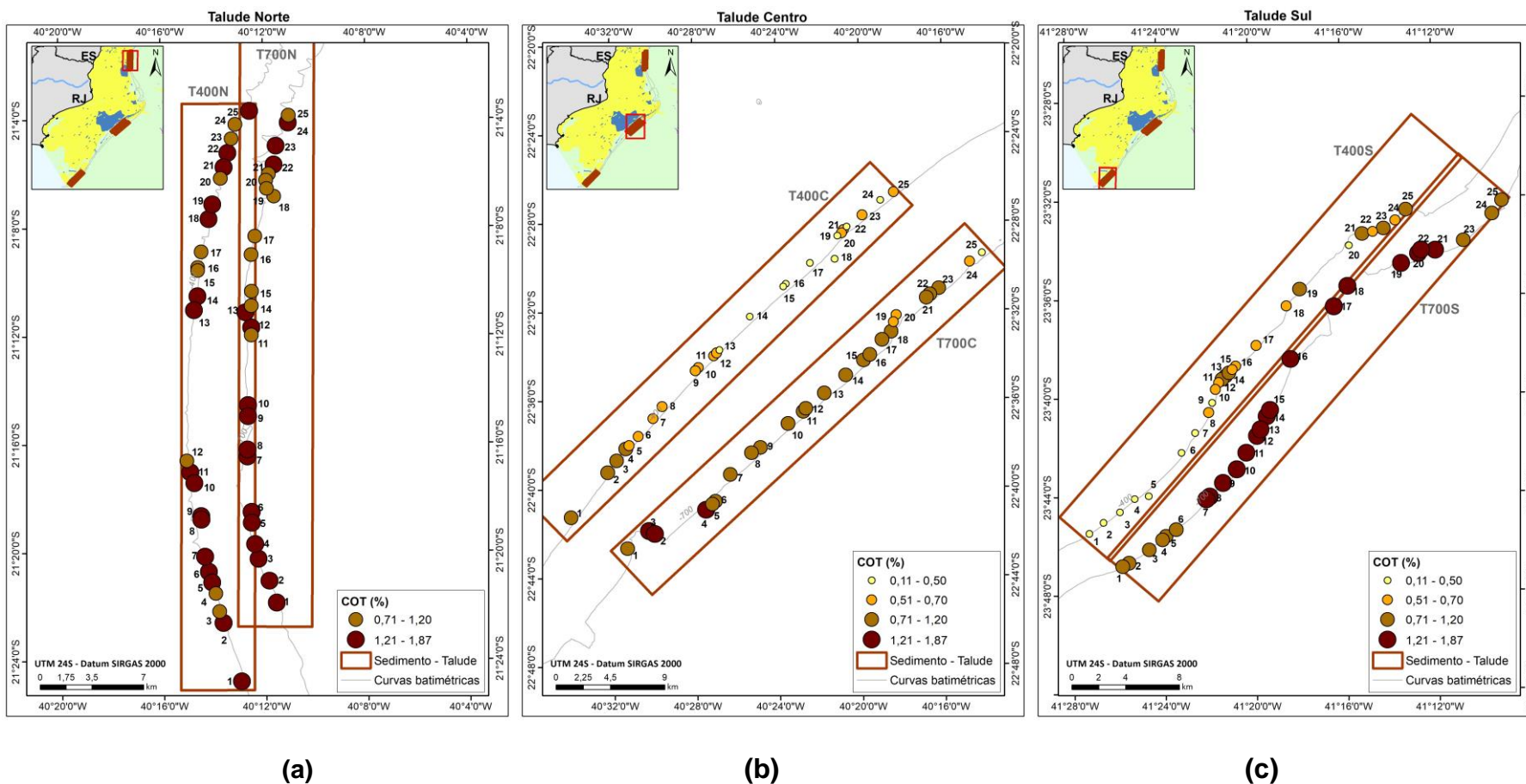


Figura IV.10.3.1.2-2 – Carbono Orgânico Total-COT (%) nas áreas Norte (a), Centro (b) e Sul (c) do Talude na 1a campanha do PMAR-BC.

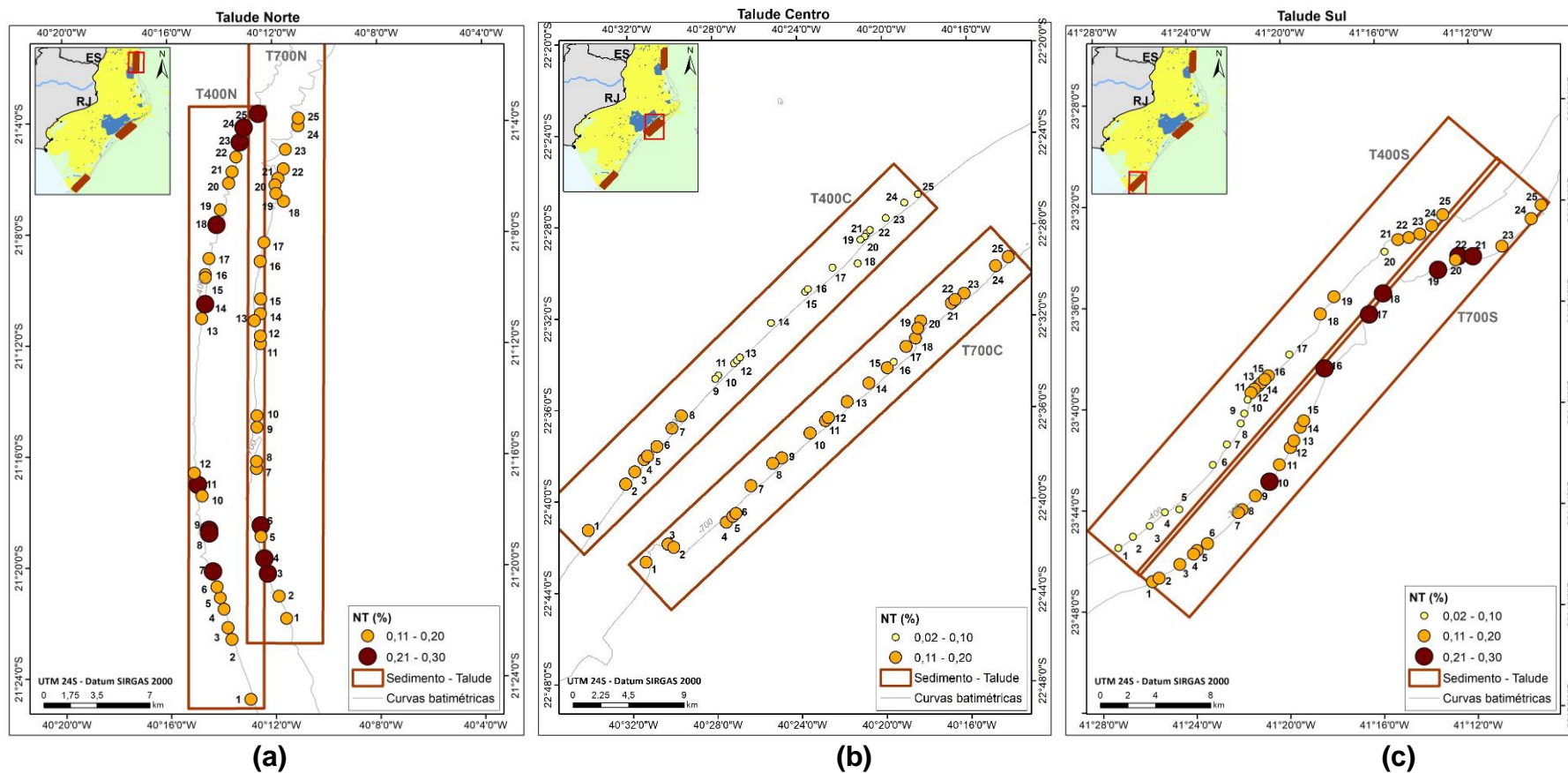


Figura IV.10.3.1.2-3 – Nitrogênio Total-NT (%) nas áreas Norte (a), Centro (b) e Sul (c) do Talude na 1a campanha do PMAR-BC.

Talude - isóbata de 400 m

Considerando apenas as amostragens realizadas na isóbata de 400 metros, maiores valores de COT e NT sedimentar foram obtidos na área norte, marcando a diferença entre as áreas amostrais (Tabela IV.10.3.1-1; Figuras IV.10.3.1-1; IV.10.3.1-2). No entanto, percebe-se nas áreas centro e sul uma discreta diferença da composição elementar, cujos valores médios de COT e NT foram menores que 0,6 % e 0,1 %, respectivamente (Tabela IV.10.3.1-1).

Talude - isóbata de 700 m

Nesta isóbata a área centro destoou das demais, apresentando os menores valores. As áreas norte e sul apresentaram resultados médios similares para COT e NT (Tabela IV.10.3.1-1; Figuras IV.10.3.1-1 e IV.10.3.1-2).

IV.10.3.1.3 – Cânions nas áreas Norte e Sul

Na província cânion, distinções entre as áreas norte (Cânion Almirante Câmara) e sul (Cânion Sul/Sudeste) puderam ser observadas, nas quais os sedimentos da área norte possuem aproximadamente 45 % menos compostos de carbono e nitrogênio no sedimento do que na área sul (Tabela IV.10.3.1-1; Figura IV.10.3.1.3-1). Nos cânions, os maiores valores médios dos compostos elementares do sedimento foram obtidos à 700 m da área sul. Contudo a influência da batimetria não foi observada no cânion da área norte (Figura IV.10.3.1-2).

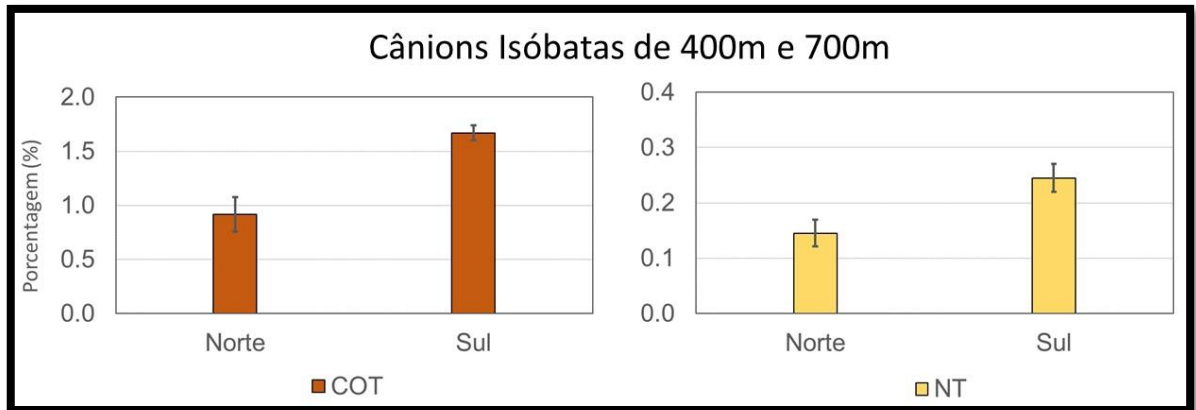


Figura IV.10.3.1.3-1 – Concentração de carbono orgânico total-COT e nitrogênio total-NT (média % e desvio-padrão) por área (norte e sul) do grupo de amostras dos **Cânions**, isóbatas de 400 m e 700 m, do PMAR-BC01.

Os mapas de distribuição das concentrações de COT e NT nos cânions norte e sul mostraram que para o COT, no Cânion Almirante Câmara, isóbata de 400 m a distribuição é mais homogênea que na isóbata de 700 m (Figuras IV.10.3.1.3-2 e IV.10.3.1.3-3). No NT a presença de uma estação em ambas isóbatas, com valores inferiores as demais, sugere a interferência da granulometria nas duas isóbatas. No Cânion Sul/Sudeste, tanto para o COT como para o NT, a distribuição foi homogênea em todas as estações amostradas (Figuras IV.10.3.1.3-2 e IV.10.3.1.3-3).

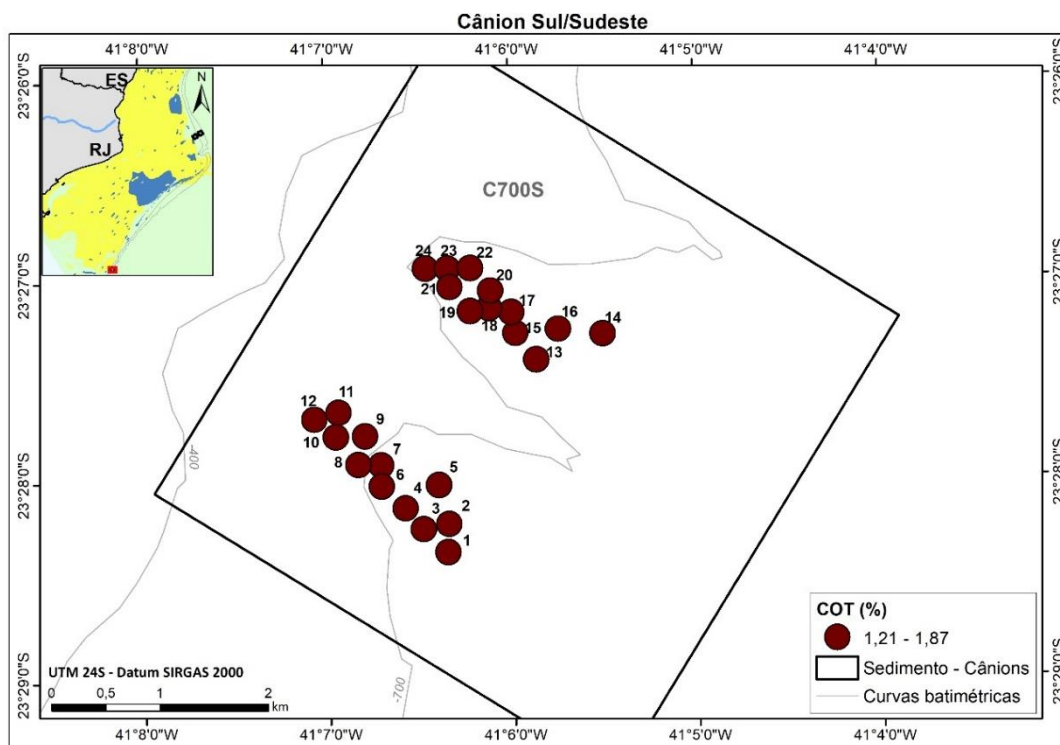
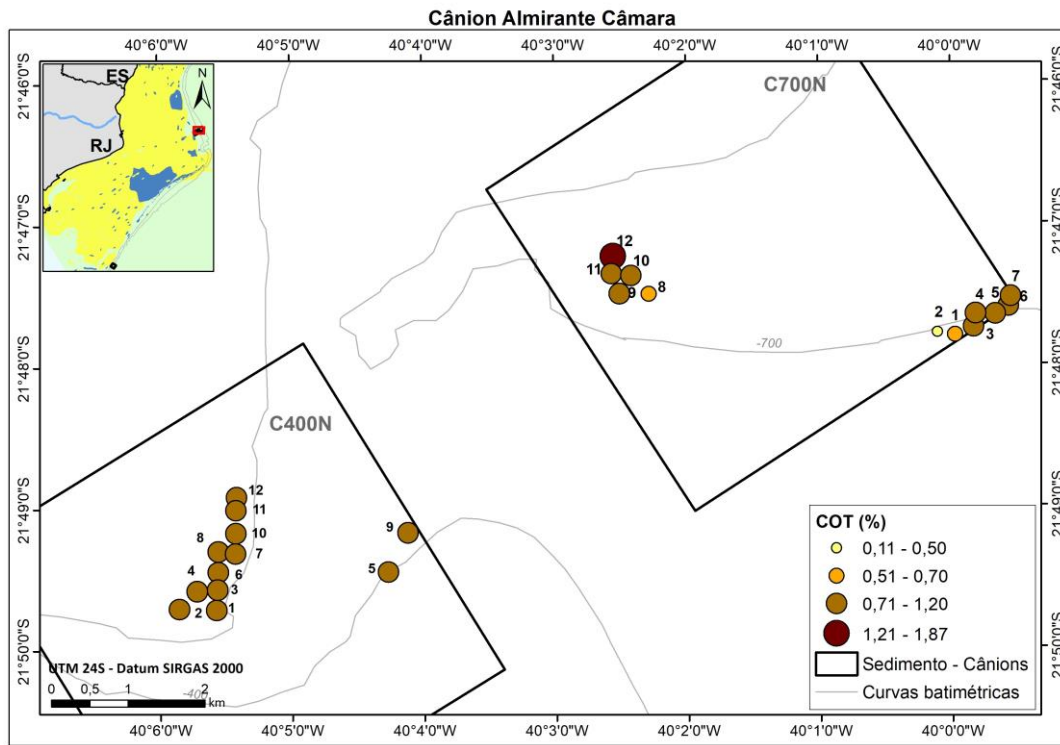


Figura IV.10.3.1.3-2 – Carbono Orgânico Total-COT (%) nas áreas Norte (a) e Sul (b) do Cânion na 1ª campanha do PMAR-BC.

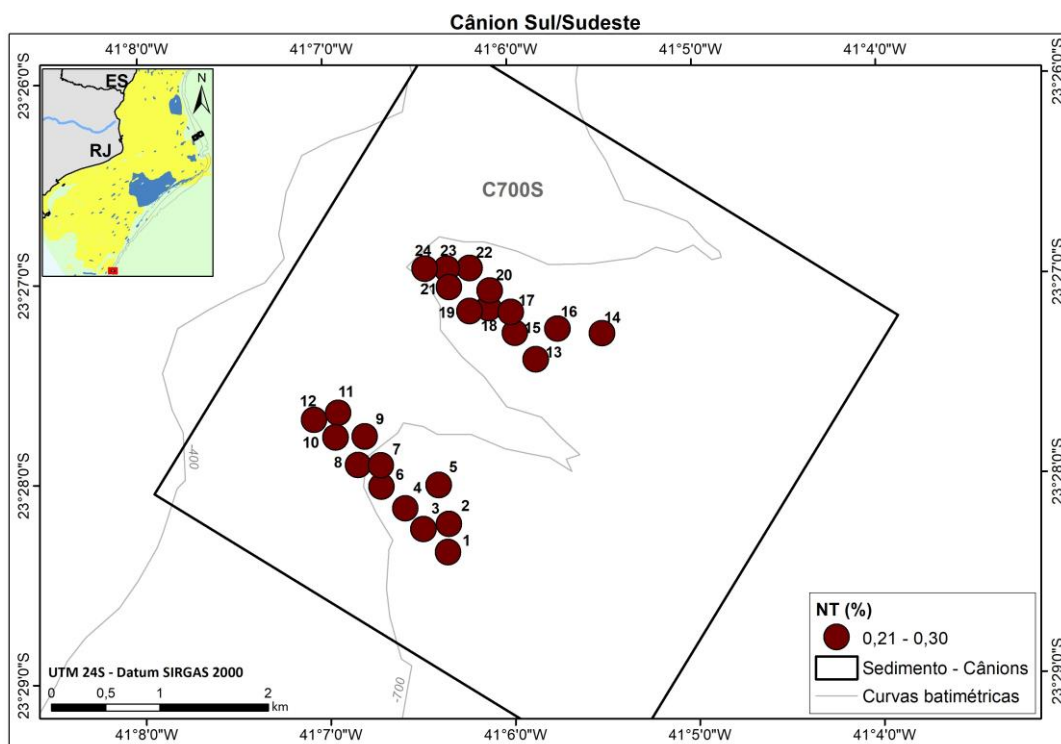
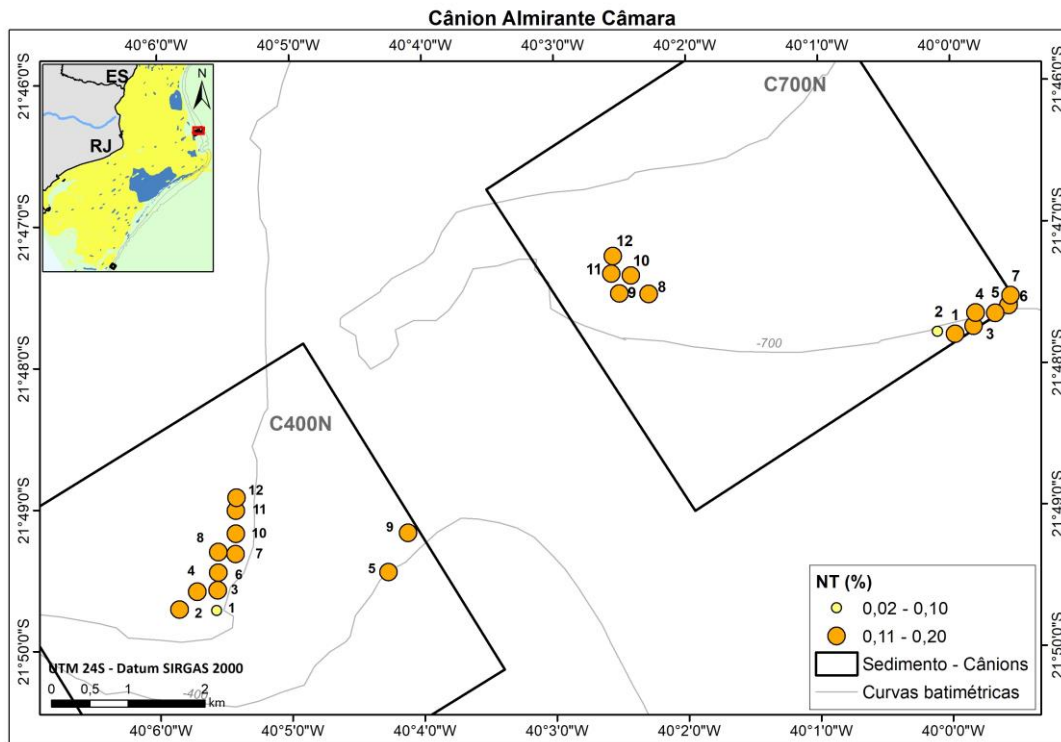


Figura IV.10.3.1.3-3 – Nitrogênio Total-NT (%) nas áreas Norte (a) e Sul (b) do Cânion na 1a campanha do PMAR-BC.

Cânion - isóbata de 400 m

Com dados obtidos apenas na área norte, amostragens na província de cânion dessa área mostraram valor médio de COT próximo à 1,0 % e 0,2 % para NT (Tabela IV.10.3.1-1; Figuras IV.10.3.1-1 e IV.10.3.1-2).

Cânions - isóbata de 700m

Diferenças nas concentrações de COT e NT entre áreas foram observadas tanto para o COT quanto para NT, onde maiores valores foram obtidos na área sul (Tabela IV.10.3.1-1; Figuras IV.10.3.1-1 e IV.10.3.1-2).

IV.10.3.1.4 – Razões molares C:N

Semelhanças entre os valores da razão C:N foram observadas entre as províncias analisadas no PMAR-BC, mostrando valores médios entre 7 e 8 (Tabela IV.10.3.1-1). No entanto, grande variabilidade nos valores dessa razão foi reportada para a área de plataforma continental, indicando uma maior heterogeneidade da origem da matéria orgânica dessa província (Figura IV.10.3.1.4-1).

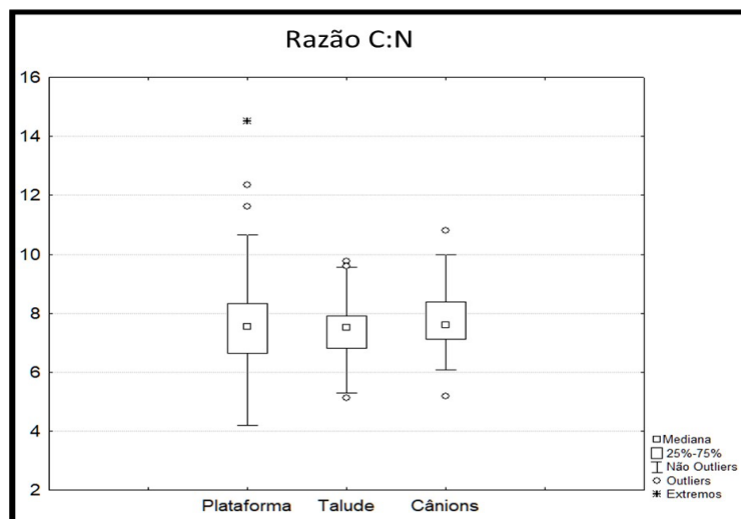


Figura IV.10.3.1.4-1 – Razão C:N nas províncias (plataforma, talude, cânions) na 1a campanha do PMAR-BC.

IV.10.3.1.5 – Análises estatísticas bivariadas com base nos resultados de COT e NT

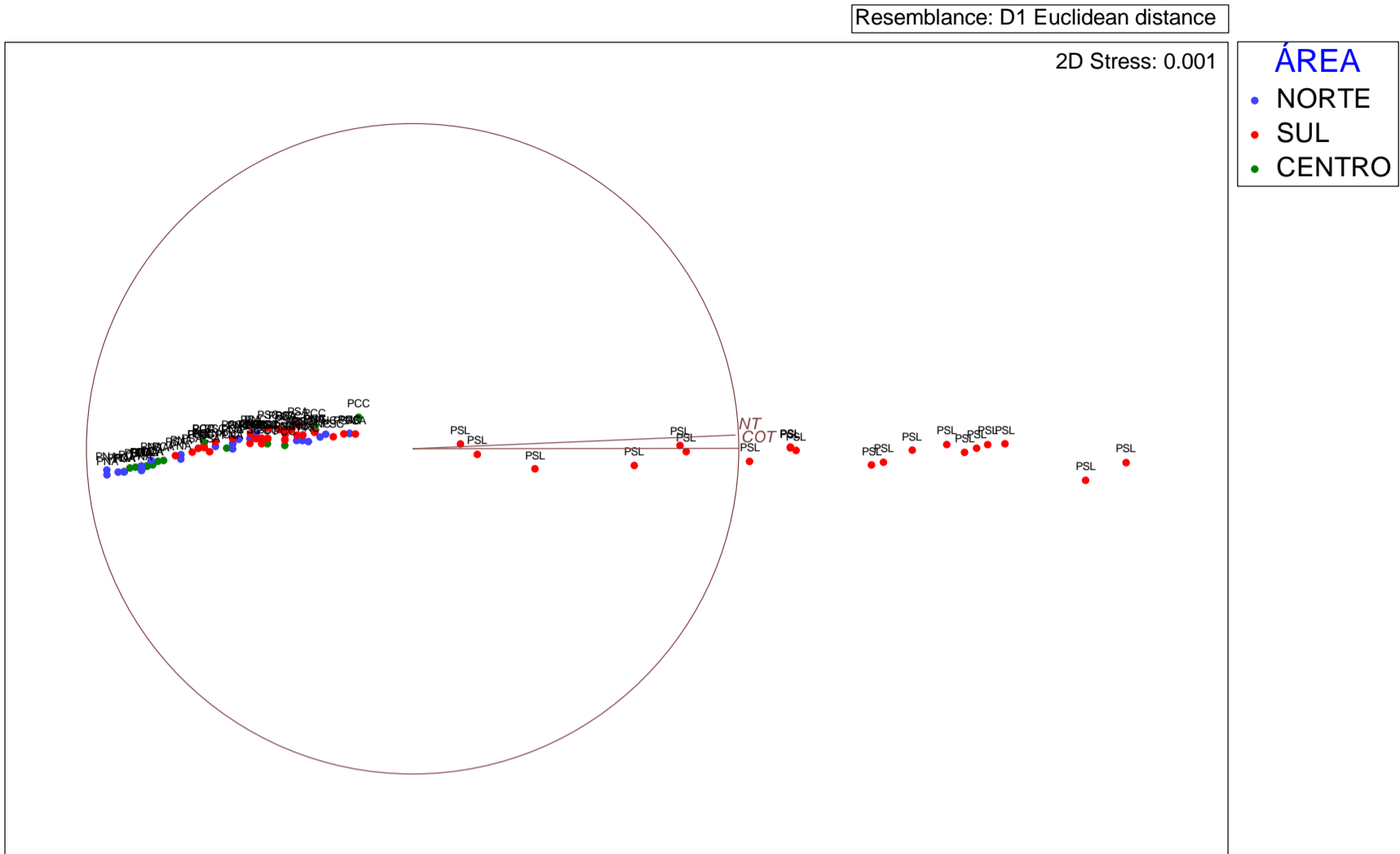
Neste item são apresentados os resultados das análises estatísticas bivariadas dos dados de COT e NT: análises exploratórias – para avaliação das principais tendências observadas nos grupos de dados, e análises inferenciais – baseadas na interpretação dos testes PERMDISP e PERMANOVA. Estas duas classes de análise estão descritas no Capítulo III, item III.3.3 – MÉTODOS DE TRATAMENTO DE DADOS. Tendo em vista a alta especificidade das comparações apresentadas nas hipóteses nulas, nestas análises de permutação foi adotado um único desenho experimental simples, comparando os polígonos da malha amostral. Cada polígono representa uma combinação distinta dos fatores projeto, província, área, fácies e isóbata. Desta forma, a Tabela IV.10.3.1.5-1 mostra os resultados PERMDISP e PERMANOVA para o grupo de variáveis de COT e NT.

A. Plataforma Continental

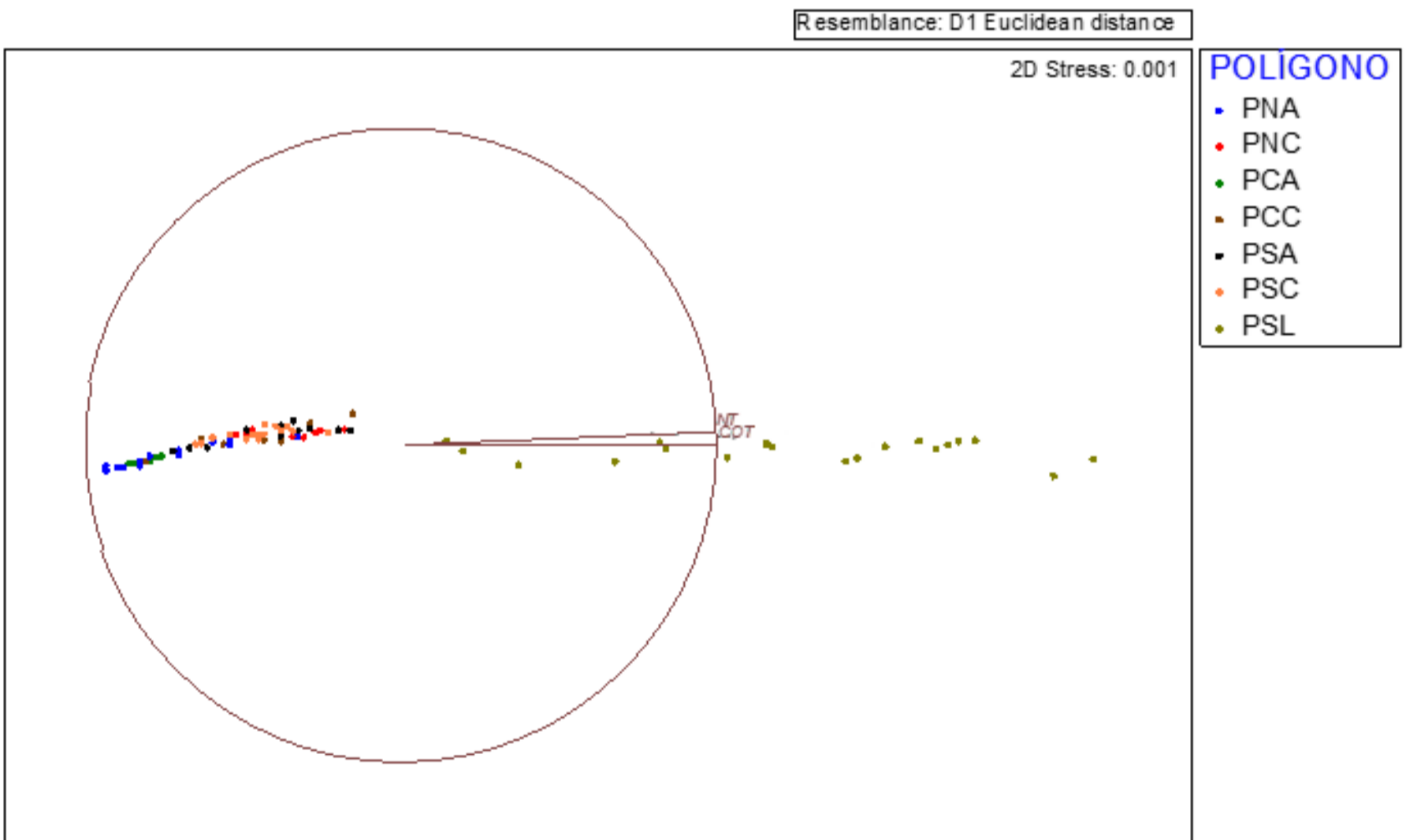
- **Análises exploratórias bivariadas: Comparações entre as faciologias da Plataforma das três áreas da Bacia de Campos**

A partir das análises de NMDS, foi evidenciado que a planície sul lamosa apresentou as maiores concentrações de COT e NT dentre as demais fácies da planície (Figura IV.10.3.1.5-1 a, b). De certo modo, nos demais polígonos amostrados ficou evidenciada a homogeneidade da composição elementar da matéria orgânica na região da Bacia de Campos amostrada pelo PMAR-BC.

Adicionalmente, a análise em componentes principais (PCA) explicou 100% da variabilidade dos resultados observados na plataforma continental (ANEXO [IV.10.7-1] Figura 1 e Figura 2). Através do eixo I (99,9% da variância) tem-se a concentração de COT (autovetor 0,99) como o parâmetro mais influente na variabilidade dos dados amostrados.



(a)



(b)

Figura IV.10.3.1.5-1 – NMDS em que os eixos representam as correlações de Pearson das variáveis COT e NT entre (a) áreas Norte, Centro e Sul e (b) polígonos da Plataforma do PMAR-BC. A saber: PNA, PNC, PCA, PCC, PSA, PSC e PSL = plataforma norte arenosa, norte carbonática, centro arenosa, centro carbonática, sul arenosa, sul carbonática e sul lamosa, respectivamente.

- **Análises inferenciais bivariadas: Comparações entre as faciologias da Plataforma das três áreas da Bacia de Campos**

A partir dos resultados dos testes de inferência PERMDISP e PERMANOVA do grupo de dados de COT e NT (Tabela IV.10.3.1.5-1), podemos afirmar, com base nas hipóteses nulas, além de outros objetivos definidos no PMAR-BC:

- 1- Para **plataforma arenosa**, os testes pareados (PERMANOVA) entre os polígonos amostrais revelaram a existência de diferenças estatísticas na composição elementar dos sedimentos entre todas as áreas amostradas ($p < 0,023$; *pair-wise tests*): essa diferença entre áreas foi atribuída às maiores concentrações de COT e NT na área sul e as menores na área centro (ver Figuras IV.10.3.1.5-1a).
- 2- Os testes pareados (PERMANOVA) para a **plataforma carbonática** mostraram que os sedimentos da área norte diferem da composição elementar das áreas centro e sul ($p = 0,039$ e $p = 0,039$ respectivamente; *pair-wise tests*). Não houve diferença nas concentrações de COT e NT entre os sedimentos da área centro e sul ($p = 0,581$; *pair-wise tests*): nessa faciologia a diferença foi atribuída às maiores concentrações de COT e NT nos sedimentos da área norte (ver Figura IV.10.3.1.5-1a).
- 3- Os testes pareados (PERMANOVA) revelaram que houve diferença entre a **plataforma lamosa** e os demais polígonos da plataforma, independentemente da área ou classificação faciológica ($p = 0,001$; *pair-wise tests*): essa faciologia diferenciou-se das demais áreas por apresentar as maiores concentrações de COT e NT durante o PMAR-BC (ver Figuras IV.10.3.1.5-1a, b).
- 4- Na comparação entre as **faciologias da plataforma**, os testes pareados (PERMANOVA) dos polígonos evidenciaram que houve diferenças significativas entre as fácies lamosa, arenosas e carbonáticas nas três áreas, norte, centro e sul ($p < 0,005$; *pair-wise tests*): essa diferença foi associada, principalmente às maiores concentrações de COT e NT ocorrerem na área sul nas fácies arenosas e lamosa (ver Figuras IV.10.3.1.5-1a, b).

Tabela IV.10.3.1.5-1 – PERMDISP e PERMANOVA para os dados do grupo de variáveis de COT e NT (bivar) da 1ª Campanha do PMAR-BC. Comparações entre os polígonos da plataforma

Polígonos	PERMDISP - PAIRWISE COMPARISONS		PERMANOVA - PAIR-WISE TESTS			
	t	Pperm	t	Pperm	Uniques	PMC
PNA e PNC	2.0112	0.05	6.035	0.001	595	0.001
PNA e PSA	0.86628	0.398	4.6479	0.001	420	0.001
PNA e PSC	2.1484	0.035	4.57	0.001	381	0.001
PNA e PSL	3.8607	0.001	12.329	0.001	890	0.001
PNA e TC4	1.4953	0.176	7.4827	0.001	782	0.001
PNA e TC7	2.1554	0.062	11.485	0.001	896	0.001
PNA e TN4	1.3648	0.197	23.739	0.001	962	0.001
PNA e TN7	1.6729	0.112	21.334	0.001	951	0.001
PNA e TS4	3.5098	0.002	5.7941	0.001	827	0.001
PNA e TS7	1.509	0.126	23.293	0.001	940	0.001
PNC e PSA	0.99834	0.375	1.1864	0.235	497	0.228
PNC e PSC	0.19927	0.85	2.3345	0.027	461	0.037
PNC e PSL	4.3212	0.001	9.629	0.001	870	0.001
PNC e TC4	2.8602	0.006	3.0313	0.01	741	0.006
PNC e TC7	2.9962	0.005	7.8448	0.001	875	0.001
PNC e TN4	2.6094	0.014	19.425	0.001	932	0.001
PNC e TN7	2.884	0.004	17.081	0.001	943	0.001
PNC e TS4	4.4967	0.001	2.4999	0.021	820	0.023
PNC e TS7	2.9295	0.007	18.937	0.001	941	0.001
PCA e PCC	3.983	0.001	7.1135	0.001	414	0.001
PCA e PNA	4.9544	0.001	2.3378	0.03	219	0.023
PCA e PNC	4.2363	0.001	15.474	0.001	525	0.001
PCA e PSA	3.7401	0.001	9.6356	0.001	387	0.001
PCA e PSC	3.2578	0.002	11.982	0.001	331	0.001
PCA e PSL	5.4484	0.001	13.465	0.001	872	0.001
PCA e TC4	4.7781	0.001	10.001	0.001	820	0.001
PCA e TC7	4.3421	0.001	13.411	0.001	877	0.001
PCA e TN4	4.3584	0.001	28.065	0.001	950	0.001
PCA e TN7	4.6252	0.001	25.06	0.001	944	0.001
PCA e TS4	6.1839	0.001	7.2136	0.001	855	0.001
PCA e TS7	4.9208	0.001	27.849	0.001	947	0.001
PCC e PNA	0.30902	0.748	3.3963	0.006	444	0.003
PCC e PNC	1.4683	0.141	2.1873	0.032	589	0.039
PCC e PSA	0.50126	0.638	1.0488	0.3	347	0.327
PCC e PSC	1.6184	0.099	0.54806	0.591	337	0.581
PCC e PSL	3.9586	0.001	10.925	0.001	916	0.001
PCC e TC4	1.7115	0.115	4.6271	0.001	813	0.001
PCC e TC7	2.3085	0.04	9.3079	0.001	901	0.001
PCC e TN4	1.5721	0.14	20.987	0.001	923	0.001
PCC e TN7	1.8705	0.065	18.69	0.001	934	0.001
PCC e TS4	3.6578	0.001	3.7409	0.003	818	0.001
PCC e TS7	1.7298	0.097	20.45	0.001	946	0.001
PSA e PSC	1.1447	0.282	0.73141	0.478	293	0.48
PSA e PSL	4.2053	0.001	10.602	0.001	899	0.001
PSA e TC4	2.18	0.052	3.8992	0.001	725	0.001
PSA e TC7	2.6357	0.009	8.8081	0.001	729	0.001
PSA e TN4	2.0026	0.047	20.678	0.001	946	0.001
PSA e TN7	2.2989	0.035	18.322	0.001	915	0.001
PSA e TS4	4.0642	0.004	3.1911	0.007	837	0.004
PSA e TS7	2.2144	0.032	20.134	0.001	915	0.001
PSC e PSL	4.6721	0.001	10.966	0.001	898	0.001
PSC e TC4	3.1155	0.005	4.5676	0.001	747	0.001
PSC e TC7	3.2638	0.004	9.3915	0.001	899	0.001
PSC e TN4	2.8534	0.008	22.031	0.001	921	0.001
PSC e TN7	3.1433	0.003	19.482	0.001	908	0.001
PSC e TS4	4.8535	0.001	3.6035	0.004	827	0.002
PSC e TS7	3.1868	0.005	21.547	0.001	928	0.001
PSL e TC4	3.6843	0.002	10.367	0.001	915	0.001
PSL e TC7	2.4285	0.008	5.4262	0.001	900	0.001
PSL e TN4	3.6289	0.003	0.49735	0.637	909	0.631
PSL e TN7	3.3967	0.003	1.3384	0.171	875	0.176
PSL e TS4	1.8683	0.075	8.9745	0.001	928	0.001
PSL e TS7	3.7318	0.003	1.2152	0.222	912	0.233

Legenda: PNA, PNC, PCA, PCC, PSA, PSC e PSL = plataforma norte arenosa, norte carbonática, centro arenosa, centro carbonática, sul arenosa, sul carbonática e sul lamosa, respectivamente. TN4, TN7, TC4, TC7, TS4 e TS7 = talude norte 400m, norte 700m, centro 400m, centro 700m, sul 400m e sul 700m, respectivamente.

B. Talude e Cânions

- **Análises exploratórias bivariadas: Comparações entre as isóbatas de 400 m e 700 m do Talude e Cânions das três áreas da Bacia de Campos**

A análise de ordenação NMDS mostrou uma grande variabilidade na composição elementar do sedimento em função, principalmente, das concentrações de COT (Figura IV.10.3.1.5-2 a). Ficou evidenciado que as maiores concentrações de COT e NT foram encontradas no cânion da área sul (Cânion Sul/Sudeste, Figura IV.10.3.1.5-2 a, b). Em contrapartida, os sedimentos com menores concentrações de COT e NT estiveram no polígono talude 400 m da mesma área. Essas elevadas concentrações no cânion da área sul acentuaram a diferença entre as províncias de talude cânion (Figura IV.10.3.1.5-2 a, b, c).

A análise em componentes principais (PCA), considerando a composição elementar da matéria orgânica sedimentar explicou 99,9% das variâncias dos dados obtidos. Pelo eixo 1 (99,8% de variância), as concentrações de COT (autovetor 0,99) no sedimento foi o parâmetro mais preponderante na explicação da variabilidade amostral nessas províncias (ANEXO IV.10.7-1] Figura 2).

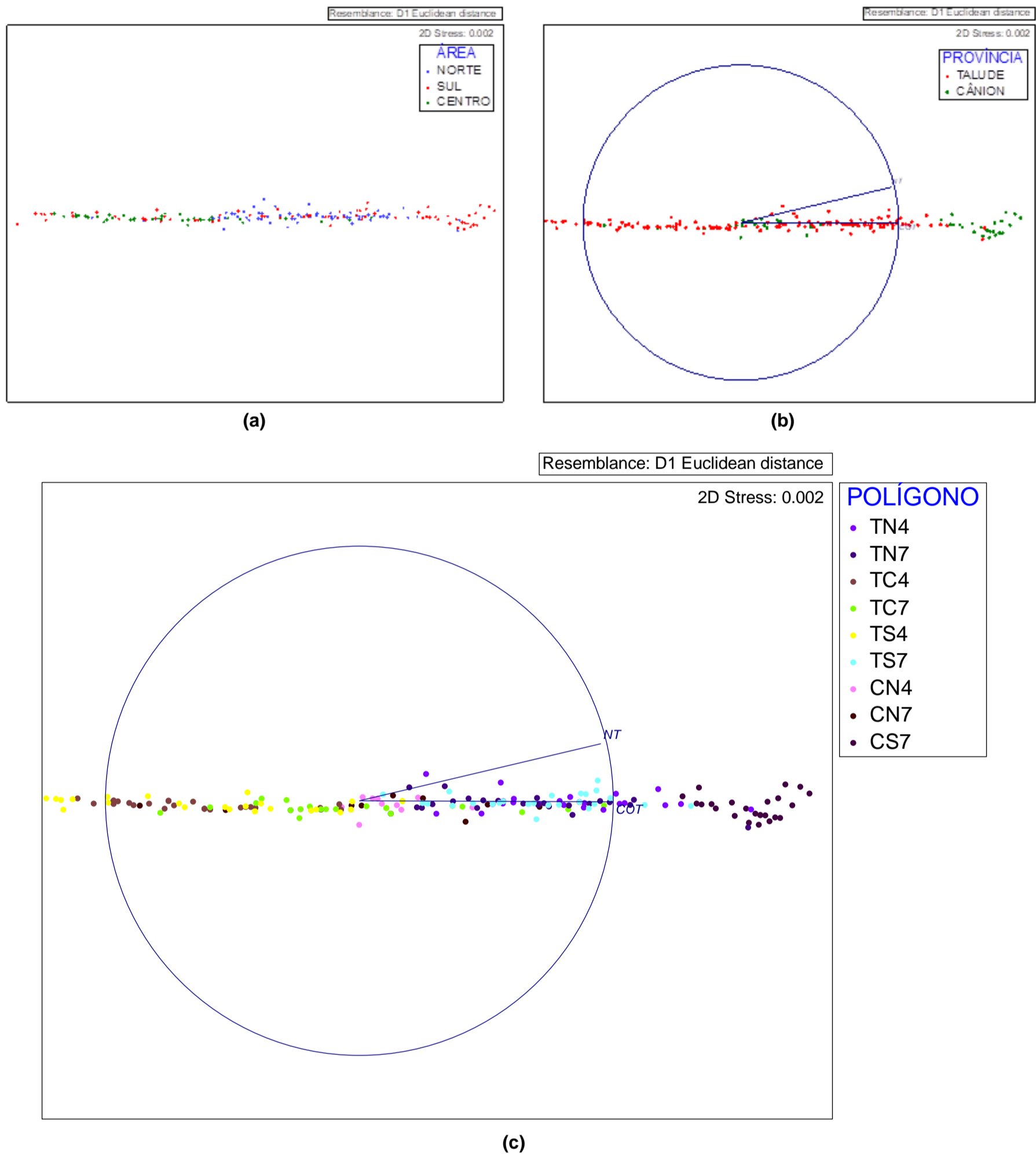


Figura IV.10.3.1.5-2 – NMDS em que os eixos representam as correlações de Pearson das variáveis COT e NT entre (a) as áreas Norte, Centro e Sul, (b) as províncias Talude e Cãnion e (c) os polígonos do Talude e Cãnions do PMAR-BC. A saber: TN4, TN7, TC4, TC7, TS4 e TS7 / CN4, CN7 e CS7 = talude norte 400m, norte 700m, centro 400m, centro 700m, sul 400m e sul 700m / cãnion norte 400m, norte 700m e sul 700m, respectivamente.

- **Análises inferenciais bivariadas: Comparações entre as isóbatas de 400 m e 700 m do talude e cânions das três áreas da Bacia de Campos**

A partir dos resultados dos testes de inferência PERMDISP e PERMANOVA do grupo de dados de COT e NT (Tabela IV.10.3.1.5-2), podemos afirmar, com base nas hipóteses nulas, além de outros objetivos definidos no PMAR-BC:

- 1- Para o **talude 400 m**, os testes pareados (PERMANOVA) entre os polígonos amostrais revelaram diferenças entre o sedimento da área norte e os sedimentos da área centro e sul ($p=0,001$ para ambos; *pair-wise tests*). Não houve diferença entre a composição elementar da área centro e sul ($p=0,646$; *pair-wise tests*): marcando essa diferença entre áreas tem-se as maiores concentrações de COT e NT sedimentares registradas na área norte (ver Figura IV.10.3.1.5-2c).
- 2- Os testes pareados envolvendo COT e NT do **talude 700 m** (PERMANOVA) mostraram haver diferença entre as áreas. Essas avaliações indicaram a diferença entre a área centro com as áreas norte e sul ($p=0,001$ para ambos; *pair-wise tests*). Não foram observadas diferenças na composição elementar entre os sedimentos da área sul e norte nessa batimetria ($p=0,792$; *pair-wise tests*): nesta profundidade, a diferença entre áreas foi atribuída às menores concentrações de COT e NT na área centro (ver Figura IV.10.3.1.5-2c).
- 3- Diferenças entre as áreas norte e sul também foram evidenciadas entre os **cânions à 700 m** ($p=0,001$; *pair-wise tests*): essa diferença foi atribuída aos maiores valores de COT e NT na área sul (ver Figura IV.10.3.1.5-2c). A comparação entre as **batimetrias de 400 m e 700 m do talude norte**, mostrou não haver diferença entre as concentrações de COT e NT ($p=0,718$; *pair-wise tests*), ver Figura IV.10.3.1.5-2c.

Tabela IV.10.3.1.5-2 – PERMDISP e PERMANOVA para os dados do grupo de variáveis de COT e NT (bivar) da 1ª Campanha do PMAR-BC. Comparações entre os polígonos de talude e cânions

Polígonos	PERMDISP - PAIRWISE COMPARISONS		PERMANOVA - PAIR-WISE TESTS			
	t	Pperm	t	Pperm	Uniques	PMC
CN4 e CN7	2,5542	0,018	0,42137	0,704	551	0,718
CN4 e CS7	0,16132	0,893	26,702	0,001	890	0,001
CN4 e PCA	3,4518	0,001	32,78	0,001	821	0,001
CN4 e PCC	0,59409	0,569	15,452	0,001	883	0,001
CN4 e PNA	0,94752	0,378	18,702	0,001	887	0,001
CN4 e PNC	0,79192	0,432	16,657	0,001	828	0,001
CN4 e PSA	0,13862	0,878	15,693	0,001	827	0,001
CN4 e PSC	0,92304	0,349	19,164	0,001	849	0,001
CN4 e PSL	3,8238	0,001	4,1029	0,001	735	0,002
CN4 e TC4	2,0856	0,054	7,8209	0,001	829	0,001
CN4 e TC7	2,4462	0,03	0,56067	0,571	824	0,581
CN4 e TN4	1,9129	0,059	7,6912	0,001	884	0,001
CN4 e TN7	2,1782	0,027	6,0343	0,001	866	0,001
CN4 e TS4	3,7537	0,001	5,0859	0,001	873	0,001
CN4 e TS7	2,1223	0,044	6,8165	0,001	864	0,001
CN7 e CS7	3,775	0,001	15,147	0,001	934	0,001
CN7 e PCA	4,4723	0,001	12,372	0,001	896	0,001
CN7 e PCC	2,4322	0,026	8,2381	0,001	883	0,001
CN7 e PNA	2,3219	0,024	10,134	0,001	901	0,001
CN7 e PNC	3,1442	0,001	7,1517	0,001	865	0,001
CN7 e PSA	2,7546	0,015	7,876	0,001	855	0,001
CN7 e PSC	3,3908	0,001	8,5357	0,001	885	0,001
CN7 e PSL	1,6038	0,122	3,981	0,001	849	0,002
CN7 e TC4	1,445	0,155	5,3834	0,001	858	0,001
CN7 e TC7	0,31427	0,77	0,094682	0,946	843	0,952
CN7 e TN4	1,4061	0,169	6,2813	0,001	911	0,001
CN7 e TN7	1,1603	0,269	5,1073	0,001	879	0,001
CN7 e TS4	0,38766	0,716	3,9471	0,001	902	0,002
CN7 e TS7	1,49	0,164	5,5492	0,001	887	0,001
CS7 e PCA	4,9503	0,001	76,84	0,001	937	0,001
CS7 e PCC	1,0276	0,317	46,768	0,001	954	0,001
CS7 e PNA	1,5618	0,148	50,884	0,001	948	0,001
CS7 e PNC	0,97457	0,41	51,662	0,001	925	0,001
CS7 e PSA	0,37465	0,731	48,671	0,001	961	0,001
CS7 e PSC	1,164	0,307	56,334	0,001	950	0,001
CS7 e PSL	5,5352	0,001	4,771	0,001	927	0,001
CS7 e TC4	3,1246	0,005	32,479	0,001	964	0,001
CS7 e TC7	3,5874	0,001	17,233	0,001	956	0,001
CS7 e TN4	2,8642	0,005	10,607	0,001	934	0,001
CS7 e TN7	3,2416	0,001	11,947	0,001	943	0,001
CS7 e TS4	5,4789	0,001	22,554	0,001	969	0,001
CS7 e TS7	3,1832	0,006	12,564	0,001	935	0,001
TC4 e TC7	1,2546	0,243	6,4828	0,001	739	0,001
TC4 e TN4	0,028906	0,974	17,104	0,001	875	0,001
TC4 e TN7	0,32126	0,777	15,147	0,001	864	0,001
TC4 e TS4	2,5056	0,016	0,48808	0,639	691	0,646
TC4 e TS7	0,03207	0,976	16,194	0,001	842	0,001
TC7 e TN4	1,2431	0,232	7,8213	0,001	784	0,001
TC7 e TN7	0,95399	0,343	6,4252	0,001	777	0,001
TC7 e TS4	0,91168	0,338	5,0235	0,001	811	0,001
TC7 e TS7	1,2935	0,222	6,8847	0,001	798	0,001
TN4 e TN7	0,33602	0,749	1,4626	0,153	622	0,15
TN4 e TS4	2,4463	0,017	13,104	0,001	884	0,001
TN4 e TS7	0,001224	1	1,2545	0,215	704	0,239
TN7 e TS4	2,1149	0,047	11,682	0,001	866	0,001
TN7 e TS7	0,35674	0,733	0,30469	0,784	673	0,792
TS4 e TS7	2,568	0,014	12,275	0,001	907	0,001

Legenda: PNA, PNC, PCA, PCC, PSA, PSC e PSL = plataforma norte arenosa, norte carbonática, centro arenosa, centro carbonática, sul arenosa, sul carbonática e sul lamosa, respectivamente. TN4, TN7, TC4, TC7, TS4 e TS7 = talude norte 400m, norte 700m, centro 400m, centro 700m, sul 400m e sul 700m, respectivamente

C. Comparação entre os projetos PMAR- BC e PCR-BC

- **Análises exploratórias bivariadas**

A análise de ordenação NMDS mostrou haver grande correlação na composição elementar da matéria orgânica entre polígonos dos projetos PMAR-BC e PCR-BC (Figura IV.10.3.1.5-3). Os maiores valores da composição elementar no sedimento foram observados nas províncias de talude e cânion de ambos os projetos, com a adição da plataforma lamosa. Em contrapartida, a plataforma carbonática e arenosa, tanto no PMAR-BC, quanto no PCR-BC, apresentou concentrações inferiores (Figura IV.10.3.1.5-3). Essas características ressaltaram a similaridade entre os dois projetos.

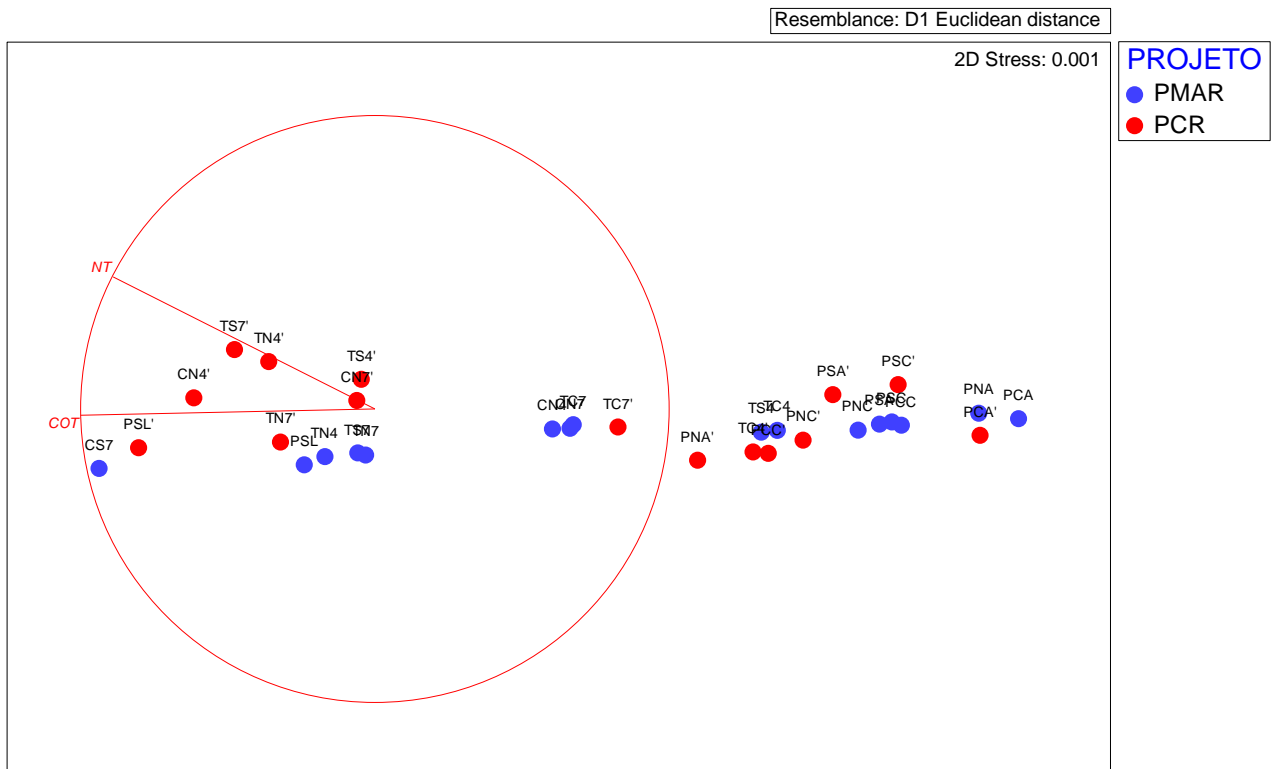


Figura IV.10.3.1.5-3 – NMDS em que os eixos representam as correlações de Pearson das variáveis COT e NT dos polígonos dos projetos PMAR-BC e PCR-BC. As siglas com apóstrofes (') representam os polígonos do PCR-BC.

A análise em componentes principais (PCA) explicou 99,9% da variabilidade dos resultados observados entre os dois projetos (ANEXO [IV.10.7-1] Figura 3).

Através do eixo I (98,0% da variância) tem-se a concentração de COT (autovetor 0,98) como o parâmetro mais influente na variabilidade dos dados obtidos pelos 2 projetos.

- **Análises inferenciais bivariadas**

A partir dos resultados dos testes de inferência PERMDISP e PERMANOVA dos dados de COT e NT (Tabela IV.10.3.1.5-3) das comparações entre os projetos PMAR-BC e PCR-BC, podemos afirmar:

- 1- Na província de **plataforma continental**, diferenças entre projetos (PERMANOVA) foram observadas na fácies arenosas ($p=0,001$ e $p=0,027$ respectivamente; *pair-wise tests*) e carbonáticas ($p=0,029$ e $p=0,005$ respectivamente; *pair-wise tests*) para as áreas norte e centro: essas diferenças foram atribuídas, principalmente, pelas menores concentrações de COT e NT nos sedimentos obtidos durante o PMAR-BC (ver Figura IV.10.3.1.5-3).
- 2- Em relação à província de **talude**, diferenças entre as concentrações de COT e NT entre os projetos ocorreram apenas para as amostras da área sul obtidas a 400 m ($p=0,01$; *pair-wise tests*): essa diferença também foi atribuída às maiores concentrações de COT e NT nos sedimentos do projeto PCR-BC (ver Figura IV.10.3.1.5-3).
- 3- A análise de PERMANOVA apontou diferença entre projetos na composição do sedimento do **cânion** apenas na área norte à 400 m de profundidade ($p=0,001$; *pair-wise tests*): diferença relacionada também às maiores concentrações de COT e NT nos sedimentos obtidos durante o projeto PCR-BC (ver Figura IV.10.3.1.5-3).

Tabela IV.10.3.1.5-3 – PERMDISP e PERMANOVA para os dados do grupo de variáveis COT e NT (bivar) da 1ª Campanha do PMAR-BC. Comparações entre os projetos PMAR-BC e PCR-BC

Polígonos	PERMDISP - PAIRWISE COMPARISONS		PERMANOVA - PAIR-WISE TESTS			
	t	Pperm	t	Pperm	Uniques	PMC
CN4 e CN4'	0,10207	0,943	6,5049	0,001	13	0,001
CN7 e CN7'	1,1637	0,29	1,5173	0,068	13	0,155
PCA e PCA'	4,8052	0,001	2,2579	0,009	414	0,027
PCC e PCC'	0,084626	0,936	3,6545	0,003	447	0,005
PNA e PNA'	3,0494	0,008	4,1275	0,001	135	0,001
PNC e PNC'	0,23791	0,831	2,3668	0,062	80	0,029
PSA e PSA'	9,2282	0,001	0,67103	0,474	121	0,536
PSC e PSC'	0,55555	0,596	1,6635	0,084	136	0,077
PSL e PSL'	2,3697	0,021	1,205	0,263	208	0,266
TC4 e TC4'	4,1469	0,001	0,38454	0,717	766	0,837
TC7 e TC7'	2,6728	0,021	1,3126	0,222	992	0,207
TN4 e TN4'	9,7178	0,001	0,88547	0,38	331	0,35
TN7 e TN7'	1,0042	0,378	1,1283	0,227	337	0,285
TS4 e TS4'	6,0291	0,001	2,8418	0,007	841	0,01
TS7 e TS7'	7,1677	0,001	1,2193	0,208	860	0,232

As siglas com apóstrofes (') representam os polígonos do PCR-BC.

IV.10.3.2 – Fitopigmentos em Sedimentos (Clorofila-a e Feofitina-a)

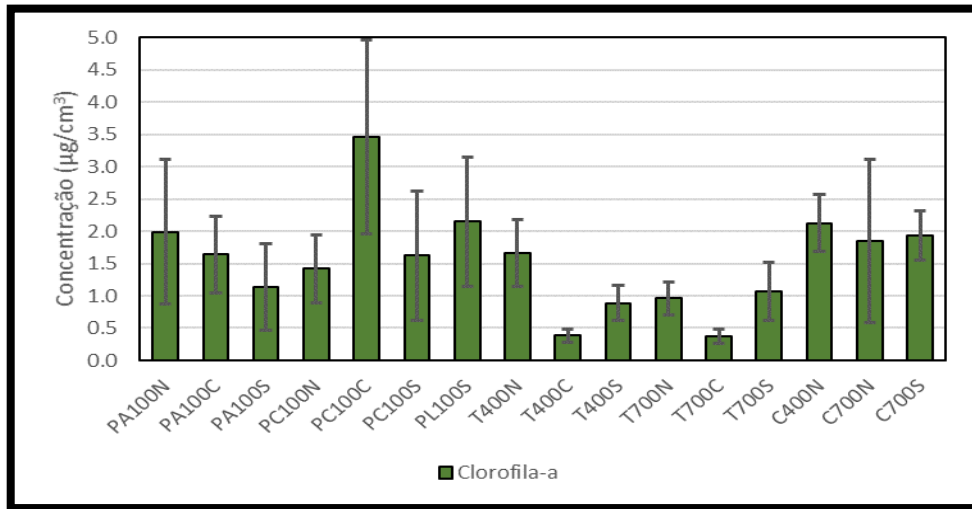
A Tabela IV.10.3.2-1 apresenta uma síntese da estatística descritiva aplicada às concentrações de fitopigmentos obtidos na primeira campanha do PMAR-BC, considerando-se as diferentes províncias (plataforma, talude e cânion), áreas (norte, centro e sul), batimetria (100 m, 400 m e 700 m) e fáceis da plataforma (arenosa, carbonática e lamosa).

As concentrações de clorofila-a variaram entre 0,16 e 5,84 $\mu\text{g}/\text{cm}^3$ e mantiveram-se aquém das concentrações de feofitina-a (variação entre 1,0 e 62,88 $\mu\text{g}/\text{cm}^3$) em todas as províncias analisadas (Tabela IV.10.3.2-1). Durante o PMAR-BC, as concentrações de clorofila-a nos polígonos do talude foram inferiores aos polígonos das fácies da plataforma e cânions (Figura IV.10.3.2-1). De modo geral, com exceção da plataforma lamosa, os polígonos do cânion foram os que apresentaram as maiores concentrações de feofitina-a (Figura IV.10.3.2-2).

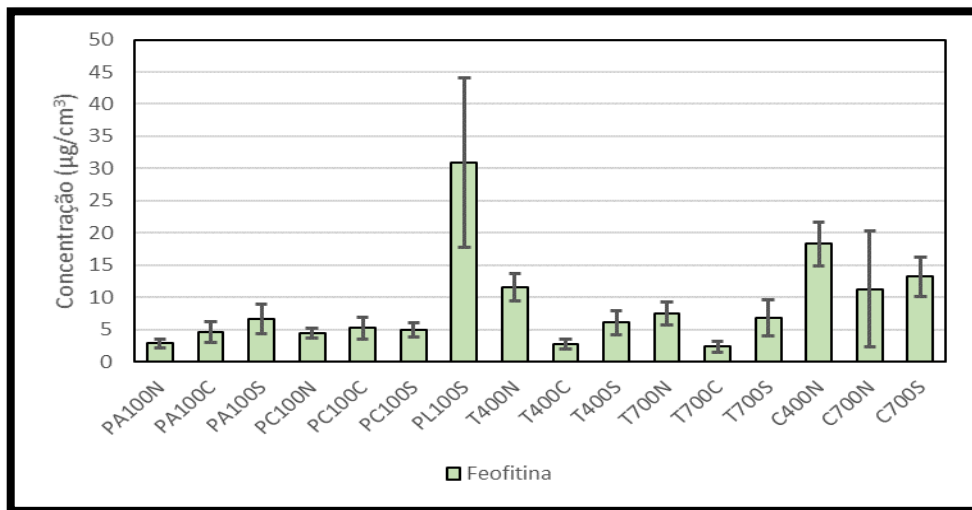
Destacaram-se os valores extremos de clorofila-a e feofitina-a na plataforma lamosa, que alcançou valores acima de 5 e 60 $\mu\text{g}/\text{cm}^3$ respectivamente (Figuras IV.10.3.2-1 e IV.10.3.2-2).

Tabela IV.10.3.2-1 – Tabela resumo da estatística descritiva: média, desvio padrão (DP), mediana, mínimo (Mín) e máximo (Máx) das análises de fitopigmentos (clorofila-a, feofitina-a) em sedimentos na 1ª campanha do PMAR-BC

Parâmetro		PLATAFORMA						TALUDE						CÂNIONS			
		SUL			CENTRO		NORTE		SUL		CENTRO		NORTE		SUL		NORTE
		Arenosa	Carbo- nática	Lamosa	Arenosa	Carbo- nática	Arenosa	Carbo- nática	400m	700m	400m	700m	400m	700m	700m	400m	700m
Clorofila-a ($\mu\text{g}/\text{cm}^3$)	Média	1,14	1,62	2,15	1,64	3,46	1,99	1,42	0,89	1,07	0,38	0,37	1,67	0,96	1,93	2,13	1,85
	DP	0,67	1,00	0,99	0,60	1,51	1,11	0,53	0,27	0,45	0,10	0,11	0,52	0,25	0,38	0,44	1,26
	Mediana	0,91	1,19	2,01	1,47	3,69	1,69	1,26	0,87	1,03	0,37	0,36	1,60	0,94	1,98	2,02	1,33
	Mín	0,33	0,70	0,95	0,64	0,67	0,84	0,74	0,44	0,38	0,23	0,16	0,78	0,49	1,14	1,45	0,52
	Máx	3,01	4,22	5,01	2,58	5,84	5,37	2,53	1,27	1,96	0,71	0,61	3,00	1,52	2,62	3,11	3,74
Feofitina-a ($\mu\text{g}/\text{cm}^3$)	Média	6,68	4,91	30,90	4,58	5,20	2,85	4,48	6,05	6,84	2,76	2,33	11,59	7,48	13,19	18,27	11,29
	DP	2,31	1,15	13,18	1,56	1,73	0,65	0,79	1,92	2,81	0,77	0,88	2,09	1,85	3,09	3,44	8,97
	Mediana	6,70	5,12	29,67	4,73	5,32	2,85	4,28	6,26	6,09	2,53	2,11	11,38	7,52	13,86	18,28	6,75
	Mín	2,82	2,44	16,46	2,63	1,82	1,68	3,47	2,84	2,46	1,36	1,00	7,47	4,50	7,17	12,17	2,43
	Máx	10,49	7,07	62,88	7,97	8,06	3,79	5,92	8,87	12,50	4,88	4,92	16,18	11,99	19,32	25,25	25,23
Razão Cla-a:Feo	Média	0,17	0,34	0,07	0,36	0,67	0,74	0,31	0,15	0,16	0,14	0,16	0,14	0,13	0,15	0,12	0,18
	DP	0,06	0,21	0,01	0,07	0,26	0,43	0,09	0,01	0,01	0,02	0,02	0,03	0,01	0,04	0,01	0,03
	Mediana	0,15	0,25	0,07	0,37	0,59	0,60	0,33	0,15	0,16	0,14	0,17	0,13	0,13	0,14	0,12	0,20
	Mín	0,10	0,13	0,05	0,21	0,20	0,25	0,18	0,12	0,11	0,09	0,12	0,10	0,11	0,11	0,09	0,14
	Máx	0,34	0,85	0,09	0,51	1,09	1,65	0,49	0,16	0,17	0,17	0,20	0,19	0,14	0,25	0,13	0,22

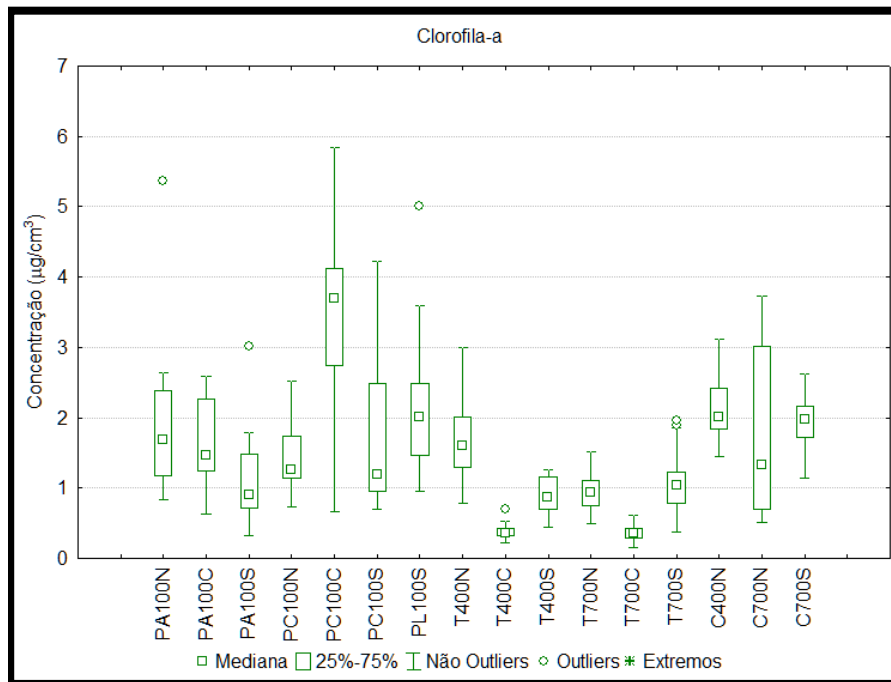


(a)

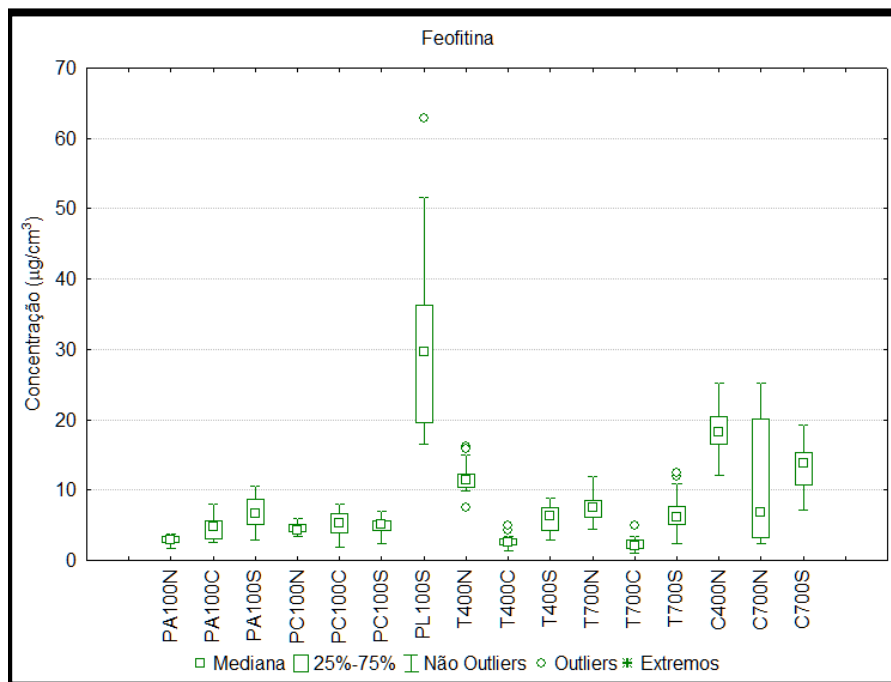


(b)

Figura IV.10.3.2-1 – Concentração ($\mu\text{g}/\text{cm}^3$) de (a) clorofila-a e (b) feofitina-a (média – barras e desvio padrão – linhas) nas províncias do PMAR-BC01. Isóбата de 100 m na plataforma de faciologia arenosa (PA100), carbonática (PC100) e lamosa (PL100), e isóbatas de 400 m e 700 m no talude (T400 e T700) e cânions (C400 e C700), nas áreas (norte - N, centro - C e sul - S). Nota-se as diferenças de escala de concentração.



(a)



(b)

Figura IV.10.3.2-2 – Concentração ($\mu\text{g}/\text{cm}^3$) de (a) clorofila-a e (b) feofitina-a (gráficos do tipo caixa) nas províncias do PMAR-BC01. Isóbata de 100 m na plataforma de faciologia arenosa (PA100), carbonática (PC100) e lamosa (PL100), e isóbatas de 400 m e 700 m no talude (T400 e T700) e cânions (C400 e C700), nas áreas (norte - N, centro - C e sul - S). Nota-se as diferenças de escala de concentração.

IV.10.3.2.1 – Plataforma das áreas Norte, Centro e Sul

Na plataforma continental, as concentrações de clorofila-a mantiveram-se aquém das concentrações de feofitina-a durante as amostragens do PMAR-BC. Foram observados maiores valores e maior variabilidade nas concentrações de feofitina-a na faciologia lamosa área sul (16,46 – 62,88 $\mu\text{g}/\text{cm}^3$), destoando das outras fácies amostradas (Tabela IV.10.3.2-1; Figura IV.10.3.2.1-1).

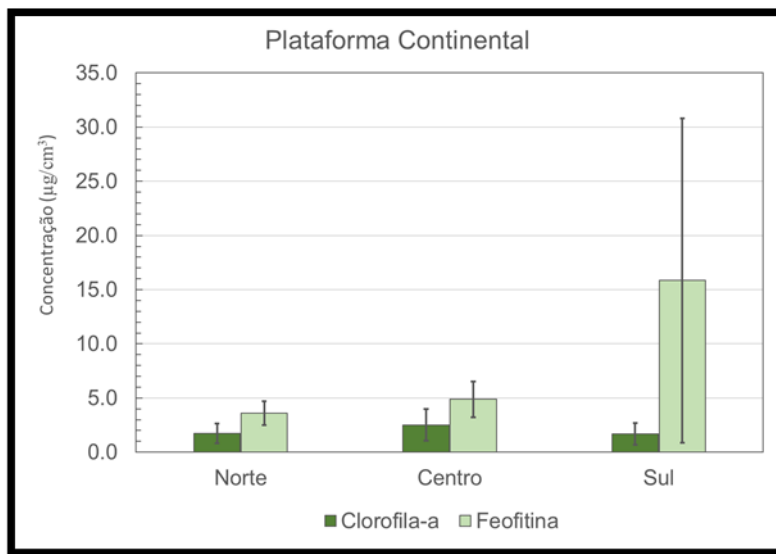
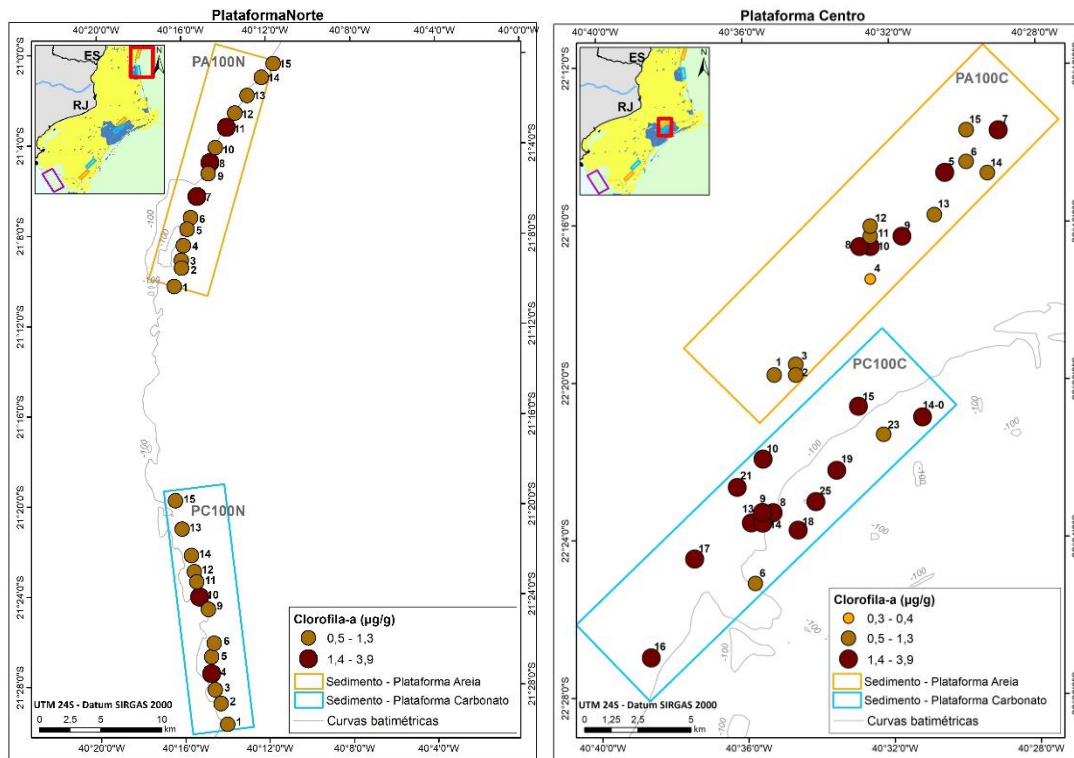


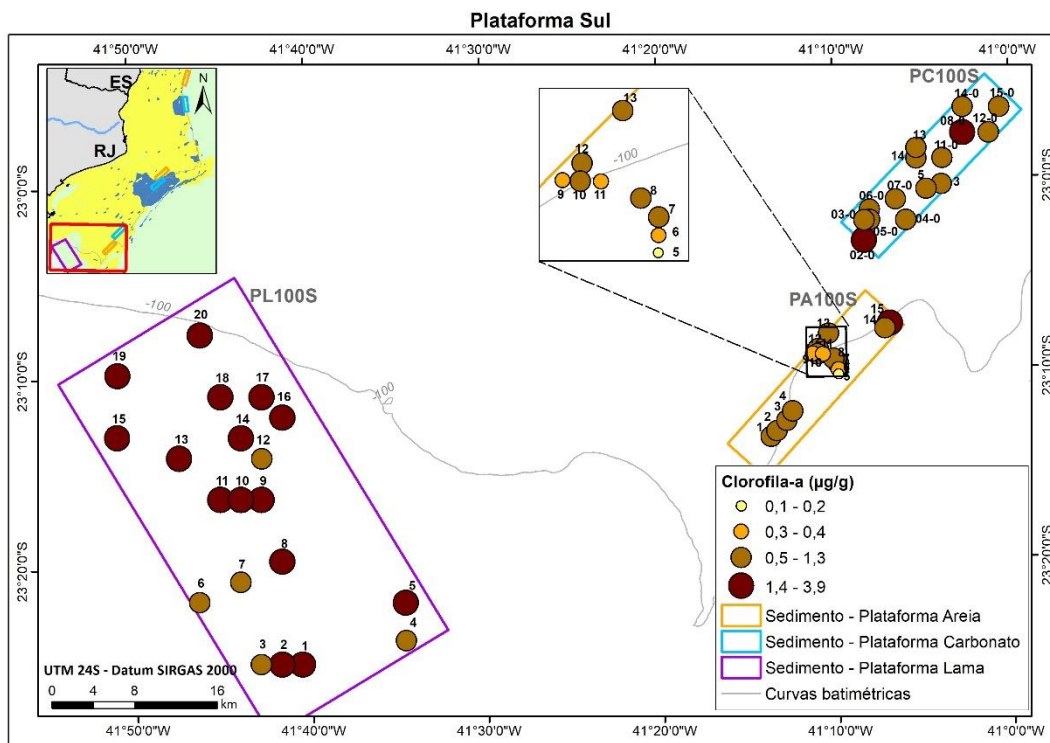
Figura IV.10.3.2.1-1 – Concentração ($\mu\text{g}/\text{cm}^3$) de clorofila-a e feofitina-a (média e desvio-padrão) por área (norte, centro e sul) do grupo de amostras da plataforma do PMAR-BC01.

Os mapas com a distribuição das concentrações de fitopigmentos na plataforma, ressaltaram a similaridade de valores entre a plataforma arenosa e a carbonática na área norte. Enquanto na área central a plataforma carbonática tendeu a valores mais elevados e uma maior heterogeneidade dentro da própria área, a área sul apresentou, em geral, maiores valores que as demais áreas, na qual destacou-se a fácies lamosa com altos teores de feofitina-a (Figuras IV.10.3.2.1-2 a, b, c e IV.10.3.2.1-3 a, b, c).



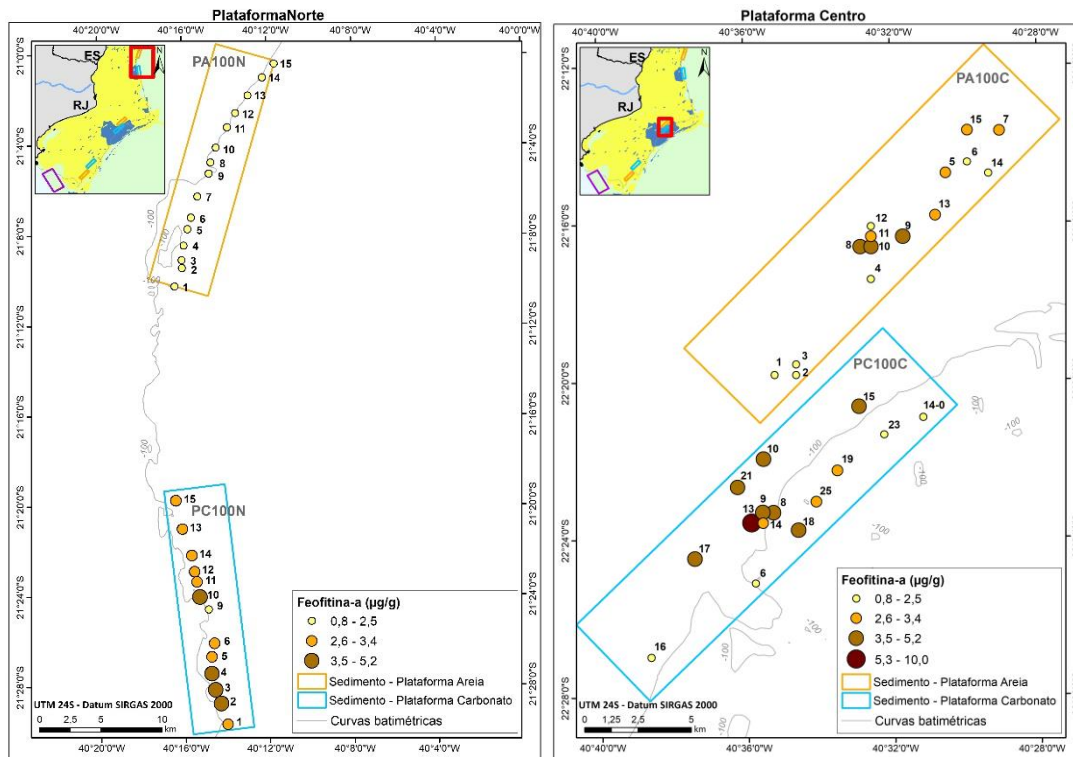
(a)

(b)



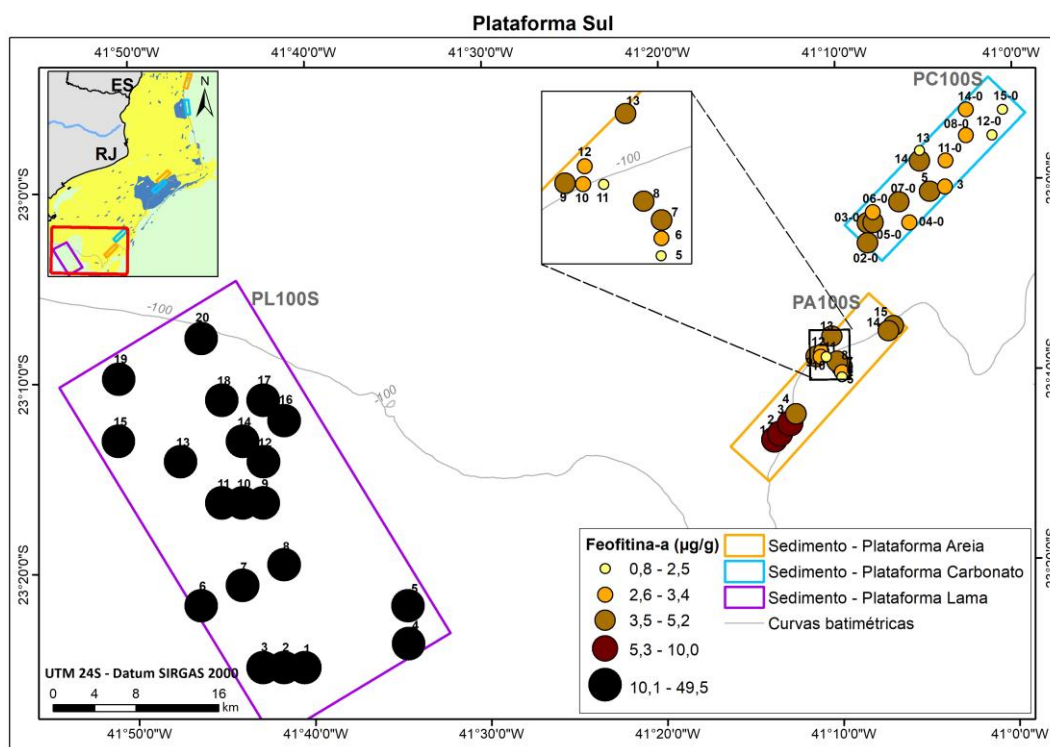
(c)

Figura IV.10.3.2.1-2 – Clorofila-a ($\mu\text{g}/\text{cm}^3$) nas áreas Norte (a), Centro (b) e Sul (c) da Plataforma na 1ª campanha do PMAR-BC.



(a)

(b)



(c)

Figura IV.10.3.2.1-3 – Feofitina-a ($\mu\text{g}/\text{cm}^3$) nas áreas Norte (a), Centro (b) e Sul (c) da Plataforma na 1a campanha do PMAR-BC.

Plataforma Arenosa

Nessa faciologia, os valores obtidos para feofitina-a também permaneceram superiores aos de clorofila-a (Figuras IV.10.3.2-1; IV.10.3.2-2). Especificamente para a feofitina-a, gradativos aumentos nas concentrações foram observados latitudinalmente, no sentido norte-sul (Figura IV.10.3.2.1-3).

Plataforma Carbonática

Em relação às concentrações de clorofila-a, sedimentos da fácies carbonática mostraram maiores valores na área centro em relação às demais áreas amostradas (Tabela IV.10.3.2-1; Figura IV.10.3.2-2). As concentrações de feofitina-a nas três áreas amostradas estiveram próximas à $5 \mu\text{g}/\text{cm}^3$ (Figura IV.10.3.2.1-3).

Plataforma Lamosa

Na fácies lamosa, foram encontradas as maiores concentrações de feofitina-a obtidas na província de plataforma continental. Os valores de clorofila-a variaram entre $0,95$ e $5,01 \mu\text{g}/\text{cm}^3$ (Tabela IV.10.3.2-1; Figura IV.10.3.2-1).

IV.10.3.2.2 – Talude nas áreas Norte, Centro e Sul

Nessa província, as concentrações de feofitina-a chamaram a atenção por apresentarem grandes variabilidades nas áreas norte e sul (Figuras IV.10.3.2.2-1 e IV.10.3.2-2). Para este fitopigmento, os maiores valores foram registrados na área norte, enquanto as menores concentrações foram observadas na área centro. As concentrações de clorofila-a apresentaram valores abaixo de $2 \mu\text{g}/\text{cm}^3$ (Figuras IV.10.3.2.2-1 e IV.10.3.2-2).

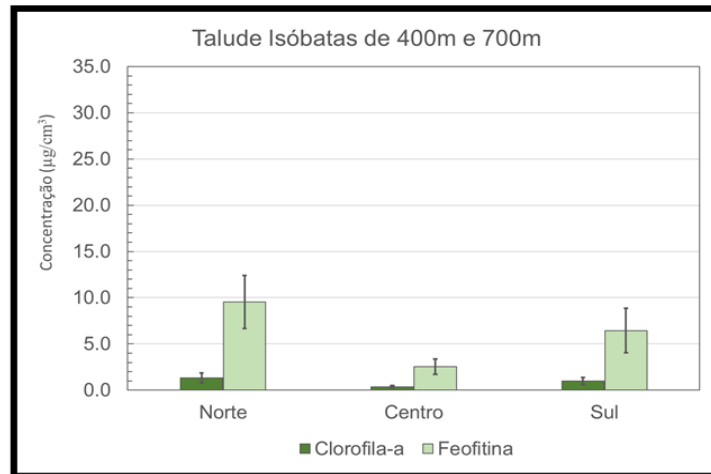


Figura IV.10.3.2.2-1 – Concentração ($\mu\text{g}/\text{cm}^3$) de clorofila-a e feofitina-a (média e desvio-padrão) por área (norte, centro e sul) do grupo de amostras do **Talude**, isóbatas de 400 m e 700 m, do PMAR-BC01.

Os mapas de distribuição das concentrações de clorofila-a e feofitina-a no talude mostraram maior homogeneidade entre as isóbatas na área centro. Em contrapartida, as áreas norte e sul apresentaram as maiores concentrações de fitopigmentos com distinções entre as batimetrias (Figuras IV.10.3.2.2-2 a, b, c e IV.10.3.2.2-3 a, b, c).

Talude - isóбата de 400 m

Na profundidade de 400 metros, uma avaliação da distribuição da clorofila-a entre as áreas mostrou que as concentrações médias no PMAR-BC estiveram abaixo de $1,67 \mu\text{g}/\text{cm}^3$, com os maiores valores sendo registrados na área norte. As concentrações de feofitina-a também apresentaram os maiores valores nas áreas norte ($11,6 \mu\text{g}/\text{cm}^3$), seguida da área sul ($6 \mu\text{g}/\text{cm}^3$), Figuras IV.10.3.2-1; IV.10.3.2-2.

Talude - isóбата de 700 m

Padrões similares de distribuição dos fitopigmentos encontrados para a isóбата de 400 m ocorreram à 700 m (Figuras IV.10.3.2-1; IV.10.3.2-2). As concentrações de clorofila-a também estiveram abaixo de $2 \mu\text{g}/\text{cm}^3$. As áreas norte ($7,5 \mu\text{g}/\text{cm}^3$) e sul ($6,8 \mu\text{g}/\text{cm}^3$) também apresentaram maiores valores de feofitina-a.

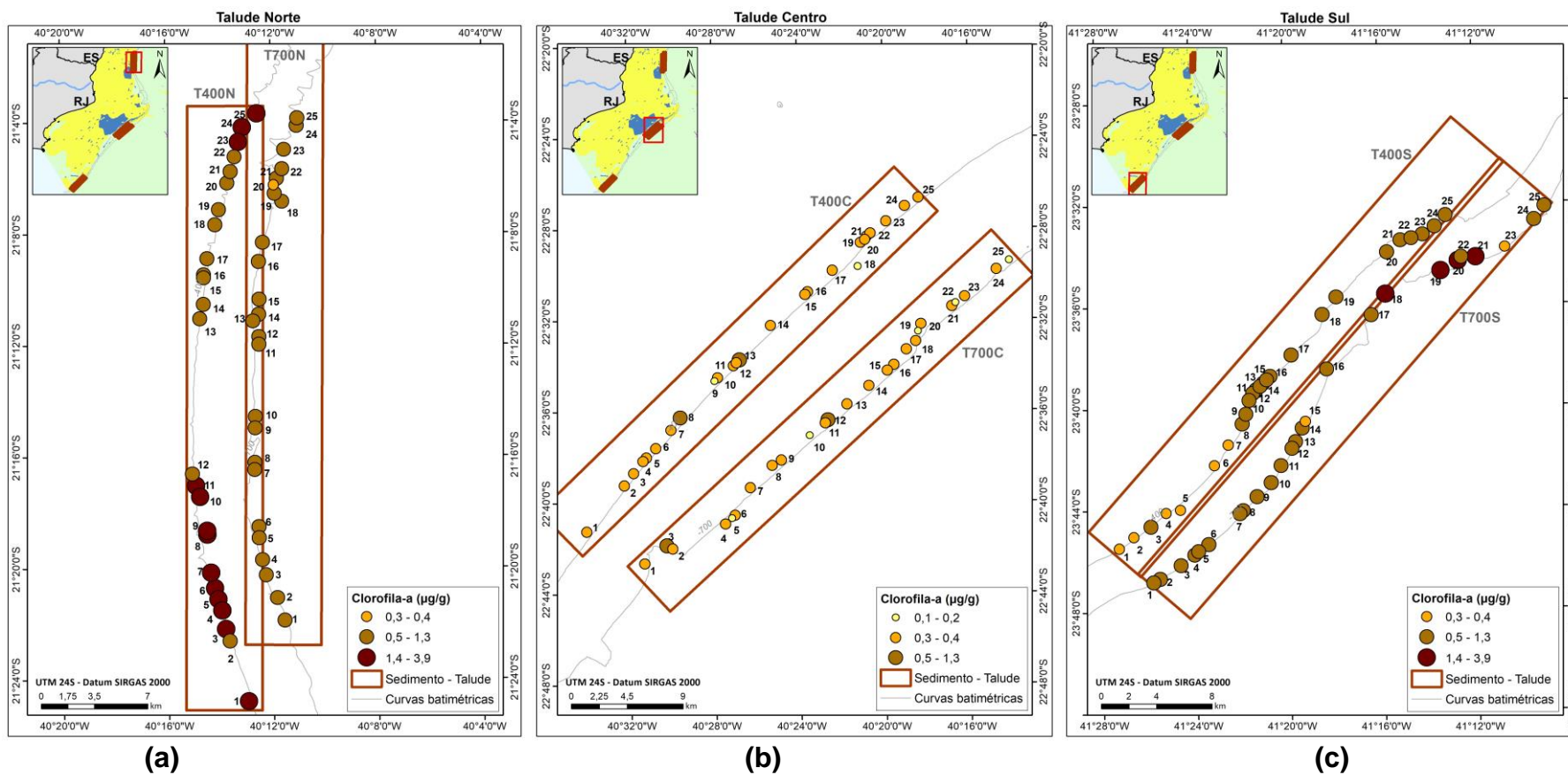


Figura IV.10.3.2.2-2 – Clorofila-a ($\mu\text{g}/\text{cm}^3$) nas áreas Norte (a), Centro (b) e Sul (c) do Talude na 1ª campanha do PMAR-BC.

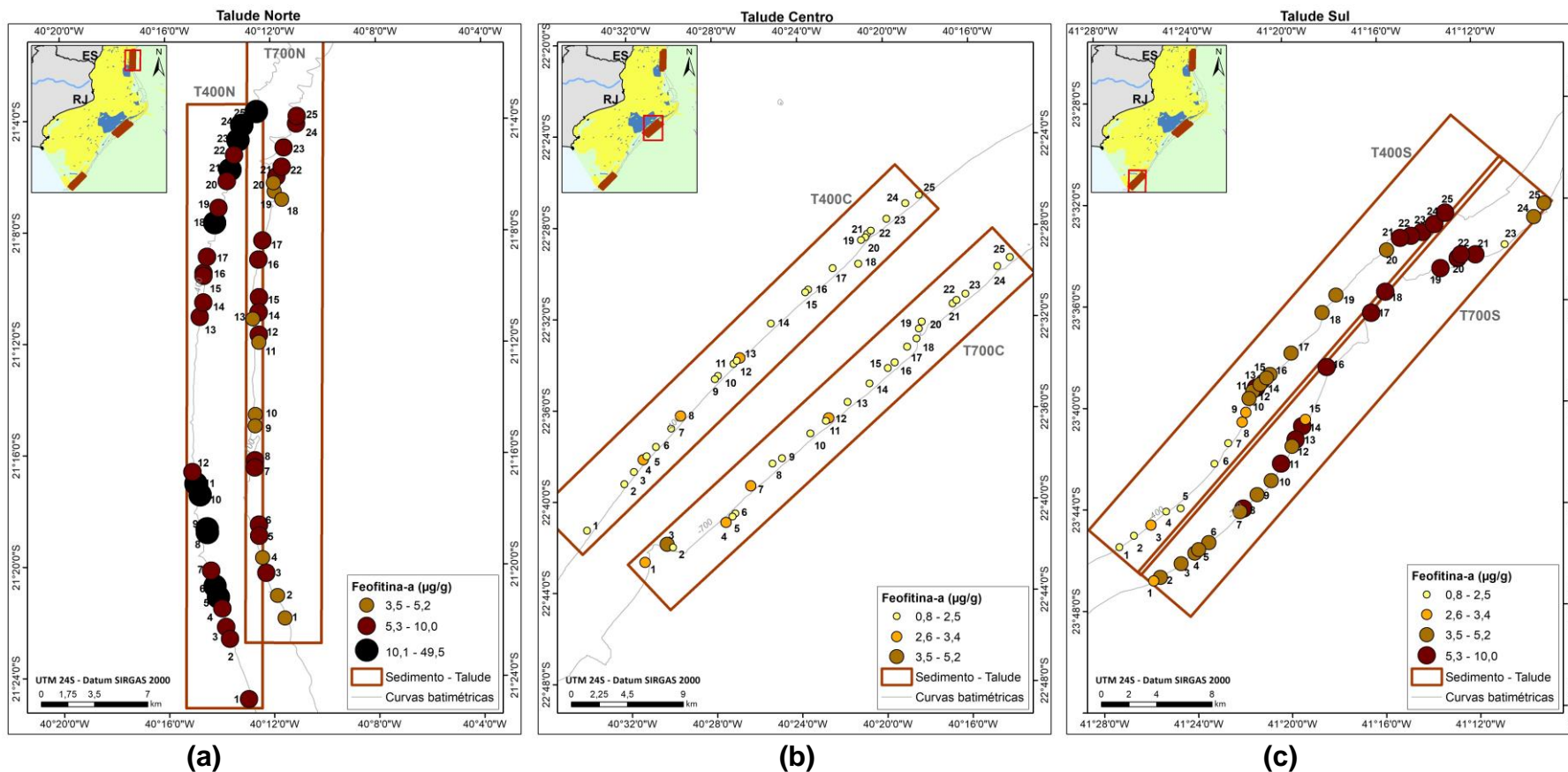


Figura IV.10.3.2.2-3 – Feofitina-a ($\mu\text{g}/\text{cm}^3$) nas áreas Norte (a), Centro (b) e Sul (c) do Talude na 1ª campanha do PMAR-BC.

IV.10.3.2.3 – Cânions das áreas Norte e Sul

Dentre as províncias de borda da plataforma continental, os cânions foram as que apresentaram os maiores valores nas concentrações de fitopigmentos sedimentares (Tabela IV.10.3.2-1; Figuras IV.10.3.2.3-1 e IV.10.3.2-2). As concentrações de clorofila-a apresentaram pouca variabilidade, com valores próximos à $2 \mu\text{g}/\text{cm}^3$, enquanto feofitina-a apresentou variabilidade, com valores elevados nas duas áreas amostradas.

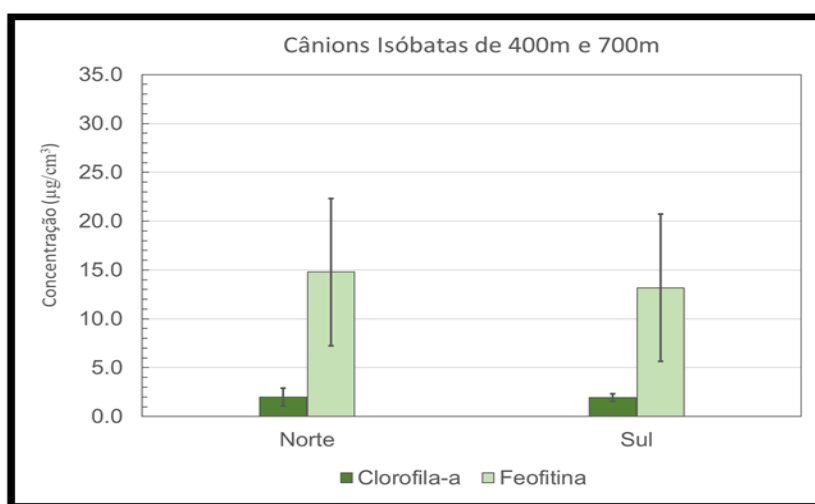


Figura IV.10.3.2.3-1 – Concentração ($\mu\text{g}/\text{cm}^3$) de clorofila-a e feofitina-a (média e desvio-padrão) por área (norte e sul) do grupo de amostras dos **Cânions**, isóbatas de 400 m e 700 m, do PMAR-BC01.

Os mapas de distribuição das concentrações de fitopigmentos nos cânions norte e sul estão apresentados nas Figuras IV.10.3.2.3-2 a, b e IV.10.3.2.3-3 a, b e mostraram o mesmo padrão de distribuição para a clorofila-a e para a feofitina-a. No Cânion Almirante Câmara, na isóbata de 400 m, poucas variações na concentração foram notadas, enquanto a de 700 m houve variação nas concentrações ao longo da isóbata. No Cânion Sul/Sudeste, a distribuição dos fitopigmentos foi mais homogênea, com uma discreta variabilidade para as concentrações de feofitina-a.

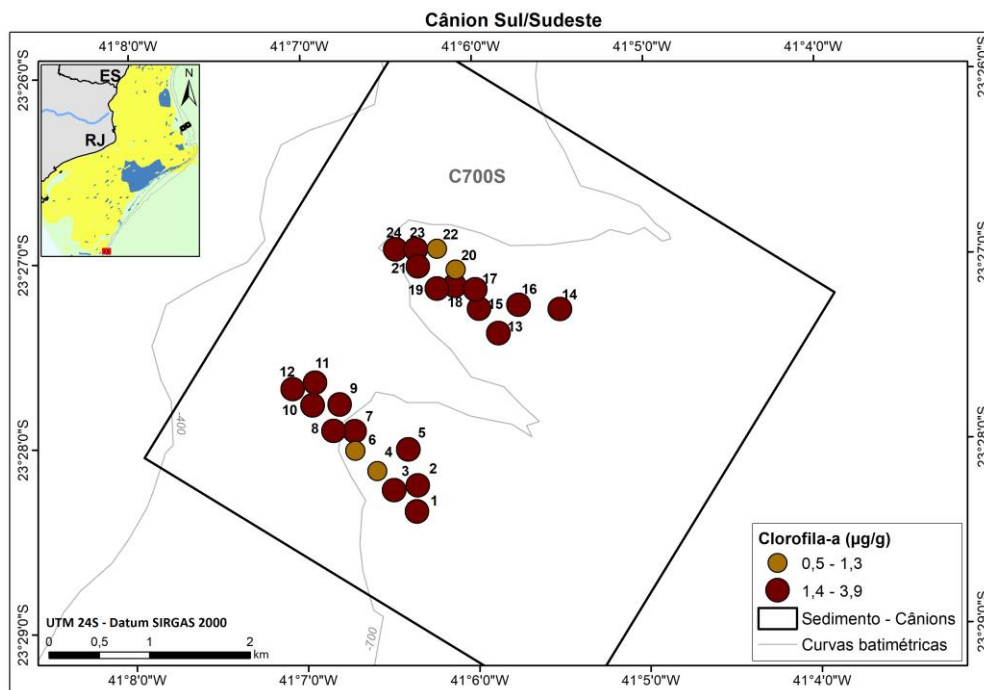
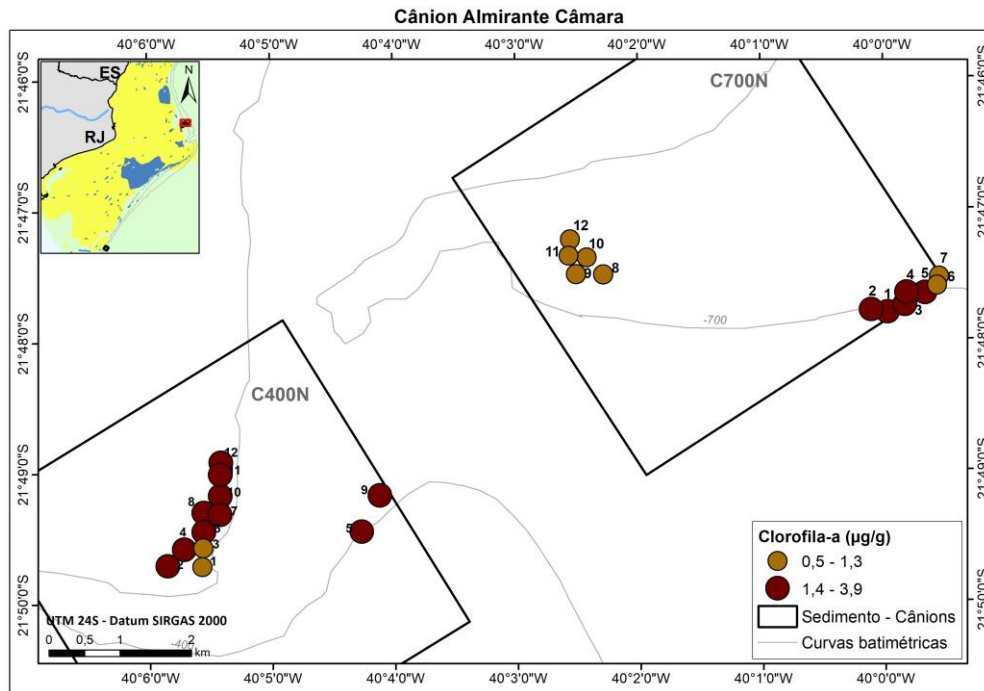


Figura IV.10.3.2.3-2 – Clorofila-a ($\mu\text{g}/\text{cm}^3$) nas áreas Norte (a) e Sul (b) do **Cânion na 1ª campanha do PMAR-BC.**

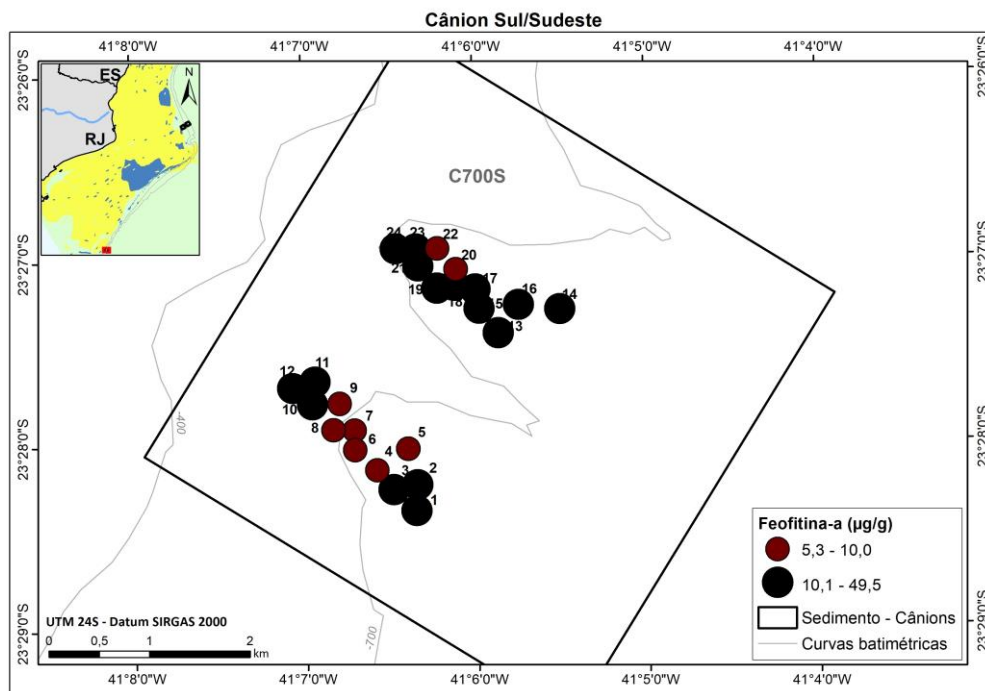
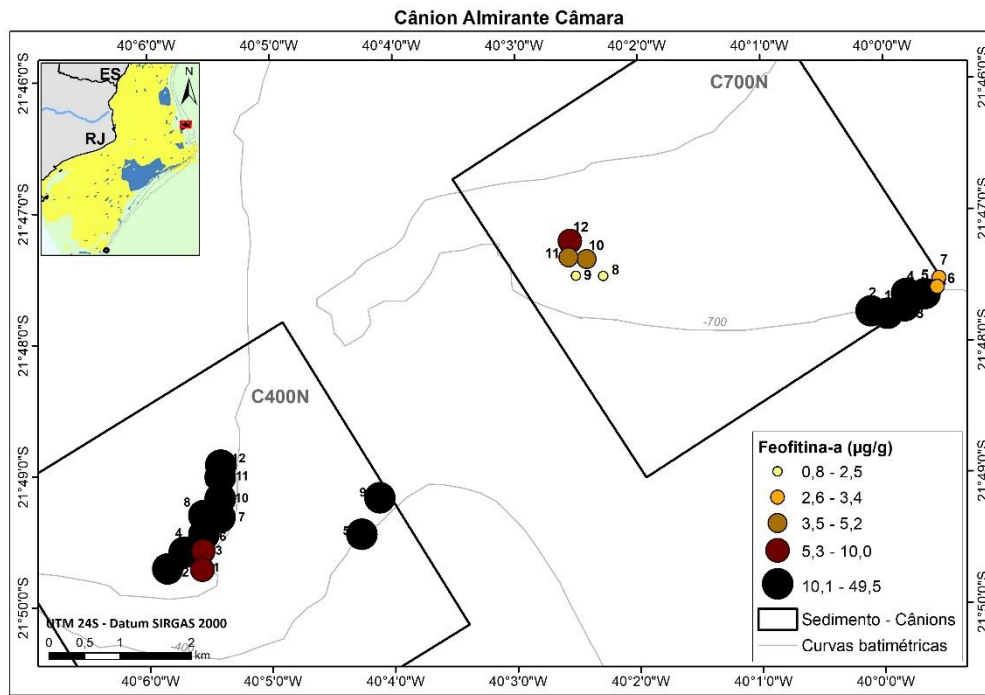


Figura IV.10.3.2.3-3 – Feofitina-a ($\mu\text{g}/\text{cm}^3$) nas áreas Norte (a) e Sul (b) do Cânion na 1ª campanha do PMAR-BC.

Cânion - isóbata de 400 m

Nesta isóbata as concentrações médias de clorofila-a e feofitina-a foram 2,13 e 18,27 $\mu\text{g}/\text{cm}^3$, respectivamente (Figuras IV.10.3.2.3-2 e IV.10.3.2.3-3). Destacou-se as concentrações e amplitudes mais elevadas de feofitina-a desta província durante o PMAR-BC (Figuras IV.10.3.2-1; IV.10.3.2-2).

Cânions - isóbata de 700 m

Tanto a área sul, quanto a área norte apresentaram o mesmo perfil de variação nas concentrações de fitopigmentos (Figuras IV.10.3.2.3-2 e IV.10.3.2.3-3). A concentração média de feofitina-a na área sul (13 $\mu\text{g}/\text{cm}^3$) foi superior à concentração da área norte (11 $\mu\text{g}/\text{cm}^3$). As concentrações de clorofila-a para ambas as áreas estiveram próximas à 2 $\mu\text{g}/\text{cm}^3$ (Figuras IV.10.3.2-1; IV.10.3.2-2).

IV.10.3.2.4 – Razão Clorofila-a:Feofitina-a

Os valores médios das razões entre os fitopigmentos demonstraram a heterogeneidade entre as estações da plataforma continental e maior homogeneidade entre as estações do talude e cânion (Tabela IV.10.3.2-1; Figura IV.10.3.2.4-1). Na plataforma continental o valor mediano ficou próximo à 0,35, enquanto no talude e cânion os valores medianos estiveram abaixo de 0,2 (Figura IV.10.3.2.4-1).

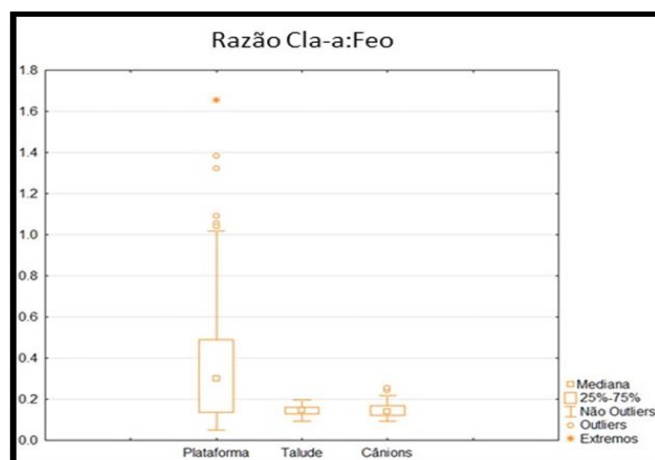


Figura IV.10.3.2.4-1 – Razão clorofila-a:feofitina-a no PMAR-BC01.

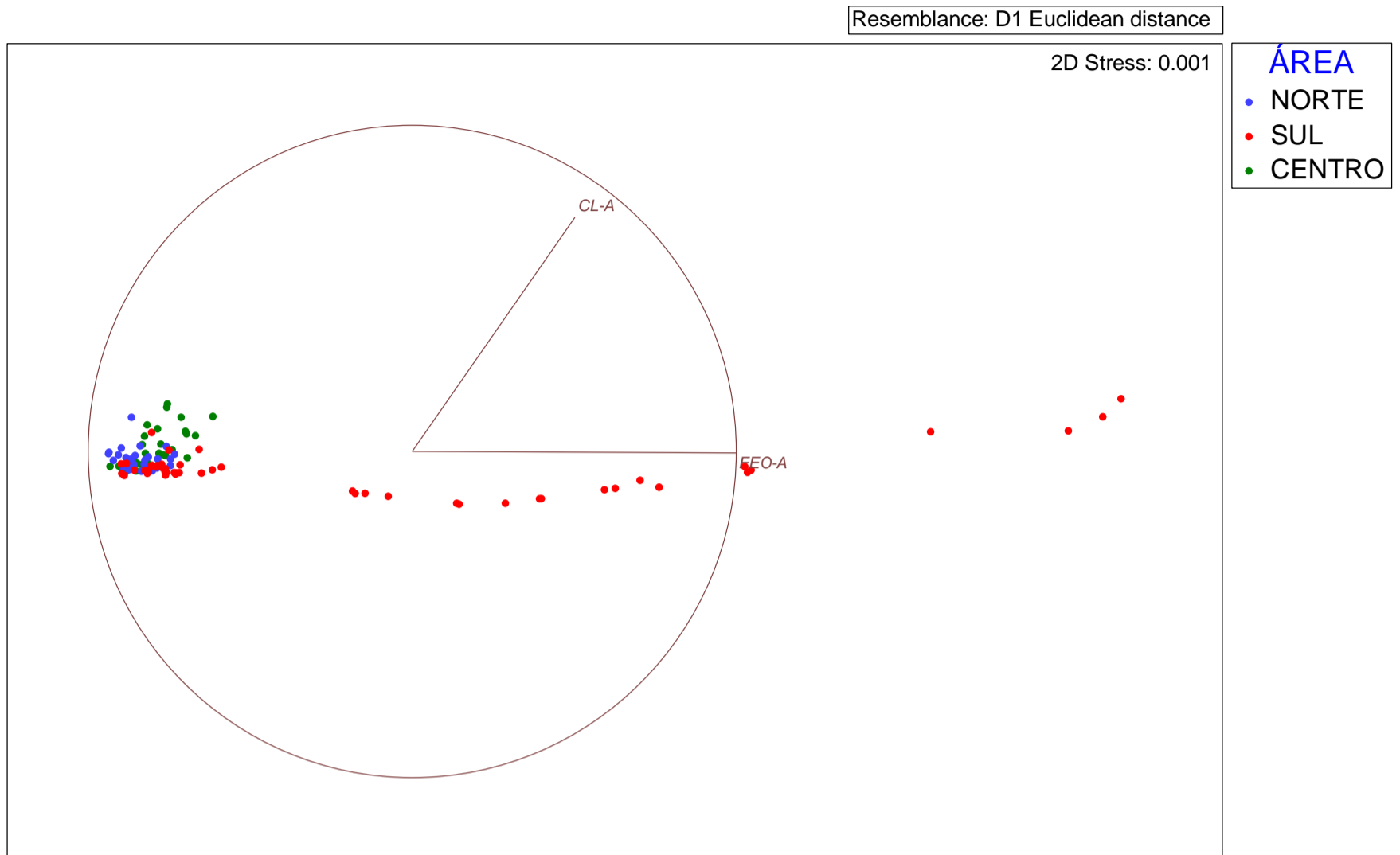
IV.10.3.2.5 – Análises estatísticas bivariadas com base nos resultados de fitopigmentos no sedimento

Neste item são apresentados os resultados das análises estatísticas bivariadas dos dados de clorofila-a e feofitina-a: análises exploratórias – para avaliação das principais tendências observadas nos grupos de dados, e análises inferenciais – baseadas na interpretação dos testes PERMDISP e PERMANOVA. Estas duas classes de análise estão descritas no Capítulo III, item III.3.3 – MÉTODOS DE TRATAMENTO DE DADOS. Tendo em vista a alta especificidade das comparações apresentadas nas hipóteses nulas, nestas análises de permutação foi adotado um único desenho experimental simples, comparando os polígonos da malha amostral. Cada polígono representa uma combinação distinta dos fatores projeto, província, área, fácies e isóbata. Desta forma, a Tabela IV.10.3.2.5-1 mostra os resultados PERMDISP e PERMANOVA para o grupo de variáveis de fitopigmentos, clorofila-a e feofitina-a.

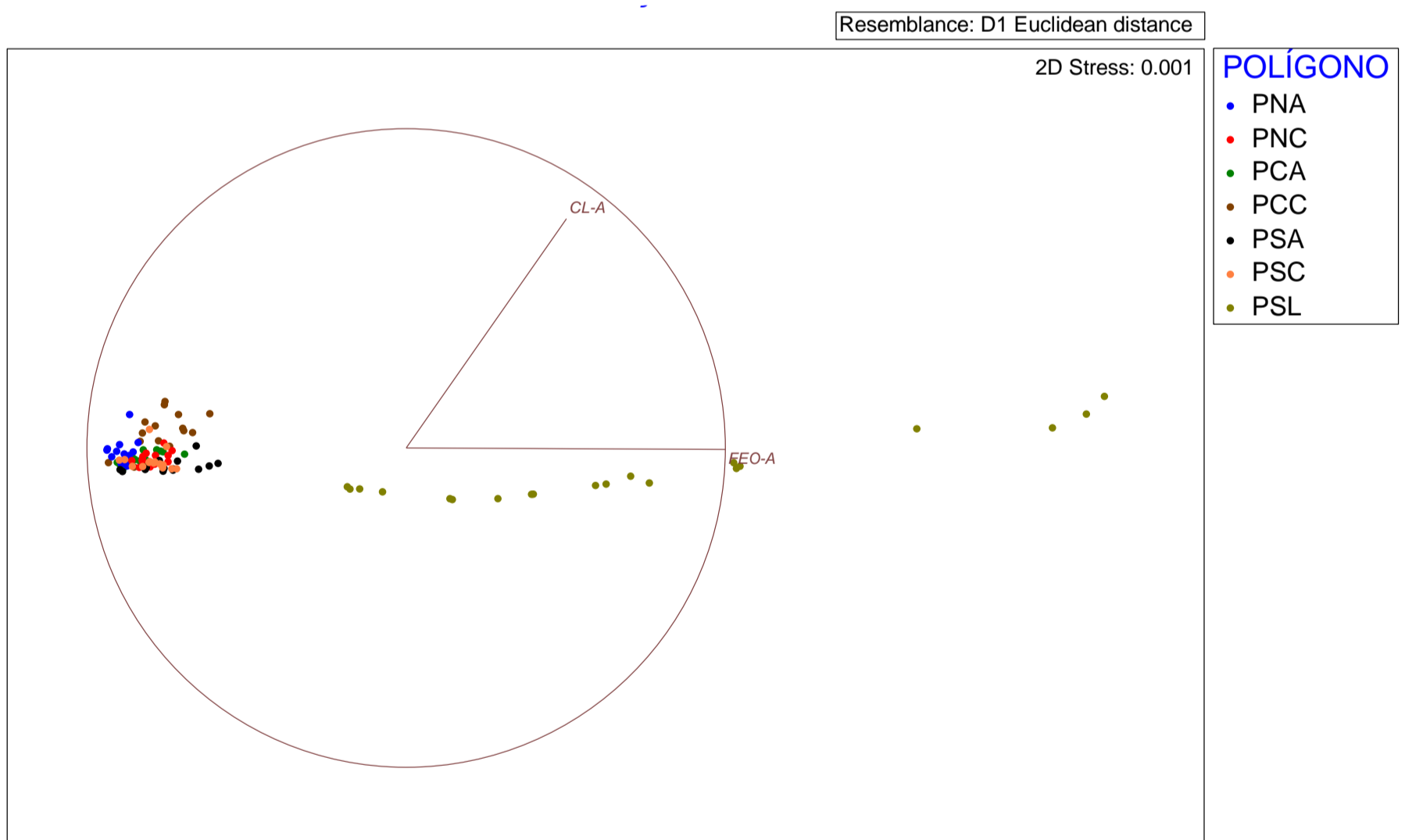
A. Plataforma Continental

- ***Análises exploratórias bivariadas: Comparações entre as faciologias da Plataforma das três áreas da Bacia de Campos***

Com exceção dos sedimentos obtidos na plataforma lamosa da área sul, que apresentaram os valores mais elevados de fitopigmentos, percebe-se que houve uma relativa homogeneidade desses compostos, independente da área ou província amostrada (Figura IV.10.3.2.5-1 a, b). A análise em componentes principais (PCA) explicou 100% da variabilidade dos resultados observados na plataforma continental (ANEXO [IV.10.7-1] Figura 4). Através do eixo I (99,5% da variância) tem-se a concentração de feofitina-a (autovetor 0,99) como o parâmetro mais influente na variabilidade dos dados amostrados (ANEXO [IV.10.7-1] Figura 4).



(a)



(b)

Figura IV.10.3.2.5-1 – NMDS em que os eixos representam as correlações de Pearson das variáveis clorofila-a (CL-A) e feofitina-a (FEO-A) entre (a) áreas Norte, Centro e Sul e (b) polígonos da Plataforma do PMAR-BC. A saber: PNA, PNC, PCA, PCC, PSA, PSC e PSL = plataforma norte arenosa, norte carbonática, centro arenosa, centro carbonática, sul arenosa, sul carbonática e sul lamosa, respectivamente.

- **Análises inferenciais bivariadas: Comparações entre as faciologias da Plataforma das três áreas da Bacia de Campos**

A partir dos resultados dos testes de inferência PERMDISP e PERMANOVA do grupo de dados de fitopigmentos no sedimento (Tabela IV.10.3.2.5-1), podemos afirmar, com base nas hipóteses nulas, além de outros objetivos definidos no PMAR-BC:

- 1- Para a **plataforma arenosa**, os testes pareados (PERMANOVA) entre os polígonos amostrais revelaram a existência de diferenças estatísticas nas concentrações de fitopigmentos dos sedimentos entre todas as áreas amostradas ($p < 0,004$; *pair-wise tests*): essa diferença entre áreas foi atribuída, principalmente, às maiores concentrações de feofitina-a na área sul e as menores na área norte (ver Figura IV.10.3.2.5-1b).
- 2- Na **plataforma carbonática** os testes pareados (PERMANOVA) mostraram que as concentrações de fitopigmentos nos sedimentos da área centro diferiram das concentrações das áreas norte e sul ($p = 0,004$ e $p = 0,001$ respectivamente; *pair-wise tests*). Não foi reportada a diferença nas concentrações de fitopigmentos entre os sedimentos da área norte e sul ($p = 0,845$; *pair-wise tests*): os sedimentos da área centro foram caracterizados por apresentarem as menores concentrações nessa fácies (ver Figura IV.10.3.2.5-1b).
- 3- Os testes pareados (PERMANOVA) revelaram que a **plataforma lamosa** apresentaram concentrações de fitopigmentos diferentes dos demais polígonos de plataforma, independentemente da área ou classificação faciológica ($p = 0,001$; *pair-wise tests*). A plataforma lamosa também diferiu dos demais polígonos amostrais do PMAR-BC: essa diferença foi ocasionada pelas maiores concentrações de feofitina-a nessa fácies em relação à todos os demais polígonos do PMAR-BC (ver Figura IV.10.3.2.5-1b).
- 4- Na comparação entre as **faciologias da plataforma**, os testes pareados (PERMANOVA) dos polígonos evidenciaram que houve diferenças

significativas nas concentrações de fitopigmentos entre as fácies lamosa, arenosas e carbonáticas nas três áreas norte, centro e sul ($p < 0,005$; *pair-wise tests*): nesse caso, as diferenças entre as áreas amostradas das faciologias da plataforma foram prioritariamente atribuídas aos maiores valores de fitopigmentos obtidos na fácies lamosa, localizada na área sul (ver Figura IV.10.3.2.5-1b).

Tabela IV.10.3.2.5-1 – PERMDISP e PERMANOVA para os dados do grupo de variáveis de clorofila-a e feofitina-a (bivar) da 1ª Campanha do PMAR-BC. Comparações entre os polígonos da plataforma

Polígonos	PERMDISP - PAIRWISE COMPARISONS		PERMANOVA - PAIR-WISE TESTS			
	t	Pperm	t	Pperm	Uniques	PMC
PNA e PNC	0,088796	0,957	5,307	0,001	996	0,001
PNA e PSA	2,4182	0,026	5,3932	0,001	993	0,001
PNA e PSC	0,88622	0,478	4,754	0,001	980	0,001
PNA e PSL	4,8394	0,001	8,1606	0,001	997	0,001
PNA e TC4	1,2825	0,303	4,2186	0,001	992	0,001
PNA e TC7	0,5027	0,626	3,6234	0,001	989	0,001
PNA e TN4	3,0104	0,005	14,183	0,001	999	0,001
PNA e TN7	2,9863	0,006	10,42	0,001	998	0,001
PNA e TS4	3,5828	0,004	5,9468	0,001	998	0,001
PNA e TS7	3,3952	0,009	6,4474	0,001	997	0,001
PNC e PSA	2,343	0,029	1,8903	0,051	997	0,056
PNC e PSC	0,86217	0,416	0,40859	0,848	997	0,845
PNC e PSL	4,4942	0,002	7,1457	0,001	998	0,001
PNC e TC4	1,4541	0,222	6,0929	0,001	995	0,001
PNC e TC7	0,6135	0,581	5,9529	0,001	998	0,001
PNC e TN4	2,8128	0,01	10,905	0,001	999	0,001
PNC e TN7	2,836	0,003	6,6003	0,001	999	0,001
PNC e TS4	3,4678	0,003	2,2815	0,027	994	0,039
PNC e TS7	3,1763	0,009	3,7434	0,001	998	0,003
PCA e PCC	2,4664	0,019	3,5329	0,001	996	0,002
PCA e PNA	0,8998	0,434	3,1029	0,001	982	0,004
PCA e PNC	0,87744	0,456	1,6226	0,103	995	0,117
PCA e PSA	1,666	0,115	2,9439	0,009	994	0,004
PCA e PSC	0,008118	0,995	1,4953	0,127	986	0,124
PCA e PSL	4,7515	0,001	7,8485	0,001	997	0,001
PCA e TC4	2,2052	0,065	3,6689	0,002	980	0,001
PCA e TC7	1,4621	0,18	3,7299	0,001	995	0,001
PCA e TN4	2,5255	0,014	12,299	0,001	999	0,001
PCA e TN7	2,2296	0,033	7,9168	0,001	996	0,001
PCA e TS4	2,624	0,012	3,447	0,003	997	0,001
PCA e TS7	2,9064	0,023	4,7686	0,001	995	0,001
PCC e PNA	3,3546	0,001	4,9	0,001	996	0,001
PCC e PNC	3,3083	0,001	3,0023	0,001	996	0,004
PCC e PSA	0,54578	0,555	3,1384	0,002	995	0,001
PCC e PSC	2,4663	0,027	3,2692	0,001	994	0,001
PCC e PSL	4,4297	0,001	7,5329	0,001	997	0,001
PCC e TC4	5,022	0,001	7,3539	0,001	997	0,001
PCC e TC7	4,331	0,001	7,2695	0,001	997	0,001
PCC e TN4	0,87148	0,401	10,04	0,001	997	0,001
PCC e TN7	0,16052	0,858	6,0502	0,001	996	0,001
PCC e TS4	0,21212	0,843	3,7592	0,001	994	0,001
PCC e TS7	1,2448	0,276	3,8354	0,001	999	0,001

Polígonos	PERMDISP - PAIRWISE COMPARISONS		PERMANOVA - PAIR-WISE TESTS			
	t	Pperm	t	Pperm	Uniques	PMC
PSA e PSC	1,6682	0,131	1,798	0,065	988	0,073
PSA e PSL	4,5098	0,001	7,4071	0,001	998	0,001
PSA e TC4	3,8445	0,003	5,9207	0,001	999	0,001
PSA e TC7	3,2439	0,003	6,0526	0,001	997	0,001
PSA e TN4	1,2676	0,231	9,4538	0,001	999	0,001
PSA e TN7	0,42099	0,651	4,465	0,001	997	0,001
PSA e TS4	0,45431	0,676	0,30289	0,777	994	0,776
PSA e TS7	1,6325	0,179	2,4981	0,021	999	0,023
PSC e PSL	4,7522	0,001	7,684	0,001	999	0,001
PSC e TC4	2,1855	0,041	5,167	0,001	995	0,001
PSC e TC7	1,4466	0,143	5,2358	0,001	993	0,001
PSC e TN4	2,5281	0,012	11,433	0,001	996	0,001
PSC e TN7	2,2327	0,025	6,7611	0,001	998	0,001
PSC e TS4	2,626	0,017	2,2344	0,029	997	0,032
PSC e TS7	2,9087	0,009	3,9309	0,001	999	0,001
PSL e TC4	6,4042	0,001	10,48	0,001	996	0,001
PSL e TC7	6,3319	0,001	10,528	0,001	999	0,001
PSL e TN4	5,4351	0,001	7,0625	0,001	994	0,001
PSL e TN7	5,7597	0,001	8,6512	0,001	997	0,001
PSL e TS4	5,782	0,001	9,5394	0,001	996	0,001
PSL e TS7	5,3368	0,001	8,8012	0,001	996	0,001

Legenda: PNA, PNC, PCA, PCC, PSA, PSC e PSL = plataforma norte arenosa, norte carbonática, centro arenosa, centro carbonática, sul arenosa, sul carbonática e sul lamosa, respectivamente. TN4, TN7, TC4, TC7, TS4 e TS7 = talude norte 400m, norte 700m, centro 400m, centro 700m, sul 400m e sul 700m, respectivamente.

B. Talude e Cânions

- **Análises exploratórias multivariadas: Comparações entre as isóbatas de 400 m e 700 m do Talude e Cânions das três áreas da Bacia de Campos**

A análise de NMDS mostrou valores heterogêneos que indicaram distinções entre áreas, províncias e polígonos (Figura IV.10.3.2.5-2 a, b). Verificou-se que as maiores concentrações de fitopigmentos estiveram associadas à província de cânion da área norte (Cânion Almirante Câmara). Em ambas as batimetrias deste cânion também pôde-se observar variações entre as concentrações de fitopigmentos (Figura IV.10.3.2.5-2 c). Em contraposição, a província de talude, especificamente na área centro à 400 m, agrupou os pontos amostrais com menores concentrações (Figura IV.10.3.2.5-2 c).

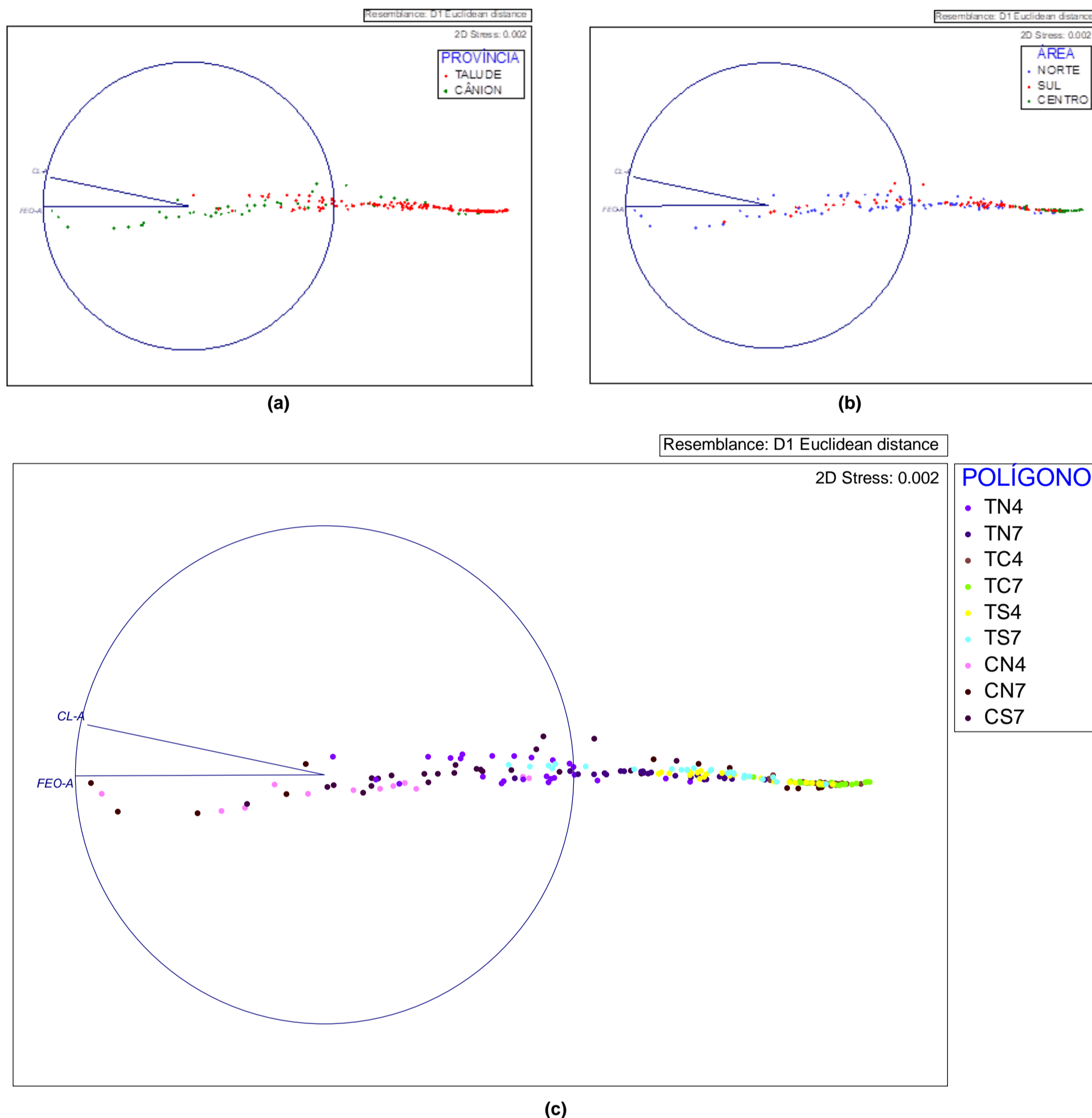


Figura IV.10.3.2.5-2 – NMDS em que os eixos representam as correlações de Pearson das variáveis clorofila-a (CL-A) e feofitina-a (FEO-A) entre (a) as áreas Norte, Centro e Sul, (b) as províncias Talude e Cãnion e (c) os polígonos do Talude e Cãnions do PMAR-BC. A saber: TN4, TN7, TC4, TC7, TS4 e TS7 / CN4, CN7 e CS7 = talude norte 400m, norte 700m, centro 400m, centro 700m, sul 400m e sul 700m / cãnion norte 400m, norte 700m e sul 700m, respectivamente.

A PCA balizada nas concentrações de fitopigmentos explicou 100% das variâncias dos dados obtidos. Pelo eixo 1 (99,8% de variância), a feofitina-a (autovetor 0,99) foi o parâmetro mais preponderante na explicação da variabilidade amostral nessas províncias (ANEXO IV.10.7-1] Figura 5).

- **Análises inferenciais multivariadas: Comparações entre as isóbatas de 400 m e 700 m do talude e cânions das três áreas da Bacia de Campos**

A partir dos resultados dos testes de inferência PERMDISP e PERMANOVA do grupo de dados de fitopigmentos no sedimento (Tabela IV.10.3.2.5-2), podemos afirmar, com base nas hipóteses nulas, além de outros objetivos definidos no PMAR-BC:

- 1- Os testes pareados (PERMANOVA) para o **talude 400 m** revelaram diferenças nas concentrações de fitopigmentos entre todas as áreas ($p=0,001$; *pair-wise tests*): essa diferença entre áreas ocorreu em função das maiores concentrações de fitopigmentos encontrados na área norte, enquanto os menores no centro (ver Figura IV. 10.3.2.5-2c).
- 2- Os testes para o **talude 700 m** (PERMANOVA) indicaram a diferença entre a área centro com as áreas norte e sul ($p=0,001$ para ambos; *pair-wise tests*). Não foram observadas diferenças entre os sedimentos da área sul e norte nessa batimetria ($p=0,286$; *pair-wise tests*): nessa profundidade, os menores valores dos fitopigmentos ocorreram na área centro, fator que proporcionou a diferença entre áreas (ver Figura IV. 10.3.2.5-2c).
- 3- Não foram evidenciadas diferenças entre as áreas norte e sul nos sedimentos dos **cânions à 700m** ($p=0,368$; *pair-wise tests*). A comparação entre as **batimetrias de 400 m e 700 m do cânion norte**, mostrou também não haver diferença entre as concentrações ($p=0,055$; *pair-wise tests*).

Tabela IV.10.3.2.5-2 – PERMDISP e PERMANOVA para os dados do grupo de variáveis de clorofila-a e feofitina-a (bivar) da 1ª Campanha do PMAR-BC. Comparações entre os polígonos de talude e cânions

Polígonos	PERMDISP - PAIRWISE COMPARISONS		PERMANOVA - PAIR-WISE TESTS			
	t	Pperm	t	Pperm	Uniques	PMC
CN4 e CN7	2,5542	0,018	0,42137	0,704	551	0,718
CN4 e CS7	0,16132	0,893	26,702	0,001	890	0,001
CN4 e PCA	3,4518	0,001	32,78	0,001	821	0,001
CN4 e PCC	0,59409	0,569	15,452	0,001	883	0,001
CN4 e PNA	0,94752	0,378	18,702	0,001	887	0,001
CN4 e PNC	0,79192	0,432	16,657	0,001	828	0,001
CN4 e PSA	0,13862	0,878	15,693	0,001	827	0,001
CN4 e PSC	0,92304	0,349	19,164	0,001	849	0,001
CN4 e PSL	3,8238	0,001	4,1029	0,001	735	0,002
CN4 e TC4	2,0856	0,054	7,8209	0,001	829	0,001
CN4 e TC7	2,4462	0,03	0,56067	0,571	824	0,581
CN4 e TN4	1,9129	0,059	7,6912	0,001	884	0,001
CN4 e TN7	2,1782	0,027	6,0343	0,001	866	0,001
CN4 e TS4	3,7537	0,001	5,0859	0,001	873	0,001
CN4 e TS7	2,1223	0,044	6,8165	0,001	864	0,001
CN7 e CS7	3,775	0,001	15,147	0,001	934	0,001
CN7 e PCA	4,4723	0,001	12,372	0,001	896	0,001
CN7 e PCC	2,4322	0,026	8,2381	0,001	883	0,001
CN7 e PNA	2,3219	0,024	10,134	0,001	901	0,001
CN7 e PNC	3,1442	0,001	7,1517	0,001	865	0,001
CN7 e PSA	2,7546	0,015	7,876	0,001	855	0,001
CN7 e PSC	3,3908	0,001	8,5357	0,001	885	0,001
CN7 e PSL	1,6038	0,122	3,981	0,001	849	0,002
CN7 e TC4	1,445	0,155	5,3834	0,001	858	0,001
CN7 e TC7	0,31427	0,77	0,094682	0,946	843	0,952
CN7 e TN4	1,4061	0,169	6,2813	0,001	911	0,001
CN7 e TN7	1,1603	0,269	5,1073	0,001	879	0,001
CN7 e TS4	0,38766	0,716	3,9471	0,001	902	0,002
CN7 e TS7	1,49	0,164	5,5492	0,001	887	0,001
CS7 e PCA	4,9503	0,001	76,84	0,001	937	0,001
CS7 e PCC	1,0276	0,317	46,768	0,001	954	0,001
CS7 e PNA	1,5618	0,148	50,884	0,001	948	0,001
CS7 e PNC	0,97457	0,41	51,662	0,001	925	0,001
CS7 e PSA	0,37465	0,731	48,671	0,001	961	0,001
CS7 e PSC	1,164	0,307	56,334	0,001	950	0,001
CS7 e PSL	5,5352	0,001	4,771	0,001	927	0,001
CS7 e TC4	3,1246	0,005	32,479	0,001	964	0,001
CS7 e TC7	3,5874	0,001	17,233	0,001	956	0,001
CS7 e TN4	2,8642	0,005	10,607	0,001	934	0,001
CS7 e TN7	3,2416	0,001	11,947	0,001	943	0,001
CS7 e TS4	5,4789	0,001	22,554	0,001	969	0,001
CS7 e TS7	3,1832	0,006	12,564	0,001	935	0,001
TC4 e TC7	1,2546	0,243	6,4828	0,001	739	0,001
TC4 e TN4	0,028906	0,974	17,104	0,001	875	0,001
TC4 e TN7	0,32126	0,777	15,147	0,001	864	0,001
TC4 e TS4	2,5056	0,016	0,48808	0,639	691	0,646
TC4 e TS7	0,03207	0,976	16,194	0,001	842	0,001
TC7 e TN4	1,2431	0,232	7,8213	0,001	784	0,001
TC7 e TN7	0,95399	0,343	6,4252	0,001	777	0,001
TC7 e TS4	0,91168	0,338	5,0235	0,001	811	0,001
TC7 e TS7	1,2935	0,222	6,8847	0,001	798	0,001
TN4 e TN7	0,33602	0,749	1,4626	0,153	622	0,15
TN4 e TS4	2,4463	0,017	13,104	0,001	884	0,001
TN4 e TS7	0,001224	1	1,2545	0,215	704	0,239
TN7 e TS4	2,1149	0,047	11,682	0,001	866	0,001
TN7 e TS7	0,35674	0,733	0,30469	0,784	673	0,792
TS4 e TS7	2,568	0,014	12,275	0,001	907	0,001

Legenda: PNA, PNC, PCA, PCC, PSA, PSC e PSL = plataforma norte arenosa, norte carbonática, centro arenosa, centro carbonática, sul arenosa, sul carbonática e sul lamosa, respectivamente. TN4, TN7, TC4, TC7, TS4 e TS7 = talude norte 400m, norte 700m, centro 400m, centro 700m, sul 400m e sul 700m, respectivamente.

C. Comparação entre os projetos PMAR- BC e PCR-BC

- **Análises exploratórias bivariadas**

A partir da análise de ordenação NMDS com grupo de dados de fitopigmentos no sedimento (clorofila-a e feofitina-a) dos projetos PMAR-BC e PCR-BC ficou evidenciada a similaridade nos resultados (Figura IV.10.3.2.5-3). Apenas o polígono da plataforma lamosa destoou dos demais, apresentando maiores valores de fitopigmentos que amostras equivalentes no projeto PCR-BC.

A PCA explicou 99,9% da variabilidade dos resultados observados na plataforma continental (ANEXO [IV.10.7-1] Figura 6). Pelo eixo I (99% da variância), a feofitina-a (autovetor 0,99) foi o parâmetro mais influente na distinção entre os projetos (ANEXO [IV.10.7-1] Figura 6).

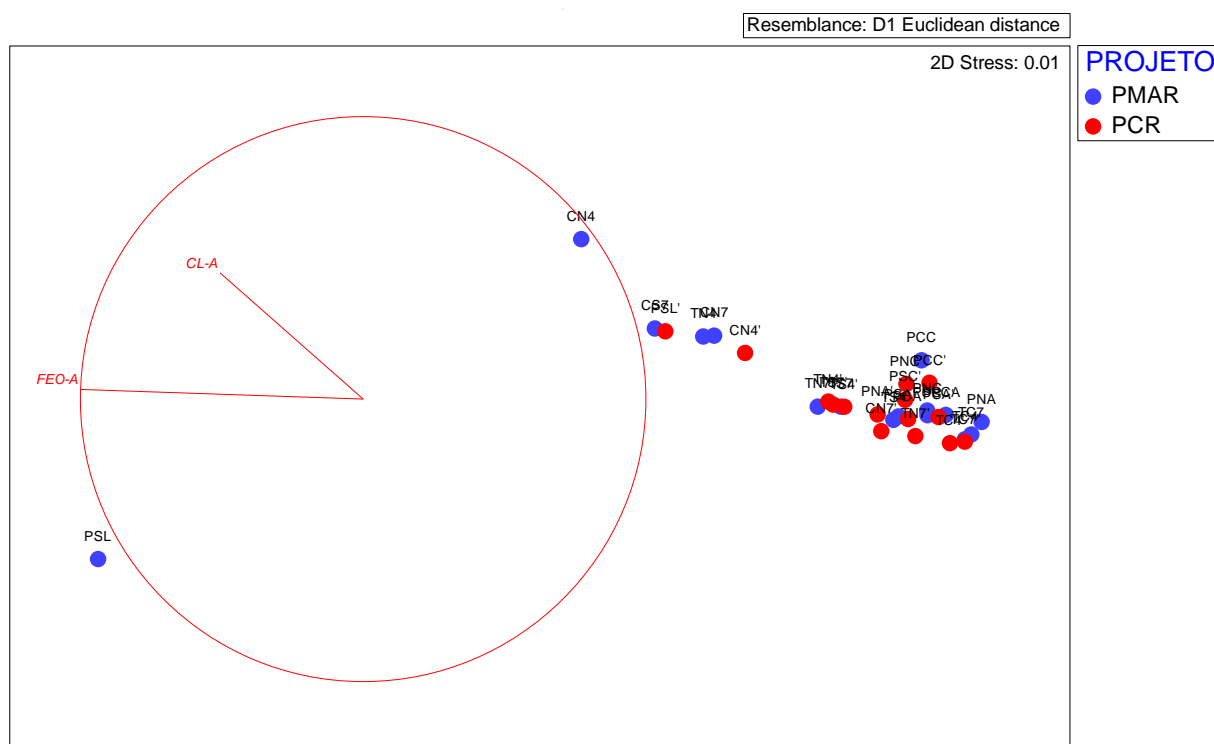


Figura IV.10.3.2.5-3 – NMDS em que os eixos representam as correlações de Pearson das variáveis clorofila-a e feofitina-a dos polígonos dos projetos PMAR-BC e PCR-BC. As siglas com apóstrofes (') representam os polígonos do PCR-BC.

• Análises inferenciais univariadas

A partir dos resultados dos testes de inferência PERMDISP e PERMANOVA dos dados de fitopigmentos (Tabela IV.10.3.2.5-3) das comparações entre os projetos PMAR-BC e PCR-BC, podemos afirmar:

- 1- Na província de **plataforma continental**, diferenças entre projetos (PERMANOVA) foram observadas na fácies arenosas norte ($p=0,001$; *pair-wise tests*) e carbonáticas sul ($p=0,025$; *pair-wise tests*): essas diferenças foram atribuídas às menores concentrações de fitopigmentos obtidos no presente estudo (Ver Figura IV.10.3.2.5-3).
- 2- Em relação à província de **talude**, diferenças entre as concentrações de fitopigmentos entre os projetos ocorreram apenas para as amostras da área norte, nas duas batimetrias amostradas ($p=0,033$ e $p=0,022$; *pair-wise tests*). Nesta província, as diferenças foram atreladas às menores concentrações de fitopigmentos nos sedimento do PCR-BC (Ver Figura IV.10.3.2.5-3).
- 3- A análise de PERMANOVA não apontou diferença entre projetos na província de cânion ($p>0,005$; *pair-wise tests*).

Tabela IV.10.3.2.5-3 – PERMDISP e PERMANOVA para os dados do grupo de variáveis clorofila-a e feofitina-a da 1ª Campanha do PMAR-BC. Comparações entre os projetos PMAR-BC e PCR-BC

Polígonos	PERMDISP - PAIRWISE COMPARISONS		PERMANOVA - PAIR-WISE TESTS			
	t	Pperm	t	Pperm	Uniques	PMC
CN4 e CN4'	1,5757	0,132	1,714	0,083	13	0,141
CN7 e CN7'	4,9403	0,005	0,67038	0,701	13	0,527
PCA e PCA'	1,9681	0,114	1,5934	0,101	865	0,113
PCC e PCC'	0,28975	0,811	1,0367	0,346	825	0,341
PNA e PNA'	1,1998	0,344	4,6195	0,001	136	0,001
PNC e PNC'	3,308	0,001	1,6079	0,088	105	0,077
PSA e PSA'	0,63774	0,521	1,2802	0,203	136	0,189
PSC e PSC'	3,2139	0,005	1,9034	0,062	136	0,025
PSL e PSL'	1,8934	0,072	1,9809	0,032	229	0,058
TC4 e TC4'	0,58705	0,643	1,3854	0,158	951	0,171
TC7 e TC7'	0,09866	0,934	1,2132	0,222	991	0,258
TN4 e TN4'	2,6501	0,007	2,1598	0,05	336	0,033
TN7 e TN7'	2,358	0,024	2,5591	0,012	334	0,022
TS4 e TS4'	0,045194	0,97	1,6213	0,1117	867	0,108
TS7 e TS7'	0,69311	0,554	0,38762	0,731	871	0,994

As siglas com apóstrofes (') representam os polígonos do PCR-BC.

IV.10.4 – DISCUSSÃO

IV.10.4.1 – Variabilidade espacial da composição elementar da matéria orgânica e fitopigmentos no sedimento

A matéria orgânica é uma expressão geral que nomeia a mistura de compostos orgânicos no ambiente. Sua distribuição no sedimento marinho tem sido amplamente estudada através da mensuração de diferentes compostos orgânicos que atuam como marcadores dos processos biogeoquímicos (Emerson e Hedges, 2008; Costa, 2018). Dentre esses marcadores, carbono orgânico total (COT) e nitrogênio total (NT) mostram, de forma geral, a origem e composição da matéria orgânica (Chen 2004; Yoshinaga, 2006). Em ambientes marinhos profundos, fitopigmentos e seus subprodutos também podem indicar regionalmente a origem da matéria orgânica lábil, denotando o processo de produção primária marinha e a degradação da matéria orgânica (Bianchi *et al.*, 2000; Leavitt, 1993; Chen *et al.*, 2003; Quintana *et al.*, 2010).

A partir dos dados obtidos durante o PMAR-BC, ficou visível uma relativa homogeneidade na composição elementar da matéria orgânica e dos fitopigmentos nos sedimentos da Bacia de Campos, com algumas distinções vinculadas aos gradientes plataforma-talude, áreas, profundidades amostradas e sedimentologia (Figuras IV.10.3.1.3-2; IV.10.3.1.3-3; IV.10.3.2.2-2; IV.10.3.2.2-3; IV.10.3.2.3-2; IV.10.3.2.3-3).

Com exceção da fácies lamosa, que representa uma região com características muito distintas na plataforma continental, especificamente em relação aos compostos elementares da matéria orgânica o COT e o NT, ficou evidenciada uma variação horizontal, no sentido plataforma-talude com aumentos desses compostos orgânicos de carbono e nitrogênio no talude (Tabela IV.10.3.1-1; Figura IV.10.3.1-2). Esses resultados vão de encontro com a literatura, que apontam a ocorrência de maiores valores nas margens da plataforma continental em função da alta produtividade ocasionada pela disponibilidade de nutrientes derivados de eventos de ressurgência, escoamento continental e descarga de água subterrânea (Fasham 2003; Gattuso *et al.* 1998). Embora a plataforma continental apresente algumas áreas heterogêneas, com elevadas concentrações de COT e

NT no sedimento, a maior parte tende a ser exportada para outras províncias, cujas dinâmicas hidrológicas e maior profundidade propiciam à um melhor processo de sedimentação (Hedges & Keil, 1995; Oliveira *et al.*, 2013).

Elevadas variações nos teores elementares da matéria orgânica entre as fácies da plataforma continental chamaram atenção pelos valores extremos, tanto no COT quanto no NT. Valores reportados na feição lamosa que, de certo modo, denotam uma distinção ambiental em toda província. Essa porção com sedimentos com textura de lama arenosa está localizada na área sul da Bacia de Campos e marca a diferença entre áreas da plataforma continental. Adicionalmente, essa região também é caracterizada por conhecidos eventos sazonais de ressurgência, que proporcionam picos sazonais na produção autóctone e deposição da matéria orgânica (Rossi-Wongtschowski & Madureira, 2006; Palóczy *et al.*, 2014).

Como esperado, as elevadas concentrações de COT e NT nos sedimentos lamosos estiveram positivamente correlacionados aos altos teores de lama do sedimento (ver Capítulo IV-9; Figura IV.10.4.1-1). Em geral, sedimentos finos proporcionam um ambiente para degradação por atividade microbiana e acúmulo por adsorção de compostos orgânicos (Suguio, 2003). Embora tenham ocorridos valores elevados, as concentrações de COT e NT permaneceram em consonância com a descrição literária para a Bacia de Campos (ver Carreira *et al.*, 2010; Jennerjahn *et al.*, 2010; Yoshinaga *et al.*, 2008; Oliveira *et al.*, 2013) e outras bacias do mundo (ver Stevenson & Cheng, 1972; Grandel *et al.*, 2000). Deve-se ressaltar que os valores de COT e NT registrados durante essa fase do monitoramento estiveram abaixo dos limites orientados pela Resolução CONAMA 454/2012, sobre as diretrizes para sedimentos dragados em águas sob a jurisdição brasileira. Especificamente, essa Resolução estabelece o limite de 10% para COT no sedimento e 4.800 mg/Kg para Nitrogênio Total, o mesmo que 0,48% (a Resolução CONAMA 454/2012 refere-se ao nitrogênio total obtido pela metodologia Kjeldahl).

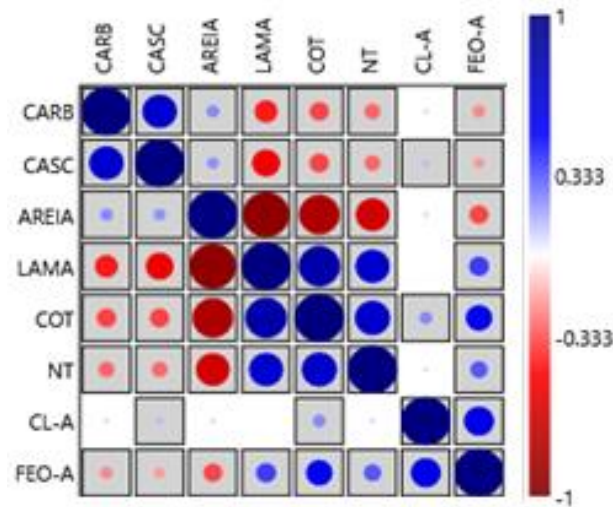


Figura IV.10.4.1-1 – Correlação de Pearson entre as variáveis composição elementar da matéria orgânica e fitopigmentos do sedimento e a granulometria amostradas durante PMAR-BC e PCR-BC. A cor vermelha corresponde à correlação negativa e a cor azul as correlações positivas.

Como anteriormente mencionado, com exceção da plataforma lamosa, os polígonos inseridos nos taludes e cânions foram os que apresentaram as maiores concentrações de COT e NT durante o PMAR-BC (Figura IV.10.3.1-2), fato também relacionado, principalmente à granulometria desses ambientes (ver Capítulo IV-9 e Figura IV.10.4.1-1). A ausência de diferenças de COT e NT, vinculadas às batimetrias do talude e cânion, foi notória quando ocorrida na mesma província e na mesma área amostral (cânion norte). Esse panorama encontrado indica maior homogeneidade entre as profundidades amostradas na mesma área. Contudo, comparações entre profundidades de áreas e províncias diferentes ressaltam o mosaico sedimentar da Bacia de Campos, conforme reportado por Kowsmann (2015).

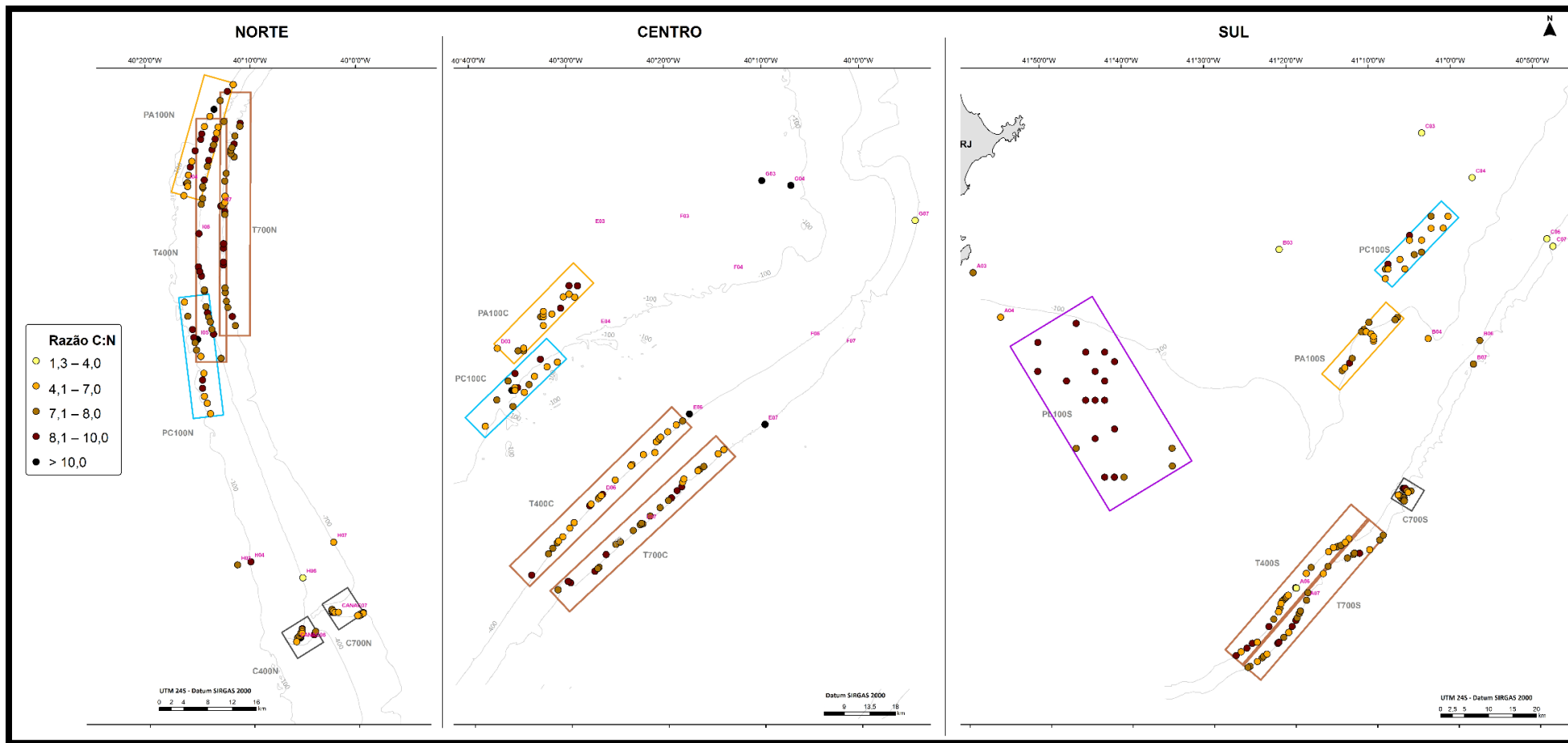


Figura IV.10.4.2-2 – Razão molar C:N nas áreas Norte, Centro e Sul do PMAR-BC e PCR-BC (estações nomeadas em rosa, ver detalhe da malha PCR-BC no Capítulo III, item 3.3).

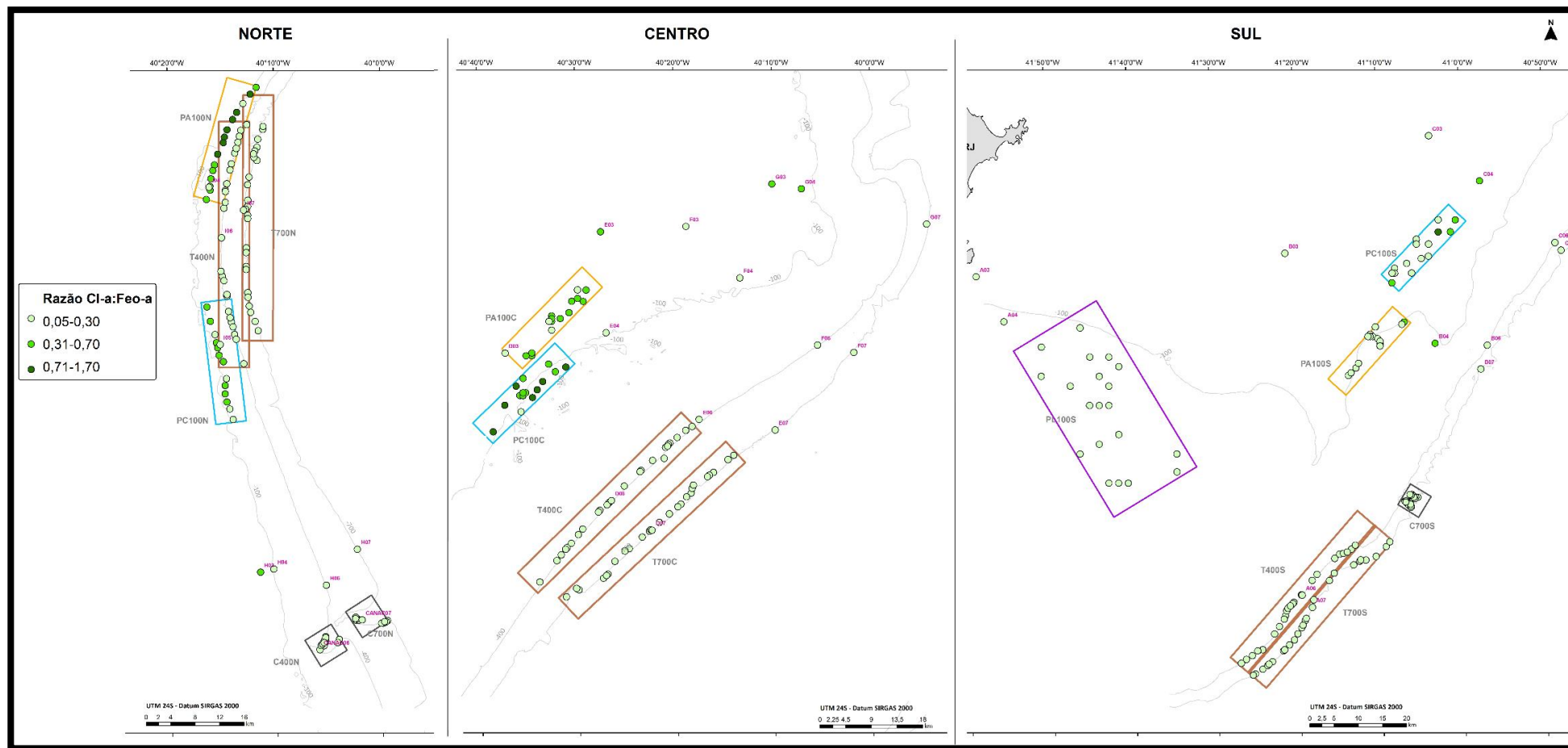


Figura IV.10.4.2-3 – Razão clorofila-a:feofitina-a nas áreas Norte, Centro e Sul do PMAR-BC e PCR-BC (estações nomeadas em rosa, ver detalhe da malha PCR-BC no Capítulo III, item 3.3).

A razão C:N durante o PMAR-BC variou em média, entre os valores 7 e 8 nas três províncias (plataforma, talude e cânions) amostradas (Figura IV.10.3.1.4-1). Valores em torno de 8 na plataforma (abaixo de 100 m), e em torno de 9 (acima de 400 m) foram relatados por Cordeiro *et al.* (2018) para a região. Baseado em Meyers (1994) estes valores obtidos no sedimento indicam que os constituintes desta matéria orgânica têm origem planctônica (fitoplâncton + zooplâncton). Esse resultado ressalta a participação da produção primária em escala regional na Bacia de Campos. Segundo Meyers (1997), razões C:N entre 4 e 10 caracterizam a produção de matéria orgânica por fonte marinha. Especificamente durante o PMAR-BC, 98% das estações estiveram dentro desta faixa (Figura IV.10.4.2-2). Nesse contexto, os valores extremos (> 10), ocorridos em 2% das amostras obtidas na plataforma continental, podem dar indícios de ocorrência de mistura de fontes marinhas e terrestres na contribuição da matéria orgânica sedimentar ou estarem relacionados à eventos ocasionais (como a presença de partículas de organismos bentônicos em degradação ou ocorrência de indivíduos que morreram no processo de congelamento do sedimento) ocorridos durante a coleta sedimentar.

Como esperado para sedimentos superficiais marinhos em ambientes de margem continental, maiores valores nas concentrações de feofitina-a foram encontrados em relação às concentrações de clorofila-a. Este fato pode ser justificado pela degradação da clorofila durante seu consumo na coluna d'água, por pastejo, foto-oxidação e transformações no sedimentos (Mackas & Bohrer, 1976; Welschmeyer & Lorenzen, 1985).

Segundo Pfannkuche (1992) e Tselepides *et al.* (2000), variações nas concentrações dos fitopigmentos em áreas de plataforma estão atreladas aos mesmos fatores que acarretam variações na disponibilidade de COT e NT. Neste ponto destaca-se novamente a fácies lamosa da área sul, com ocorrência de elevados valores (Figuras IV.10.3.1.1-2 e IV.10.3.1.1.-3). Essa heterogeneidade entre áreas e batimetrias na Bacia de Campos também foi reportada por Cabral *et al.* (2017). Dentro deste prisma, deve-se considerar que avaliações baseadas em fitopigmentos do sedimento podem refletir também a sazonalidade da região amostrada, com maiores concentrações durante o período seco na porção centro-

norte e durante o período chuvoso na porção centro-sul da área estudada (Disaró, 2014).

A razão entre os pigmentos clorofila:feofitina marcam o tempo de degradação da matéria orgânica, uma vez que a feofitina-a é o produto de degradação dominante da clorofila-a, sendo muito estável em condições anóxicas (Heffernan & Gibson, 1982; Sun *et al.* 1993). De certo modo, valores superiores à 1 podem indicar a ocorrência de matéria orgânica mais recente, enquanto valores baixos mostram que a matéria orgânica já passou por processos de oxidação. Durante o PMAR-BC, todas as províncias foram marcadas por apresentarem preponderantemente valores próximos à zero, denotando a ocorrência de matéria orgânica degradada. Contudo, a ocorrência de razões superiores à 1 na plataforma continental mostrou haver entrada de matéria orgânica recente no sedimento. Sobre esse tema, Kitchen *et al.* (1982) sugerem que variações na razão entre os fitopigmentos no sedimento, além de função da produção primária recente, podem estar relacionadas à sedimentologia da região (Figuras IV.10.4.1-2 e IV.10.4.2-3).

De modo geral, as concentrações de fitopigmentos no sedimento variaram estatisticamente em função das províncias, áreas e profundidades amostradas. Esse fato fica evidenciado, principalmente, na razão Cl-a:Feo-a nas áreas norte e centro, onde a plataforma apresentou valores de razões superiores aos encontrados no talude e cânion, denotando matéria orgânica recente (ver Figura IV.10.4.2-3).

IV.10.4.2 – Variabilidade entre projetos PMAR-BC e PCR-BC

Comparações entre os projetos PMAR-BC e PCR-BC apontaram diferenças nos parâmetros que influenciam na composição orgânica do sedimento (Tabelas IV.10.3.1.5-3 e IV.10.3.2.5-3), que podem estar relacionadas nas diferentes malhas amostrais (número de amostras desbalanceado entre os dois projetos, Figuras IV.10.4.2-2 e IV.10.4.2-3; ver Capítulo III, item III.3). Considerando as concentrações de COT e NT nos sedimentos obtidos na plataforma continental, diferenças foram observadas nas fácies arenosas norte e centro e na fácies carbonática norte. Em contrapartida, menores diferenças foram observadas na

província de talude e cânion considerando esses dois parâmetros, diferindo apenas no talude sul 400 m e cânion norte 400 m.

A Bacia de Campos é marcada por forçantes hidrológicas e processos biogeoquímicos que podem alterar a composição elementar da matéria orgânica no sedimento, principalmente na província de plataforma continental. Contudo, o estabelecimento de diferenças entre sistemas amostrais distintos impede maiores elucidações. Nesse mesmo contexto, pode-se sugerir que ao avaliar os dados em locais cujos sedimentos finos são mais preponderantes como o talude, cânion e plataforma lamosa tem-se maior homogeneidade quanto à caracterização da matéria orgânica, evidenciado na distribuição dos valores da razão C:N (Figura IV.10.4.2-2).

Em relação às concentrações de clorofila-a e feofitina-a, maior similaridade foi obtida entre os projetos (Figura IV.10.3.2.5-3), que é corroborado pela semelhança entre as razões clorofila-a:feofitina-a, mostrado na Figura IV.10.4.2-3. Nesses parâmetros, não foram observadas diferenças na província de talude, indicando semelhança na composição sedimentar e reiterando, dessa forma, maior homogeneidade (Tabela IV.10.3.2.5-2). Destaca-se a distinção da faciologia lamosa das demais, com valores elevados de feofitina-a.

Embora as análises tenham apontado distinções entre projetos, deve-se ponderar que a Bacia de Campos é um ambiente com grande plasticidade ambiental e que, pelo fato de as coletas de dados não ocorrerem em pontos idênticos, essas diferenças podem não representar uma variação temporal do ambiente.

IV.10.5 – CONCLUSÕES

- As fácies arenosas da plataforma continental mostraram-se heterogêneas, com diferenças significativas entre todas as áreas amostrais na composição elementar da matéria orgânica e nas concentrações dos fitopigmentos. Os sedimentos da área sul marcaram essa diferença entre áreas por apresentarem as maiores concentrações de COT, NT e feofitina-a.
- Houve diferença estatística na composição elementar do sedimento entre as áreas amostrais da plataforma carbonática, nos quais reporta-se para a área norte os maiores valores dos componentes elementares da matéria orgânica. Diferenças estatísticas entre áreas também marcaram o conjunto de fitopigmentos, com a área centro apresentando, principalmente, as menores concentrações de feofitina-a desta fácies.
- Os maiores valores de COT, NT, clorofila-a e feofitina-a durante o PMAR-BC foram encontrados na fácies lamosa sul, diferindo das demais faciologias da plataforma continental, do talude e cânion. Parte dessas elevadas concentrações foi correlacionada à composição lamosa do sedimento.
- Comparações entre as faciologias da plataforma mostraram diferenças significativas nos teores de COT e NT e fitopigmentos entre as fácies lamosas, arenosas e carbonáticas nas três áreas amostrais, diferenças associadas, principalmente às maiores concentrações na área sul da faciologia lamosa.
- Nas províncias de talude (400 m), também foram observadas diferenças significativas entre as áreas amostradas para os parâmetros COT, NT, com uma tendência de redução no sentido norte-sul. Nessa faciologia, o conjunto de fitopigmentos sedimentares apresentou diferenças entre áreas amostrais, com exceção das áreas norte e sul, que apresentaram os maiores valores nessa batimetria.

- Nos taludes (700 m) foram observadas diferenças significativas na composição elementar do sedimento e conjunto de fitopigmentos entre as áreas amostrais, onde a área centro apresentou as menores concentrações, diferindo das demais áreas.
- Houve diferenças estatísticas entre as áreas amostrais da província de cânion (700 m) durante o PMAR-BC, com os maiores valores de COT, NT, clorofila-a e feofitina-a sendo reportados na área sul. Contudo, não há diferenças no conjunto da composição elementar e fitopigmentos entre as diferentes batimetrias da mesma área.
- Os valores médios da razão C:N variaram entre 7 e 8 durante as amostragens do PMAR-BC e indicaram a origem planctônica da matéria orgânica sedimentar na maior parte da região amostrada. Valores superiores à 10 ocorreram em 2% das amostras da plataforma continental e podem indicar mistura na fonte de matéria orgânica sedimentar.
- A preponderância da razão clorofila:feofitina próxima a zero sugere a ocorrência de matéria orgânica degradada na maior parte dos polígonos amostrais. Contudo, os valores próximos a 1 encontrados nos sedimentos das áreas norte e centro da plataforma continental indicam a ocorrência de matéria orgânica recente.
- Comparações baseadas nas concentrações de COT, NT entre os polígonos amostrais do PMAR-BC e PCR-BC mostraram diferenças entre os resultados dos dois projetos, fato relacionado às maiores concentrações desses compostos durante o PCR-BC. Essa diferença foi atribuída à heterogeneidade sedimentar da Bacia de Campos e também, possivelmente, às diferenças entre os desenhos amostrais.
- Os resultados obtidos atualizam e ampliam o conhecimento a respeito da caracterização da composição elementar e fitopigmentos da região e servirá como base comparativa para a segunda campanha de monitoramento na Bacia de Campos.

IV.10.6 - REFERÊNCIAS

Brasil. Conselho Nacional do Meio Ambiente- CONAMA. Resolução 454 de 1º de novembro de 2012. Brasília, DF, 2012.

Bianchi, T. S., Johansson, B. Elmgren, R. 2000. Breakdown of phytoplankton pigments in Baltic sediments: Effects of anoxia and loss of deposit-feeding macrofauna. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 251 (2): 161–183.

Cabral, A. S., Carvalho, K., Pinto, F. N., Omena, E.P., Paranhos, R. 2017. Abundância de bactérias e fitopigmentos nos sedimentos da plataforma e talude continental da Bacia de Campos. In: Falcão, A. P. C., Lavrado, H. P., editoras. *Ambiente Bentônico: caracterização ambiental regional da Bacia de Campos, Atlântico Sudoeste*. Rio de Janeiro: Elsevier. Habitats 3: 41-64.

Carreira, R. S., Araujo, M. P., Costa, T. L. F., Ansari, N. R., Pires, L. C. M. 2010. Lipid biomarkers in deep sea sediments from the Campos Basin, SE Brazilian continental margin. *Organic Geochemistry* 41: 879–884.

Castro, R. D., Picolini, J. P. 2014. Principais aspectos da geologia regional da Bacia de Campos. In: Kowsmann, R. O., editor. *Caracterização Ambiental Regional Da Bacia de Campos, Atlântico Sudoeste*. Geologia e Geomorfologia. Rio de Janeiro: Elsevier. Habitats 1: 1-12.

Chen, N., Bianchi, T. S., Bland, J. M. 2003. Novel decomposition products of chlorophyll-a in continental shelf (Louisiana shelf) sediments: Formation and transformation of carotenol chlorin esters. *Geochimica et Cosmochimica Acta* 67 (11): 2027–2042.

Chen-Tung, A. C. 2004. Exchanges of carbon in the coastal seas. In: Field C. B., Raupach M. R. (eds) *SCOPE 62: the global carbon cycle: integrating humans, climate, and the natural world*. Island Press. Washington. 341–351.

Cordeiro, L. G. M. S., Wagener, A. L. R., Carreira, R. S. 2018. Organic matter in sediments of a tropical and upwelling influenced region of the Brazilian continental margin (Campos Basin, Rio de Janeiro). *Organic Geochemistry* 120: 86-98.

Costa, B. V. M. 2018. Distribuição da matéria orgânica em sedimentos superficiais de um estuário tropical hipereutrofizado (Bacia do Pina Recife - PE, Brasil) *Tropical Oceanography* 46 (2): 25-47.

Danovaro, R., Marrale, D., Della Croce, N., Parodi, P., Fabiano, M. 1999. Biogeochemical data from surface sediments in the Aegean Sea. *Journal of Sea Research* 42 (2): 117-129.

Danovaro, R., Marrale, D., Dell'Anno, A., Della Croce, N., Tselepides, A., Fabiano, M. 2000. Seasonal changes in labile organic matter composition on the continental shelf and bathyal sediments of the Cretan Sea. *Progress in Oceanography* 46 (2-4): 345-366.

Disaró, S. T. 2014. Caracterização da plataforma continental da bacia de campos (Brasil, SE) fundamentada em foraminíferos bentônicos recentes. Tese de Doutorado. Programa De Pós-Graduação em Geociências. Instituto de Geociências. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Rio Grande do Sul.

Emerson, S., Hedges, J. 2008. *Chemical oceanography and the marine carbon cycle*. Cambridge University Press. Cambridge.

Fasham, M. J. R. 2003. *Ocean biogeochemistry. The role of the ocean carbon cycle in global change*. Springer. Berlin.

Figueiredo Jr., A. G., Pacheco, C. E. P., Vasconcelos, S. C., SILVA, F. T., Kowsmann, R. O., LIMA, A. C. 2011. Sedimentologia da Plataforma e Talude Continental da Bacia de Campos (RJ). In: PETROBRAS. Projeto de Caracterização Regional da Bacia de Campos (PCR-BC). Relatório Final. Rio de Janeiro (RJ): PETROBRAS. Exploração e Produção.

Figueiredo Jr., A. G., Pacheco, C. E. P., Vasconcelos, S. C., Silva, F. T. 2014. Geomorfologia e sedimentologia da plataforma continental. In: Kowsmann, R. O., editor. *Caracterização Ambiental Regional Da Bacia de Campos, Atlântico Sudoeste. Geologia e Geomorfologia*. Rio de Janeiro: Elsevier. Habitats 1: 13- 32.

Gattuso, J. P., Frankignoulle, M., Wollast, R. 1998. Carbon and carbonate metabolism in coastal aquatic ecosystems. *Annual Review Ecology and Systematics* 29: 405–434.

Guardado, L. R., Spadini, A. R., Brandão, J. S. L., Mello, M. R. 2000. Petroleum system of the Campos Basin, Brazil. In: Mello, M.R., Katz, B.J. (Eds.), *Petroleum Systems of South Atlantic Margins* 73: 317-324.

Grandel, S., Rickert, D., Schluter, M., Wallman, K. 2000. Geochemistry of porewater of sediment core SO118_MC-46. *Supplement to: Pore-water distribution and quantification of diffusive benthic fluxes of silicic acid, nitrate, and phosphate in surface sediments of the deep Arabian Sea. Deep Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography*, 47 (14): 2707-2734.

Hedges, J.I., Keil, R. G. 1995. Sedimentary organic matter preservation: an assessment and speculative synthesis. *Marine Chemistry* 49: 81–115.

Heffernan, J. J., Gibson, R. A. 1983. Notes and Discussions. Chlorophyll Distribution in Continental Shelf Sediments off West Palm Beach, Florida and West End, Bahama Estuarine. *Coastal and Shelf Science* 17: 107-110.

Jennerjahn, T. C., Ittekkot, V. 1997. Organic matter in sediments in the mangrove areas and adjacent continental margins of Brazil: I. Amino acids and hexosamines. *Oceanologica Acta*, 20: 359-369.

Jennerjahn, T. C., Knoppers, B. A., Souza, W. F. L., Carvalho, C. E., Mollenhauer, G., Hüber, M., Ittekkot, V. 2010. The tropical Brazilian continental margin. In: Liu, K. K., Atkinson, L., Quiñones, R., Talaue-MacManus, L. (eds) *Carbon and nutrient fluxes in continental margins: a global synthesis*. Springer. Berlin. 427–442.

Kitchen, J. C., Zaneveldan, J. R. V., Pak, H. 1982. Effect of particle size distribution and chlorophyll content on beam attenuation spectra. *Applied Optics* 21: 3913-3918.

Kowsmann, R.O. 2015. *Geologia e Geomorfologia: caracterização ambiental regional da Bacia de Campos, Atlântico Sudoeste*. Rio de Janeiro: Elsevier. Série Habitats 1.

Leavitt, P.R. 1993. A review of factors that regulate carotenoid and chlorophyll deposition and fossil pigment abundance. *Journal of Paleolimnology* 9: 109–127.

Lima, A. F. 2003. *Comparação dos Sistemas Sedimentares Profundos da Bacia Sudeste-Sul do Brasil com Ênfase no Sistema Misto Colúmbia*. Tese de Doutorado. Instituto Oceanográfico. Universidade de São Paulo. São Paulo.

Maciel, M. S. 2013. *Distribuição e caracterização da matéria orgânica em sedimentos superficiais, Bacia de Campos-RJ: biomarcador lignina*. Tese de Doutorado. Programa de Geoquímica. Universidade Federal Fluminense. Rio de Janeiro.

Mackas, D., Bohrer, R. 1976. Fluorescence analysis of zooplankton gut contents and an investigation of diel feeding patterns. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 25: 77–85.

Meyers, P. A. 1994. Preservation of elemental and isotopic source identification of sedimentary organic matter. *Chemical Geology* 114: 298-302.

Meyers PA. 1997. Organic geochemical proxies of paleoceanographic, paleolimnologic, and paleoclimatic processes. *Organic geochemistry* 27: 213-250.

Neveux, J., Lantoiné, F. 1993. Spectrofluorometric assay of chlorophylls and phaeopigments using the least squares approximation technique. *Deep-Sea Research I* 40 (9): 1747-1765.

Oliveira, D. P., Cordeiro, L. M. S., Carreira, R. 2013. Characterization of organic matter in cross-margin sediment transects of an upwelling region in the Campos Basin (SW Atlantic, Brazil) using lipid biomarkers. *Biogeochemistry* 112 (1–3): 311-327.

- Palóczy, A., Silveira, I. C. A., Castro, B. M., Calado, L. 2014. Coastal upwelling off Cape São Tomé (22oS, Brazil): The supporting role of deep ocean processes. *Continental Shelf Research* 89: 38- 50.
- Quintana, C. O., Yoshinaga, M. Y., Sumida, P. Y. G. 2010. Benthic responses to organic matter variation in a subtropical coastal area off SE Brazil. *Marine Ecology* 31(3):457–472.
- Riaux-Gobin, C. 1997. Microphytobenthos. In: Dauvin, J.C. (ed) *Les biocénoses marines et litorales françaises des côtes Atlantique, Manche et Mer du Nord: synthèses, menaces et perspectives*. Collection patrimoines naturels, 28, Muséum National d'Histoire Naturelle. 103-111.
- Rossi-Wongtschowski, C. L., Madureira, L. A. S. 2006. O ambiente oceanográfico da plataforma continental e do talude da região sudeste-sul do Brasil. São Paulo: EdUSP.
- Seiter, K., Hensen, C., Schröter, J., Zabel, M. 2004. Organic carbon in surface sediments defining regional provinces. *Deep-Sea Research I* 51: 2001–2026.
- Stein, R. 1990. Organic carbon content/sedimentation rate relationship and its paleoenvironmental significance for marine sediments. *Geo-Marine Letters* 10: 37–44.
- Stevenson, F. J., Cheng, C. N. 1972. Organic geochemistry of the Argentine Basin sediments carbon-nitrogen relationships and Quaternary correlations: *Geochimica et Cosmochimica Acta* 36: 653–671.
- Suguio, K. 2003. *Geologia Sedimentar*. São Paulo. Editora Blucher.
- Sun, M. Y., Lee, C., Aller, R. C. 1993. Anoxic and oxic degradation of ¹⁴C-labeled chloropigments and a ¹⁴C-labeled diatom in Long Island Sound sediments. *Limnology and Oceanography*, 38 (7): 1438-1451.
- Tselepidis, A., Polychronaki, T., Marrale, D., Akoumianaki, I., Dell'Anno, A., Pusceddu, A., Danovaro, R. 2000. Organic matter composition of the continental shelf and bathyal sediments of the Cretan Sea (NE Mediterranean). *Progress in Oceanography* 46: 2–4.
- Vanzan, M., Barrera-Alba, J. J., Tenório, M. M. B., Tenenbaum, D. R. 2015. Picoplankton and nanoplankton variability in an Antarctic shallow coastal zone (Admiralty Bay) during the austral summer of 2010/2011. *Polar Biology* 38: 1267-1284.
- Verardo, D. J., Froelich, P. N., McIntyre, A. 1990. Determination of organic carbon and nitrogen in marine sediments using the Carlo Erba NA-1500 analyzer. *Deep Sea Research Part A. Oceanographic Research Papers* 37 (1): 157-165.

Wakeham, S. 2002. Diagenesis of organic matter at the water-sediment interface. In: Gianguzza, A., Pelizzetti, E., Sammartano, S. (eds.). Chemistry of marine water and sediments. Berlin. Springer 147-164.

Welschmeyer, N. A., Lorenzen, C. J. 1985. Chlorophyll budgets: Zooplankton grazing and phytoplankton growth in a fjord and the Central Pacific Gyres. Limnology Oceanography 30: 1–21.

Wendlandt, W.W. 1986 Thermal Analysis. New York. Wiley.

Yoshinaga, M. Y. 2006. Origem e composição da matéria orgânica e a dinâmica da comunidade microbiana em sedimentos superficiais de ecossistemas marinhos da costa sudeste do Brasil. Tese de Doutorado. Instituto Oceanográfico. Universidade de São Paulo. São Paulo.

Yoshinaga, M. Y., Sumida, P. Y. G., Wakeham, S. G. 2008. Lipid biomarkers in surface sediments from an unusual coastal upwelling area from the SW Atlantic Ocean. Organic Geochemistry 39 (10): 1385–1399.

IV.10.7 – ANEXOS

Lista de Anexos:

ANEXO IV.10.7-1 Análise em Componentes Principais (PCA) – Representação gráfica dos eixos 1 e 2 com os parâmetros (carbono orgânico total – COT, nitrogênio total – NT, fitopigmentos) analisados na primeira campanha do PMAR-BC e valores (Eigenvalues/ autovalor) dos primeiros eixos e sua contribuição para a dispersão das amostras e cargas das variáveis (loadings/ autovetor) representadas pelos coeficientes do modelo linear usado para cálculo dos escores das amostras.

ANEXO IV.10.7-2 Tabelas de Fitopigmentos: clorofila-a ($\mu\text{g}/\text{cm}^3$), feofitina-a ($\mu\text{g}/\text{cm}^3$) e razão Cla:Feo da 1ª Campanha do PMAR-BC nas províncias (plataforma - P, talude - T e cânion - C), áreas (norte - N, centro - C, sul - S), fácies (arenosa - A, carbonática - C e lamosa - L) e isóbatas (100 m, 400 m, 700 m).

ANEXO IV.10.7-3 Tabelas de Carbono (%), Nitrogênio (%) e razão C:N da 1ª Campanha do PMAR-BC nas províncias (plataforma - P, talude - T e cânion - C), áreas (norte - N, centro - C, sul - S), fácies (arenosa - A, carbonática - C e lamosa - L) e isóbatas (100 m, 400 m, 700 m).

IV.11 – METAIS E SEMIMETAIS EM SEDIMENTOS

Coordenadores

José Marcus Godoy

Químico, Doutor em Química Analítica, Professor do Programa de Pós-Graduação em Química, Departamento Química – PUC-Rio. jmgodoy@puc-rio.br

CRQ-III nº: 03211017

Tatiana D. Saint Pierre

Química, Doutora em Química Analítica, Professora do Programa de Pós-Graduação em Química, Departamento Química – PUC-Rio. tatispierre@puc-rio.br

CRQ-III nº: 05200920

Equipe LABAGUAS / LABSPECTRO / PUC-RIO

Rodrigo Araújo Gonçalves

Doutor em Química Analítica, Depto. Química – PUC-Rio. rodrigoag@puc-rio.br

Gisele Birman Tonietto

Doutor em Química Analítica, Depto. Química – PUC-Rio. giselebt@puc-rio.br

Douglas Felipe Cordeiro de Oliveira

Técnico em Química, Departamento Química – PUC-Rio.

douglasfcoliveira@gmail.com

Rafael C. Chavez Rocha

Químico, Departamento Química – PUC-Rio. rafaelccr@puc-rio.br

CRQ-III nº: 03423887

Maurício de Oliveira Dupim

Técnico Químico, Departamento Química – PUC-Rio. icpoes@puc-rio.br

CRQ-III nº: 03416630

Diogo Prado Mendes

Técnico Químico, Departamento Química – PUC-Rio. diogopmendes@gmail.com

Ricardo Barbosa Correa

Técnico Químico, Departamento Química – PUC-Rio. rbcorrea@puc-rio.br

RESUMO

A qualidade ambiental do sedimento na área de estudo do projeto de monitoramento ambiental regional da Bacia de Campos (PMAR-BC), nas isóbatas de 100 m, 400 m e 700 m, foram avaliadas com base nas concentrações de metais e semimetais determinadas em 306 estações amostrais. As amostras de sedimento foram secas, maceradas e submetidas à digestão com ácido nítrico em forno de micro-ondas. Os elementos Al, Ba, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb, Se, V e Zn foram determinados por espectrometria de emissão óptica com plasma indutivamente acoplado (ICP-OES); Cd por espectrometria de massa com plasma indutivamente acoplado (ICP-MS), As por espectrometria de absorção atômica com forno de grafite (GF-AAS) e Hg por espectrometria de absorção atômica com geração de vapor frio (CV-AAS). As amostras foram agrupadas espacialmente em polígonos para verificar a significância estatística na comparação entre as áreas de coleta, isóbatas e faciologias através de diferentes análises univariadas e multivariadas (PERMANOVA). Além disso, este agrupamento, aplicado em análises de estatística multivariada, possibilitou comparar os resultados do PMAR-BC com o PCR-BC (Habitats). A comparação espacial dos resultados em relação às isóbatas mostrou que existe uma tendência de maiores concentrações com a profundidade para a maioria dos elementos, exceto para As, Fe e V, para os quais não há diferença estatística entre 400 e 700 m. Foi observada uma clara associação da concentração dos elementos traço com a faciologia, para a plataforma, sendo que as maiores concentrações foram medidas nas amostras com faciologia lamosa para a maioria dos elementos, exceto As, Ba, Cd e Hg. Excluindo as amostras de faciologia lamosa, não foram observadas diferenças significativas nas concentrações da maioria dos elementos estudados entre as outras faciologias e entre as áreas da plataforma. Alguns elementos tiveram concentrações maiores no Norte (Al, As, Cr, Fe e V) e apenas Ba apresentou concentrações maiores no Centro. A razão V/Ni para todas as amostras teve um valor médio aproximado de 12, que é típico de matéria orgânica de origem marinha (>1). As comparações entre PMAR-BC (presente trabalho) e PCR-BC mostraram uma tendência dos valores reportados durante o PCR-BC serem superiores aos atuais, o que pode ser creditado à diferença nos métodos de dissolução das amostras, pois naquele projeto inicial, foi feita a decomposição total das amostras, enquanto no atual é avaliada a fração digerida com ácido nítrico em forno de micro-ondas, além das limitações relacionadas aos diferentes desenhos amostrais. Finalmente, os valores das concentrações máximas encontradas estão abaixo dos valores de referência da resolução

CONAMA 454/2012, indicando valores de referência para área de estudo, exceto para As que apresenta concentrações naturalmente altas nessa região devido à formação Barreiras, rica nesse elemento e localizada no rio Paraíba do Sul, que deságua na região. As informações adquiridas sobre a distribuição de metais poderão ser melhor explicadas com a segunda campanha do projeto PMAR-BC.

IV.11.1 – INTRODUÇÃO

Os elementos químicos que compõem a crosta terrestre são encontrados em concentrações variáveis nos diversos compartimentos ambientais. Enquanto as amostras de água fornecem um retrato instantâneo acerca da presença de substâncias nela dissolvidas ou mesmo em suspensão, os sedimentos formam uma espécie de arquivo temporal para as espécies insolúveis ou que tenham afinidade pelo material particulado em suspensão. Desta forma, a análise de amostras de sedimento é um item sempre presente nos programas de monitoramento ambiental de sistemas aquáticos. Mais especificamente, no caso da instalação de novos empreendimentos com potencial impacto a ecossistemas aquáticos, é necessária, além dos programas de monitoramento, uma caracterização ambiental prévia. Tal caracterização envolve os compartimentos identificados nos estudos de avaliação de impactos ambientais, como os sedimentos, e as substâncias, como por exemplo, metais e semimetais, que podem estar presentes em efluentes, geralmente líquidos, decorrentes de atividades antrópicas. Desta forma, os projetos de caracterização e monitoramento devem abordar uma amostragem tal, que seja possível quantificar a variação espacial na distribuição das concentrações dos elementos de interesse e servir como linha de base para estudos posteriores.

Especialmente em áreas onde são realizadas atividades de exploração e produção de petróleo (E&P), o impacto ambiental resultante pode ser monitorado através da quantificação das concentrações de alguns elementos associados ao próprio petróleo ou a componentes empregados nos diversos processos envolvidos. Por exemplo, na indústria do petróleo, as concentrações de Ni e V são usadas como indicadores de origem (Alkarkhi, 2009; Akinlua *et al.*, 2015; Birch, 2017). Segundo Akinlua, no petróleo razões V/Ni maiores que 1 são derivadas de matéria orgânica marinha, enquanto valores menores do que 1 são característicos de origem terrestre. Outro exemplo é o sulfato de bário ($BaSO_4$), que é amplamente utilizado na composição dos fluidos de perfuração de base água. Sendo assim, a concentração de bário no sedimento pode indicar a presença de efluentes derivados das atividades de exploração e produção (Vegueria *et al.*, 2002). Outras correlações relevantes serão apresentadas nos itens IV.11.3 – RESULTADOS e IV.11.4 – DISCUSSÃO.

Nesse sentido, o monitoramento do entorno de poços de perfuração ou exploração devem ser realizados em atendimento a requisitos legais, envolvendo a análise dos diversos compartimentos ambientais. No caso de atividades de E&P *offshore*, a quantificação de uma série de componentes marcadores de contaminação, como elementos traço, deve ser realizada, não só na coluna d'água, mas principalmente nos sedimentos, visto que esse compartimento pode agir como depósito de contaminantes produzidos pela atividade antrópica, guardando uma memória temporal dos eventos ocorridos no ambiente.

No ambiente aquático, as espécies metálicas podem se concentrar na água, nos sedimentos e na biota. Em amostras de sedimento marinho, a distribuição granulométrica é muito importante na interpretação dos resultados obtidos, principalmente no que diz respeito à disponibilidade e mobilidade dos metais. A presença de metais nos sedimentos depende fortemente do tamanho das partículas e do teor de matéria orgânica (Fernandes e Poletto, 2017).

Os sedimentos são constituídos por uma mistura heterogênea de partículas (quartzo, minerais argilosos, carbonatos e sólidos orgânicos), por isso a distribuição dos contaminantes metálicos e semi-metálicos de origem na indústria de E&P, ocorre na superfície das partículas da fase sólida, sejam eles particulados suspensos na coluna d'água, em deposição ou já depositados no fundo do ambiente aquático (Silvério *et al.*, 2005). O processo de deposição das partículas suspensas é diretamente relacionado à área superficial das partículas. Partículas orgânicas são mais finas e apresentam elevada área superficial, que favorece a adsorção de elementos químicos poluentes, metais, semi-metals e não metais, geralmente na forma de íons (Moore *et al.*, 1989). Por outro lado, a presença de íons nos sedimentos afeta, não só o processo dinâmico de deposição das partículas, mas também a capacidade das mesmas em adsorver íons e os processos de troca com o compartimento água, que também é afetado pelo tamanho e natureza das partículas. Por exemplo, as argilas, de maneira geral, apresentam a tendência de se associar à matéria orgânica, óxidos e hidróxidos de ferro e manganês, e possuem uma alta capacidade de adsorver cátions metálicos. Por todos esses fatores que afetam as concentrações elementares nos diversos compartimentos de sedimentos, fica evidente que a correta interpretação dos resultados obtidos requer ferramentas estatísticas multivariadas robustas.

Em relação à determinação das concentrações de elementos no sedimento marinho, a análise geralmente é feita, após digestão ácida das amostras, por técnicas espectrométricas monoelementares, como AAS (espectrometria de absorção atômica), ou multielementares, como ICP-OES (espectrometria de emissão óptica com plasma indutivamente acoplado) e ICP-MS (espectrometria de massa com plasma indutivamente acoplado). As multielementares proporcionam maior velocidade analítica, mas as monoelementares podem ser mais vantajosas para alguns elementos específicos, devido à correção mais efetiva de interferências ou à sensibilidade. Por exemplo, mercúrio (Hg) é um elemento volátil que requer o preparo da amostra diferenciado para evitar sua perda, e sua determinação por CV-AAS (AAS com vapor frio) permite separar o Hg da amostra, justamente devido à sua volatilidade, concentrando-o na fase vapor, e assim aumentando a sensibilidade da técnica para esse elemento (Bings *et al.*, 2010). Atualmente, são disponíveis métodos analíticos normalizados pela ABNT para a determinação elementar em sedimentos empregando diferentes técnicas, sendo a maioria delas alinhadas com normas estabelecidas por órgãos normativos internacionais, como ASTM e União Europeia.

No presente capítulo são apresentados resultados de concentrações dos seguintes elementos químicos: Al, As, Ba, Cd, Cr, Cu, Fe, Hg, Mn, Ni, Pb, Se, V e Zn, em sedimentos superficiais, referentes à primeira campanha do projeto de monitoramento ambiental regional da Bacia de Campos (PMAR-BC). O projeto propõe verificar diferenças espaciais entre áreas com maior e menor atividade de E&P e diferentes faciologias e batimetrias, assim como diferenças entre os projetos PMAR-BC e PCR-BC (Habitats). Os resultados obtidos serão utilizados para verificar se tais diferenças podem ser causadas por atividades antrópicas, baseando-se nos indicadores de atividades de E&P.

IV.11.1.1 – Objetivo Principal

Obter sistematicamente informações sobre qualidade do sedimento comparando as regiões de maior (central) e menor (sul e norte) concentração de atividades de E&P na Bacia de Campos, de forma a monitorar estas áreas e simultaneamente avaliar as tendências ambientais regionais desta bacia.

IV.11.1.1.1 – Objetivos Específicos

No que diz respeito ao monitoramento das áreas citadas, neste capítulo IV.11, as concentrações medidas em cada isóbata serão comparadas entre as diferentes faciologias e diferentes regiões amostrais, e também em relação a variações temporais, através da comparação dos resultados obtidos com aqueles do PCR-BC (Habitats). Para tanto, serão testadas as hipóteses nulas relacionadas abaixo.

Também serão avaliadas correlações estatísticas entre os elementos estudados, de maneira a identificar possíveis origens dos mesmos, bem como relações entre estes e as diferentes províncias, faciologias e isóbatas estudadas no presente relatório.

Hipóteses Nulas para Metais e Semi-metais:

- Não há diferença estatística entre os elementos Al, As, Ba, Cd, Cr, Cu, Fe, Hg, Mn, Ni, Pb, Se, V, Zn da facilogia sedimentar arenosa da plataforma continental nas três regiões da bacia de Campos, considerando a comparação das áreas amostrais posicionadas na isóbata de 100 m;
- Não há diferença estatística entre os elementos Al, As, Ba, Cd, Cr, Cu, Fe, Hg, Mn, Ni, Pb, Se, V, Zn da facilogia sedimentar carbonática da plataforma continental nas três regiões da bacia de Campos, considerando a comparação das áreas amostrais posicionadas na isóbata de 100 m;

- Não há diferença estatística entre os elementos Al, As, Ba, Cd, Cr, Cu, Fe, Hg, Mn, Ni, Pb, Se, V, Zn do sedimento no talude das três regiões da Bacia de Campos, considerando a comparação das áreas amostrais posicionadas sobre a mesma isóbata;
- Não há diferença estatística entre os elementos Al, As, Ba, Cd, Cr, Cu, Fe, Hg, Mn, Ni, Pb, Se, V, Zn do sedimento obtidos no talude e dentro dos cânions nas três regiões da bacia de Campos, considerando a comparação das áreas amostrais posicionadas sobre a mesma isóbata;
- Não há variação temporal entre os elementos Al, As, Ba, Cd, Cr, Cu, Fe, Hg, Mn, Ni, Pb, Se, V, Zn, considerando a comparação dos resultados do PMAR-BC com os do PCR-BC sobre as mesmas isóbatas (100, 400 e 700 m) e fácies.

IV.11.2 – METODOLOGIAS APLICADAS

IV.11.2.1 – Metodologia de Campo

As informações sobre os métodos aplicados durante a amostragem podem ser encontrados no Capítulo III, item III.3.1 – MÉTODOS DE AMOSTRAGEM, em que estão inclusos os procedimentos referentes à metodologia de amostragem do compartimento sedimento.

Resumidamente, as amostras de sedimento são coletadas com o amostrador indicado (Van Veen, para amostras arenosas e carbonáticas e Box corer para amostras lamosas na plataforma e em todas do talude e cânions), drenadas e retiradas as subamostras. Foram retiradas amostras de sedimento em até 2 cm de profundidade a partir da interface sedimento-água. Quatro subamostras eram retiradas para determinação de elementos traço e mercúrio, sendo 2 para backup, transferidas para frascos de polipropilento de 50 mL devidamente identificados, e mantidas congeladas a -20 °C até chegada ao laboratório, onde eram transferidas para freezers a -20 °C.

IV.11.2.2 – Metodologia Analítica

IV.11.2.2.1 – Determinação Elementar (metais: Al, Ba, Cd, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb, V e Zn, semi-metal: As e não-metal: Se)

Pré-Tratamento das Amostras

Os elementos foram determinados seguindo os métodos EPA 3051A para a extração e EPA 6010D (ICP OES, para Al, Ba, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb, Se, V e Zn), EPA 6020B (ICP-MS, para Cd) e GF AAS para As, para a quantificação. A escolha das técnicas foi feita com base nos limites de quantificação requeridos e nas

concentrações dos elementos nas soluções da amostra, de maneira a evitar diluições adicionais.

Secagem

As amostras de sedimento congeladas (-20 °C) foram recebidas no laboratório em tubos Falcon de 50 mL. Todo o conteúdo do frasco de cada amostra de sedimento foi transferido para placa de Petri de policarbonato identificadas com os códigos das amostras. As placas de Petri com as amostras foram pesadas em balança semi-analítica (BG 4400, Gehaka, Brasil) e colocadas em estufa com circulação e renovação de ar (modelo SL-102, Solab, Brasil) para secagem a 60 °C por 24 h. Após esse tempo, as amostras foram esfriadas em dessecador, pesadas e colocadas na estufa a 60 °C por mais 1 h ou até peso constante. Após secagem, as placas de Petri resfriadas à temperatura ambiente em dessecador foram novamente pesadas e armazenadas de volta no dessecador até a maceração.

Maceração

Todo o conteúdo da placa de Petri contendo a amostra de sedimento seca foi transferido para o recipiente do macerador de ágata (RM 200, Retsch, USA) para maceração e homogeneização, durante nove minutos. Depois da maceração, as amostras moídas foram transferidas de volta para as placas de Petri identificadas, e guardadas em dessecador até a digestão. Após maceração de cada amostra, o recipiente do moinho foi lavado com água da torneira, enxaguado com água ultrapura e seco com papel toalha antes de receber nova amostra.

Digestão

Cada amostra de sedimento foi submetida à digestão no forno de micro-ondas (modelo MDS-15 da Sineo Microwave Chemistry Technology, China), em triplicata, seguindo o método USEPA 3051A. Cada replica foi pesada diretamente no frasco de Teflon do forno de micro-ondas em balança analítica (AY220,

Shimadzu, Brasil). Alíquotas de aproximadamente 0,5 g foram pesadas com precisão de 0,1 mg e adicionados 10,0 mL de ácido nítrico PA concentrado bidestilado, lentamente para evitar respingos ou reações violentas. Os frascos foram fechados e submetidos ao programa de temperatura do forno. Após a digestão, os frascos foram mantidos na capela a temperatura ambiente por 1h para resfriamento. Em seguida o conteúdo transferido para tubos Falcon de 15 mL, pesados e centrifugados a 4000 rpm por 5 min. O sobrenadante foi transferido para outro tubo Falcon de 15 mL. Os tubos ficaram armazenados em geladeira até a diluição e análise. Cada ciclo de digestão foi aplicado ao carrossel com capacidade para 15 frascos, sendo 4 amostras, em triplicata, 1 branco e 2 amostras certificadas (PACS-2 e SRM2704).

Diluição

As soluções das amostras armazenadas em geladeira foram deixadas na bancada do laboratório, por pelo menos 1 h, para atingirem a temperatura ambiente e depois diluídas. As diluições foram feitas em triplicata, transferindo-se 1,0 mL da solução de cada replicata de cada amostra para tubos Falcon de 15 mL e adicionando-se 9,0 mL de água ultrapura. Como padrão interno, foi adicionado, a cada tubo, solução de Sc (100 mg L^{-1}) para concentração final de 1 mg L^{-1} . As massas correspondentes de solução da amostra e da solução final foram pesadas em balança analítica e anotadas, para fins de cálculo das concentrações.

Determinações por ICP OES

As análises foram feitas no espectrômetro Optima 7300 DV (PerkinElmer, USA), empregando nebulizador concêntrico e câmara de nebulização ciclônica (ambos Glass Expansion, USA) e injetor de alumina de 2,0 mm de diâmetro interno (PerkinElmer) (Gonçalves *et al.*, 2020). As condições operacionais foram: 1400 W de potência da radiofrequência, 15 L min^{-1} de vazão de argônio do plasma, $0,6 \text{ L min}^{-1}$ de vazão de argônio auxiliar, $0,55 \text{ L min}^{-1}$ de vazão de argônio nebulizador e

1,5 mL min⁻¹ de vazão de amostra. Todos os elementos foram determinados no modo de vista axial do equipamento.

As linhas analíticas (λ) estão apresentadas na Tabela IV.11.2.2.1-1:

Tabela IV.11.2.2.1-1: Linhas analíticas empregadas na determinação elementar com ICP-OES.

Elemento	λ (nm)
Al	306,153
Ba	455,403
Cr	267,716
Cu	324,752
Fe	259,939
Mn	257,610
Ni	231,604
Pb	220,353
Se	196,026
V	311,071
Zn	206,200

As soluções analíticas foram preparadas em tubos Falcon de 15 mL, a partir da solução-padrão multielementar Merck IV, soluções monoelementares de Al e de Fe (Titrisol, Merck) e solução multielementar G9V-ICP (Qhemis High Purity) por diluição em massa, com solução aquosa de ácido nítrico 10 %. Foram preparadas 4 ou 5 soluções analíticas, dependendo do elemento. O branco da curva foi uma solução de ácido nítrico 10 %. Os dados das curvas analíticas: concentrações, sensibilidade (*slope*), desvio-padrão de 10 medidas do branco (sd), limites de detecção instrumental (LOD_{inst}) e limites de detecção do método (LOD_{met}) estão apresentados na Tabela IV.11.2.2.1-2. Exceto as concentrações dos analitos nas curvas analíticas, que foram pré-estabelecidas e utilizadas sempre as mesmas em todas as análises, os outros parâmetros apresentados na tabela foram medidos e determinados a cada dia de análise e, para fins de exemplo, os valores apresentados são aqueles obtidos nas últimas análises. Os limites de detecção instrumentais foram calculados como 3 vezes o SD de 10 medidas do branco

dividido pela sensibilidade da curva. Os limites de detecção do método foram calculados como os LOD_{inst} multiplicados pelo fator de diluição da amostra (27X).

Tabela IV.11.2.2.1-2: Dados da curva analítica de calibração, desvio padrão dos brancos e os limites de detecção instrumental e do método, para a determinação de metais por ICP-OES.

Elemento	Concentrações (mg kg ⁻¹)	Slope (Intensidade/(mg kg ⁻¹))	SD branco (mg kg ⁻¹)	LOD_{inst} (mg kg ⁻¹)	LOD_{met} (mg kg ⁻¹)
Al	40; 60; 80; 100	61900	44,72	0,0022	0,059
Ba	0,1; 0,2; 0,5; 1; 5	6578000	58,05	0,00003	0,0007
Cr	0,1; 0,2; 0,5; 1; 5	46310	16,11	0,001	0,028
Cu	0,1; 0,2; 0,5; 1; 5	109900	18,29	0,0005	0,014
Fe	100; 150; 175; 200	64110	11,64	0,0005	0,015
Mn	0,1; 0,2; 0,5; 1; 5	354200	8,57	0,0001	0,002
Ni	0,1; 0,2; 0,5; 1; 5	25230	13,09	0,0016	0,042
Pb	0,1; 0,2; 0,5; 1; 5	6094	8,15	0,0040	0,11
Se	0,1; 0,2; 0,5; 1; 5	6094	8,15	0,004	0,11
V	0,1; 0,2; 0,5; 1; 5	1227	9,42	0,023	0,62
Zn	0,1; 0,2; 0,5; 1; 5	109500	26,11	0,0007	0,02

Determinações por ICP-MS

As análises foram feitas no espectrômetro Nexlon 300X (PerkinElmer, USA), empregando nebulizador concêntrico e câmara de nebulização ciclônica (ambos Glass Expansion, USA) e injetor de quartzo de 2,0 mm de diâmetro interno (PerkinElmer) (Gonçalves *et al.*, 2020). As condições operacionais foram: 1000 W de potência da radiofrequência, 17 L min⁻¹ de vazão de argônio do plasma, 1,0 L min⁻¹ de vazão de argônio auxiliar, 0,94 mL min⁻¹ de vazão de argônio nebulizador.

As soluções analíticas foram preparadas em tubos Falcon de 15 mL, a partir da solução-padrão monoelementar de Cd (CertiPUR®, Merck) por diluição em massa, com solução aquosa de ácido nítrico 10,0 %. Foram preparadas seis soluções analíticas, com concentrações aproximadas do elemento Cd: 1.0, 5.0, 10, 20, 50, 100, 200 e 500 µg L⁻¹. O branco da curva foi uma solução 10,0 % de ácido nítrico. Foi usada como padrão interno uma solução de Rh 40 µg L⁻¹, introduzida

em linha, junto com todas as soluções (brancos, soluções analíticas e amostras), através de uma conexão em Y.

Os dados da curva analítica: isótopo monitorado, sensibilidade (*slope*), desvio-padrão de dez medidas do branco (SD), limites de detecção instrumental (LOD_{inst}) e limites de detecção do método (LOD_{met}) estão apresentados na Tabela IV.11.2.2.1-3 abaixo. Os limites de detecção instrumentais foram calculados como sendo três vezes o SD do branco dividido pela sensibilidade da curva. Os limites de detecção do método foram calculados como os LOD_{inst} multiplicados pelo fator de diluição da amostra (27X).

Tabela IV.11.2.2.1-3: Dados da curva analítica de calibração, desvio padrão dos brancos e os limites de detecção instrumental e do método, para a determinação de Cd por ICP-MS

Elemento	Concentrações ($\mu\text{g kg}^{-1}$)	Slope (CPS ratio/ $(\mu\text{g kg}^{-1})$)	sd ($\mu\text{g kg}^{-1}$)	LOD_{inst} (mg kg^{-1})	LOD_{met} (mg kg^{-1})
Cd	1, 5, 10, 20, 50, 80	0,041022	0,0000619	0,0000045	0,000122

Determinações por GFAAS

As determinações de arsênio foram realizadas nos espectrômetros de absorção atômica com forno de grafite ZEE nit 600S (Analytik Jena, Alemanha), e AA240Z (Varian, Austrália), ambos equipados com lâmpada de cátodo oco de As, fornos de grafite com revestimento pirolítico e plataforma integrada. As soluções analíticas foram preparadas em tubos tipo falcon de 15 mL, a partir da solução-padrão multielementar G9V (Qhemis) por diluição em massa, com solução aquosa de ácido nítrico 0,2 %. Foram preparadas 5 soluções analíticas (20, 40, 60, 80, 100 mg kg^{-1}). O branco da curva foi uma solução 0,2 % de ácido nítrico. O cálculo do limite de detecção (LOD_{inst}) instrumental foi realizado a partir da razão entre 3 vezes o desvio padrão de 10 medidas do branco e a sensibilidade da curva analítica. O limite de detecção do método (LOD_{met}) foi calculado como o LOD_{inst} multiplicado pelo fator de diluição médio das amostras. Os valores obtidos para o LOD_{inst}

estiveram sempre menores ou iguais a $0,002 \text{ mg kg}^{-1}$, assim como os valores de LOD_{met} estiveram abaixo de $0,4 \text{ mg kg}^{-1}$.

Garantia da qualidade analítica

Em todas as etapas do processo de amostragem e análise das amostras empregando as três técnicas descritas acima (ICP OES, ICP-MS e AAS), foi realizado o controle analítico, a fim de assegurar a qualidade dos resultados obtidos. Para tanto, foram realizados os seguintes controles de qualidade: análise dos brancos de cada etapa, controle das curvas de calibração, e análise de materiais certificados.

Foram analisados brancos de frascaria e brancos de campo, para verificar possíveis interferências das condições de amostragem; brancos de método: todas as bateladas de preparo das amostras no forno de micro-ondas foram acompanhadas, em paralelo, por dois brancos do método contendo todos os reagentes utilizados, para avaliar possíveis contaminações durante processamento em laboratório; branco da curva analítica, para avaliar possíveis contaminações durante o preparo das soluções analíticas. Os intervalos de concentração medidos para os diferentes brancos para controle de possíveis contaminações nas várias etapas do processo de amostragem e análises por ICP OES (Al, Ba, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb, Se, V e Zn), por ICP-MS (Cd) e por GF AAS (As) estão apresentados na Tabela IV.11.2.2.1.

Tabela IV.11.2.2.1-4.: Intervalos (mínimo - máximo) das concentrações medidas de elementos traço nos brancos de frascaria, branco de campo e branco do método, medidos por ICP OES (Al, Ba, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb, Se, V, Zn), por ICP-MS (Cd) e por GF AAS (As).

Elemento	Concentrações (mg kg ⁻¹)		
	Branco de frascaria	Branco de campo	Branco do método
	n = 8	n = 14	n = 124
Al	< LOD	< LOD	< LOD – 0,3
As	< LOD	< LOD - 0,0041	< LOD
Ba	< LOD	< LOD	< LOD
Cd	< LOD	< LOD	< LOD
Cr	< LOD - 0,0321	< LOD - 0,0358	< LOD – 0,0405
Cu	< LOD - 0,0262	< LOD - 0,0464	< LOD – 0,0364
Fe	< LOD - 0,1931	< LOD - 1,0184	< LOD – 0,1425
Mn	< LOD - 0,0146	< LOD - 0,0118	< LOD – 0,0580
Ni	< LOD - 0,2184	< LOD - 0,0262	< LOD – 0,1633
Pb	< LOD	< LOD	< LOD
Se	< LOD	< LOD	< LOD
V	< LOD	< LOD	< LOD
Zn	< LOD - 0,0401	< LOD - 0,0399	< LOD - 0,1120

A cada dia de análise foram preparadas todas as soluções analíticas e o branco da curva analítica para construção das curvas analíticas. Em todas as análises, pelo menos a cada 15 soluções analisadas, foi feita a medida de um padrão de concentração intermediária da curva analítica para verificar possíveis variações na resposta do equipamento. Nos casos em que a diferença entre os resultados de intensidade do padrão intermediário e da curva analítica superou 20%, foi realizada a limpeza do sistema, através da introdução do branco da curva por aproximadamente 5 min, e uma nova verificação do padrão foi realizada. Quando mantida a diferença maior do que 20% do sinal original do branco, o sistema foi desligado para proceder a uma limpeza manual do sistema de introdução. Nesse caso, todas as amostras já mensuradas foram reanalisadas após a limpeza manual.

Para cada batelada de preparo das amostras no forno de micro-ondas, era preparada uma replicata do material certificado PACS-2 (Marine Sediment

Reference Materials for Trace Metals and Other Constituents, NRCC, Canadá) e/ou SRM-2704 (Buffalo River Sediment, NIST, USA), todas submetidas ao mesmo programa de temperatura do forno e todas as etapas de preparo das amostras. As concentrações certificadas e medidas para os materiais certificados, para controle da exatidão dos métodos de análise por ICP OES (Al, Ba, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb, Se, V e Zn), por ICP-MS (Cd) e por GF AAS (As) estão apresentados na Tabela IV.11.2.2.1-5.

Tabela IV.11.2.2.1-5: Valores certificados e medidos (média \pm desvio padrão) das concentrações de elementos traço nos materiais de referência certificados PACS-2 e SEM-2704, determinados por ICP OES (Al, Ba, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb, Se, V, Zn), por ICP-MS (Cd) e por GF AAS (As).

Concentrações (mg kg ⁻¹)				
Elemento	PACS-2		SEM-2704	
	n = 56		n = 6	
	Certificada	Medida	Certificada	Medida
Al	66200 \pm 3200	14525 \pm 1722	61100 \pm 1600	7373 \pm 4881
As	26,2 \pm 1,5	22,7 \pm 2,1	23,4 \pm 0,8	20,1 \pm 1,0
Ba	---	235 \pm 70	414 \pm 12	87 \pm 3
Cd	2,11 \pm 0,15	2,06 \pm 0,17	3,45 \pm 0,22	3,23 \pm 0,18
Cr	90,7 \pm 4,6	47,8 \pm 8,5	135 \pm 5	83 \pm 1
Cu	310 \pm 12	275 \pm 38	98,6 \pm 5	100 \pm 6
Fe	40900 \pm 600	29109 \pm 2001	41100 \pm 1000	30313 \pm 1083
Mn	440 \pm 19	241 \pm 38	555 \pm 19	430 \pm 17
Ni	39,5 \pm 2,3	29,4 \pm 2,6	44,1 \pm 3	30,7 \pm 0,8
Pb	183 \pm 8	166 \pm 11	161 \pm 17	156 \pm 2
Se	0,92 \pm 0,22	< LOD	---	< LOD
V	133 \pm 5	70 \pm 12	95 \pm 4	20 \pm 0,3
Zn	364 \pm 23	329 \pm 27	438 \pm 12	335 \pm 24

IV.11.2.2.2 – Determinação de Mercúrio (Hg)

Mercúrio foi determinado seguindo os métodos EPA 7473 para a extração e quantificação por Espectrometria de Absorção Atômica com Geração de Vapor a Frio (CV AAS), conforme indicado na Especificação técnica.

Extração

Foram pesados, em tubos tipo Falcon de 50 mL, cerca de 1,0 g dos sedimentos úmidos, em triplicata, e adicionados 10 mL de solução sulfonítrica (0,1% m/m de V₂O₅ em mistura de HNO₃ e H₂SO₄ 1:1) para dissolução parcial do material. Posteriormente, as amostras foram aquecidas a 90 °C, em bloco digestor por uma hora. Após resfriamento à temperatura ambiente, as amostras foram centrifugadas por 3 min a 3000 rpm, e o sobrenadante separado em um segundo tubo tipo Falcon de 50 mL (tubo A). Ao resíduo, foram acrescentados 10 mL de água ultrapura, homogeneizado e levado novamente à centrifugação, nas mesmas condições. Ao término desta etapa, o sobrenadante foi adicionado ao extrato previamente separado no tubo tipo Falcon de 50 mL (tubo A), e à solução resultante foi adicionado um excesso de solução de KMnO₄ 5% m/v até a manutenção da sua forma oxidada indicada pela coloração violeta na solução.

Determinação Instrumental (CV AAS)

O procedimento para a determinação da concentração de Hg nas soluções consiste em adicionar no momento da determinação instrumental volume suficiente de uma solução de cloridrato de hidroxilamina 10 % m/v apenas para a redução do excesso de KMnO₄, indicado pelo descoramento da solução violeta; então as soluções foram avolumadas a 50 mL, homogeneizadas, e foram retiradas três alíquotas de 10 mL para o frasco de geração de vapor frio de mercúrio.

As determinações foram realizadas em um espectrômetro de absorção atômica modelo RA-915 equipado com gerador de vapor frio modelo RP-91 (LUMEX, Rússia) (Gonçalves *et al.*, 2010 e 2017).

A redução do íon mercurioso (Hg^{2+}) a mercúrio elementar (Hg^0) foi realizada com a adição de 1,0 mL de solução de cloreto estanoso 20 % m/v ao frasco reacional do equipamento. Utilizou-se ar comprimido, numa vazão de 2,0 L min^{-1} , para promover uma vigorosa agitação da solução e conseqüentemente a liberação do vapor frio de mercúrio, este vapor é então conduzido para a célula de absorção com o auxílio do ar comprimido, o que permitiu a quantificação do mercúrio nas soluções de trabalho.

A partir dos dados de preparo das amostras e curvas de calibração, calculou-se a concentração deste metal em mg kg^{-1} . O cálculo do limite de detecção foi realizado a partir da razão entre três desvios padrão das leituras do branco instrumental e o coeficiente angular da curva de calibração. Os valores obtidos para o limite de detecção instrumental (LOD_i) foram menores ou iguais a 0,05 $\mu\text{g L}^{-1}$, assim como os valores de limite de detecção do método (LOD_{Am}) estiveram abaixo de 0,001 mg kg^{-1} .

Garantia da qualidade analítica

Em todas as etapas do processo de amostragem e análise das amostras para determinação de Hg empregando a técnica de CV AAS, foi realizado o controle analítico, a fim de assegurar a qualidade dos resultados obtidos. Para tanto, foram realizados os seguintes controles de qualidade: análise dos brancos de cada etapa, controle das curvas de calibração, e análise de material certificado.

Da mesma forma que para os outros metais e semi-metais, foram analisados brancos de frascaria e brancos de campo, para verificar possíveis interferências das condições de amostragem; brancos de método: todas as bateladas de preparo das amostras foram acompanhadas, em paralelo, por dois brancos do método contendo todos os reagentes utilizados, para avaliar possíveis contaminações durante o processamento no laboratório; branco da curva analítica, para avaliar possíveis contaminações durante o preparo das soluções analíticas. Os intervalos de concentração medidos para os diferentes brancos para controle de possíveis

contaminações nas várias etapas do processo de amostragem e análise estão apresentados na Tabela IV.11.2.2.2-1.

Tabela IV.11.2.2.2-1: Intervalos (mínimo - máximo) das concentrações medidas de Hg nos brancos de frascaria, branco de campo e branco do método, medidos por CV AAS.

Elemento	Concentrações (mg kg ⁻¹)		
	Branco de frascaria	Branco de campo	Branco do método
	n = 8	n = 14	n = 99
Hg	< LOD	< LOD	< LOD - 0,000079

Para garantir a exatidão dos resultados obtidos, todas as bateladas de preparo das amostras foram acompanhadas, em paralelo, por uma amostra do material de referência certificado MESS-3 (Marine Sediment Reference Materials for Trace Metals and Other Constituents) fornecido por National Research Council, Canada. As concentrações certificadas e medidas de Hg no material certificado, para controle da exatidão do método de análise por CV AAS estão apresentados na Tabela IV.11.2.2.2-2.

Tabela IV.11.2.2.2-2: Valores certificados e medidos (média ± desvio padrão) das concentrações de Hg no material de referência certificado MESS-3, determinados por CV AAS.

Elemento	Concentrações (mg kg ⁻¹)	
	MESS-3	
	n = 41	
	Certificada	Medida
Hg	0,0910 ± 0,0090	0,0905 ± 0,0050

IV.11.2.3 – Metodologia de Tratamento de Dados

As informações sobre os métodos aplicados para o tratamento de dados (estatística descritiva, correlações, NMDS, análises fatoriais não-paramétricas, entre outras) e os procedimentos nos quais foram realizados os agrupamentos dos dados do compartimento Sedimento podem ser encontrados no Capítulo III, item III.3.3 – MÉTODOS DE TRATAMENTO DE DADOS.

Resumidamente, para o compartimento sedimento, as estações do PMAR-BC foram agrupadas em polígonos conforme a província (Plataforma, Talude ou Cânion), fácies (Lamosa, Carbonática ou Arenosa), isóbata (100 m, 400 m ou 700 m) e área (Sul, Centro ou Norte). A identificação do polígono conforme a fácies só foi feita para os polígonos da plataforma, visto que no talude, todas as estações foram classificadas como em substrato lamoso. Sendo assim, a Plataforma do PMAR-BC ficou com sete polígonos: PL100S, PC100S, PA100S, PC100C, PA100C, PC100N e PA100N. Já o talude ficou com seis polígonos (T400S, T700S, T400C, T700C, T400N e T700N), e os cânions com três (C400N, C700N e C700S).

Análises exploratórias univariadas

A variação dos dados de cada parâmetro amostrado no compartimento sedimento foi explorada, individualmente, através de análises estatísticas univariadas descritivas (média, desvio-padrão, mediana, mínimo e máximo) para os elementos estudados, em todas as amostras, agrupadas por área, faciologia e isóbata.

Também foram incluídas as análises estatísticas univariadas: análise de correlações, figuras de distribuição espacial, comparações comparações com dados da literatura etc.

Análises exploratórias multivariadas

A avaliação das análises exploratórias multivariadas dos resultados de metais e semi-metais em sedimentos foi realizada a partir da interpretação das Análises de Agrupamentos (CLUSTER), utilizando análises de ordenação NMDS (similaridade - distância Euclidiana) e Análise em Componentes Principais (PCA) para posicionamento gráfico dos parâmetros analisados, descritas no capítulo III, item III.3.3.1. Para as análises exploratórias multivariadas as concentrações

absolutas dos elementos analisados foram aplicadas como parâmetros. Os resultados de Se não foram considerados nestas análises as concentrações em quase sua totalidade tiveram resultados abaixo do limite de detecção. Devido à grande diferença nas concentrações entre os elementos analisados, os resultados foram normalizados por base logarítmica.

Análises Inferenciais multivariadas

As análises inferenciais dos resultados de metais e semi-metais foram realizadas conforme apresentado no capítulo III, item III.3.3.1 de forma a atender os objetivos do projeto e testar as hipóteses referentes a possíveis diferenças entre os resultados encontrados. Comparações das concentrações de metais e semi-metais entre as fácies da plataforma continental, áreas e profundidades amostrais foram realizadas a partir da análise PERMANOVA. Adicionalmente, análises de PERMDISP, baseadas nas matrizes usadas nas análises PERMANOVA, foram utilizadas para verificação da homogeneidade na dispersão dos dados analisados e ratificação das análises PERMANOVA.

Nas análises inferenciais utilizadas para comparar dados dos projetos PMAR-BC e PCR-BC, foram seguidos os procedimentos descritos no capítulo III, item III.3.2.

IV.11.3 – RESULTADOS

Considerando o conjunto total de 306 amostras foram obtidas as seguintes concentrações médias para os elementos determinados: Al (13051 ± 6013) mg kg⁻¹, As ($17,2 \pm 7,3$) mg kg⁻¹, Ba (94 ± 79) mg kg⁻¹, Cd ($0,092 \pm 0,053$) mg kg⁻¹, Pb ($8,7 \pm 3,2$) mg kg⁻¹, Cu ($5,9 \pm 3,2$) mg kg⁻¹, Cr (32 ± 11) mg kg⁻¹, Fe (19568 ± 7418) mg kg⁻¹, Mn (402 ± 427) mg kg⁻¹, Hg ($0,0033 \pm 0,0015$) mg kg⁻¹, Ni ($10,8 \pm 5,1$) mg kg⁻¹, Se $<0,24$ mg kg⁻¹, V (36 ± 14) mg kg⁻¹ e Zn (31 ± 14) mg kg⁻¹. A estatística descritiva para os elementos estudados, em todas as amostras, agrupadas por área, faciologia e isóbata, está apresentada na Tabela IV.11.3-1. Observa-se que o maior destaque considerando todos os grupos de amostras são as concentrações médias mais elevadas da maioria dos elementos nos sedimentos de talude e de cânion.

Os valores correspondentes ao selênio não são apresentados nessa tabela porque as concentrações medidas em todas as amostras ficaram abaixo do limite de quantificação de 0,24 mg kg⁻¹.

Tabela IV.11.3-1 – Estatística descritiva: média, desvio padrão (DP), mediana, mínimo (Mín) e máximo (Máx) das concentrações (mg kg⁻¹) de metais e semi-metais na 1ª campanha do PMAR-BC

Parâmetro	PLATAFORMA							TALUDE				CÂNIONS					
	SUL		CENTRO		NORTE		SUL	CENTRO		NORTE		SUL	NORTE				
	Arenosa	Carbonática	Lamosa	Arenosa	Carbonática	Arenosa	Carbonática	400m	700m	400m	700m	400m	700m	700m	400m	700m	
	n = 15	n = 15	n = 20	n = 15	n = 15	n = 15	n = 13	n = 25	n = 25	n = 25	n = 25	n = 25	n = 25	n = 24	n = 12	n = 12	
Al	Média	6486	7286	16564	4375	6246	3746	8554	8617	14456	10987	17153	19980	20176	18073	17848	16405
	DP	1258	2057	1393	712	1752	1907	1302	2623	1932	1697	2325	5103	3096	1366	2148	2250
	Mediana	6661	7255	16655	4159	6102	3427	8330	9023	14724	10956	17792	21273	20643	18000	18072	16923
	Mín	4618	4280	13883	3678	2315	1441	6153	4542	10467	8020	12263	3715	15393	15745	14515	12725
	Máx	8527	12325	19735	6287	9587	7646	10773	14351	17645	14838	21459	25201	28410	21203	21233	20187
As	Média	19,0	12,0	12,0	15,2	11,5	10,7	18,5	12,2	12,9	20,1	13,9	27,9	26,0	18,7	23,8	17,4
	DP	3,7	2,8	2,3	3,4	2,6	7,8	4,4	4,9	2,7	9,3	2,4	6,0	6,7	2,7	4,6	2,7
	Mediana	18,8	11,8	12,5	15,2	11,4	11,5	17,0	11,9	13,0	17,3	13,5	27,1	25,7	19,0	23,8	16,4
	Mín	12,9	7,0	6,3	9,4	7,3	2,7	13,8	5,6	6,5	11,0	11,3	18,1	14,8	14,5	13,4	14,1
	Máx	25,6	16,3	15,7	21,2	18,9	26,7	28,5	22,6	19,1	57,0	20,2	37,3	41,9	24,9	29,5	21,9
Ba	Média	30,1	26,2	45,4	32,2	63,1	8,7	23,4	53,8	109,5	137,0	250,0	69,3	105,3	131,9	122,6	206,1
	DP	15,5	9,4	6,5	6,0	22,8	4,6	2,6	21,3	16,3	127,0	70,2	10,6	30,9	13,5	12,1	37,5
	Mediana	26,6	25,0	44,3	30,9	59,6	7,3	23,6	54,7	110,3	114,4	245,4	70,9	108,1	131,1	123,1	198,1
	Mín	14,2	10,5	35,0	24,4	19,8	3,2	16,6	22,4	70,0	69,8	118,6	40,3	42,3	111,3	98,6	137,1
	Máx	76,3	47,4	56,6	44,9	106,5	18,3	26,8	91,0	141,0	732,2	441,1	91,0	162,9	161,9	153,1	270,9

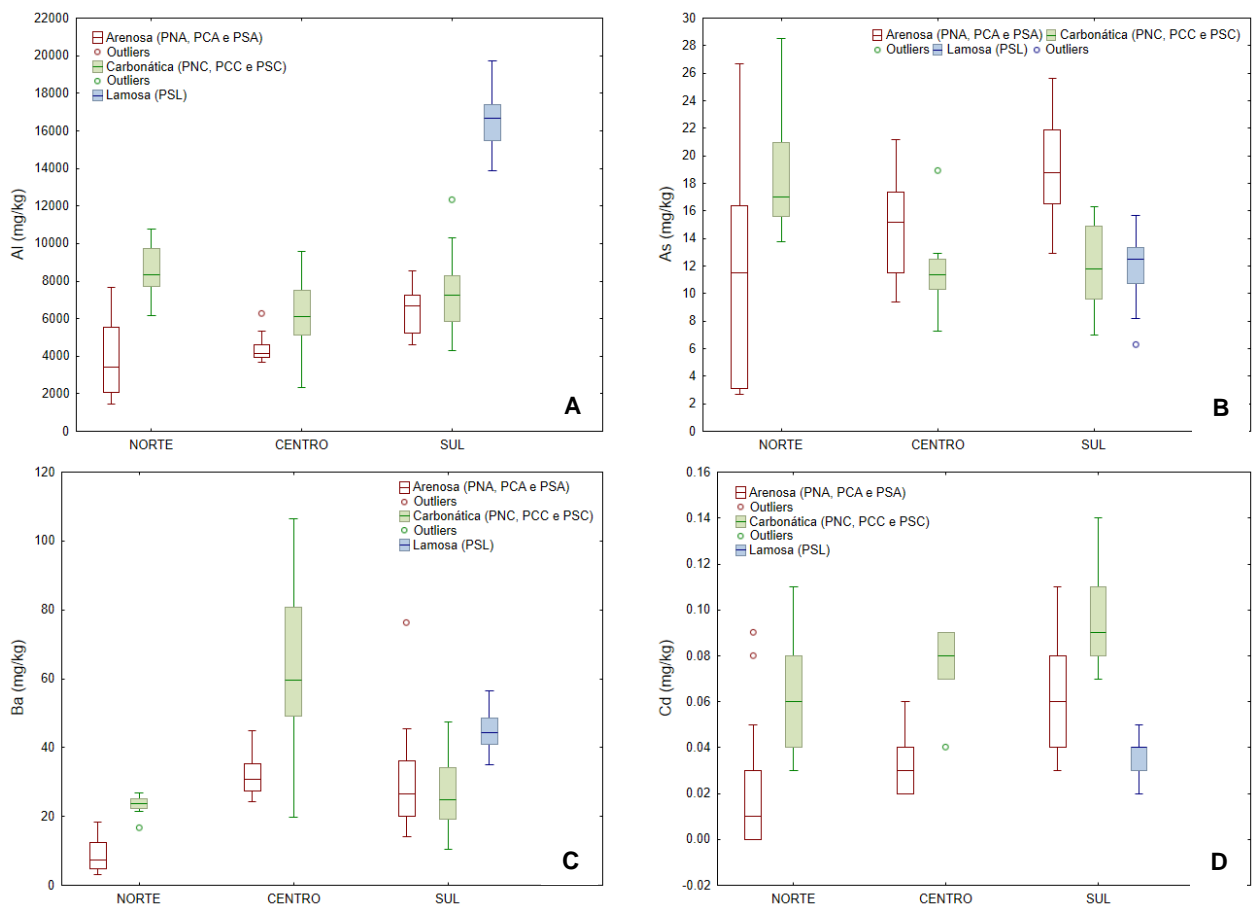
Parâmetro	PLATAFORMA						TALUDE						CÂNIIONS				
	SUL		CENTRO		NORTE		SUL		CENTRO		NORTE		SUL	NORTE			
	Arenosa	Carbonática	Lamosa	Arenosa	Carbonática	Arenosa	Carbonática	400m	700m	400m	700m	400m	700m	700m	400m	700m	
	n = 15	n = 15	n = 20	n = 15	n = 15	n = 15	n = 13	n = 25	n = 25	n = 25	n = 25	n = 25	n = 25	n = 24	n = 12	n = 12	
Cd	Média	0,06	0,10	0,04	0,03	0,08	0,02	0,06	0,09	0,16	0,06	0,10	0,08	0,11	0,19	0,08	0,15
	DP	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	0,03	0,03	0,03	0,02	0,01	0,01	0,02	0,03	0,06	0,01	0,03
	Mediana	0,06	0,09	0,04	0,03	0,08	0,01	0,06	0,09	0,16	0,06	0,10	0,08	0,10	0,18	0,08	0,15
	Mín	0,03	0,07	0,02	0,02	0,04	0,00	0,03	0,05	0,12	0,04	0,08	0,04	0,08	0,13	0,06	0,11
	Máx	0,11	0,14	0,05	0,06	0,09	0,09	0,11	0,15	0,21	0,08	0,13	0,12	0,21	0,45	0,11	0,22
Pb	Média	5,5	4,7	11,1	4,2	6,1	3,5	6,8	6,2	9,4	7,8	11,5	11,2	11,7	12,3	9,5	10,6
	DP	1,6	1,4	1,7	1,0	1,9	1,8	0,7	2,1	1,1	1,2	1,1	2,0	1,9	0,7	1,9	1,7
	Mediana	5,1	5,0	11,6	4,5	5,4	2,7	6,6	7,0	9,7	7,5	11,6	11,6	12,2	12,3	8,9	10,7
	Mín	4,1	0,2	8,3	0,7	3,2	1,5	5,8	3,0	7,0	6,1	9,3	6,6	7,7	11,0	7,9	8,0
	Máx	9,2	5,9	14,5	4,9	10,6	7,6	7,8	9,1	11,9	11,1	13,6	14,2	16,1	13,5	14,4	12,9
Cu	Média	2,3	3,7	6,8	1,1	2,5	1,2	2,7	3,7	8,0	4,3	10,0	7,5	9,0	9,8	5,8	8,8
	DP	0,4	1,0	1,6	0,4	0,6	0,8	0,3	1,3	1,1	1,2	1,1	0,7	1,2	0,8	0,7	1,8
	Mediana	2,3	3,9	7,5	1,1	2,5	1,0	2,7	3,7	8,0	4,1	10,2	7,5	9,2	9,8	6,0	8,3
	Mín	1,5	1,0	4,4	0,8	1,5	0,3	2,2	1,8	5,5	2,0	7,9	5,7	6,9	8,0	4,4	6,7
	Máx	3,0	5,0	9,3	2,3	3,7	3,0	3,1	6,0	10,0	7,5	11,6	8,7	12,0	11,3	6,9	13,0
Cr	Média	19,0	20,3	35,1	14,6	19,6	14,8	25,8	22,4	30,0	33,0	40,8	48,8	46,1	41,0	36,8	38,4
	DP	2,3	4,8	4,3	0,6	1,6	8,3	3,5	3,8	2,9	4,3	3,5	3,2	4,3	2,4	3,2	3,7
	Mediana	18,5	19,2	35,1	14,7	19,4	11,7	25,9	21,6	30,2	33,2	41,6	49,3	46,8	40,9	36,6	39,7
	Mín	14,5	11,0	28,6	13,4	17,3	5,5	21,0	15,8	23,1	25,1	33,8	43,0	38,3	37,7	31,9	31,5
	Máx	24,2	27,9	42,5	15,6	22,9	32,8	32,8	30,3	34,4	47,3	49,2	54,2	56,5	45,0	42,9	42,7

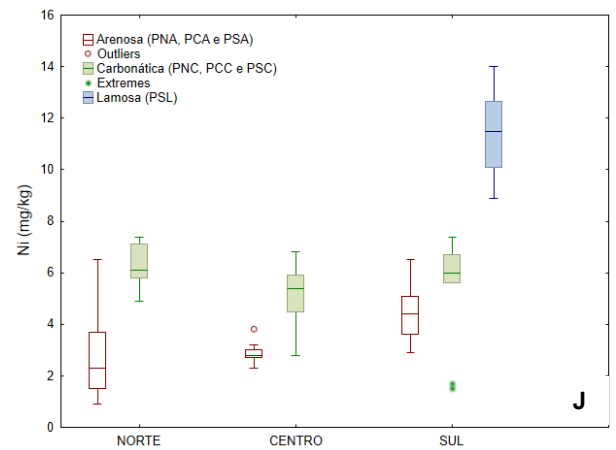
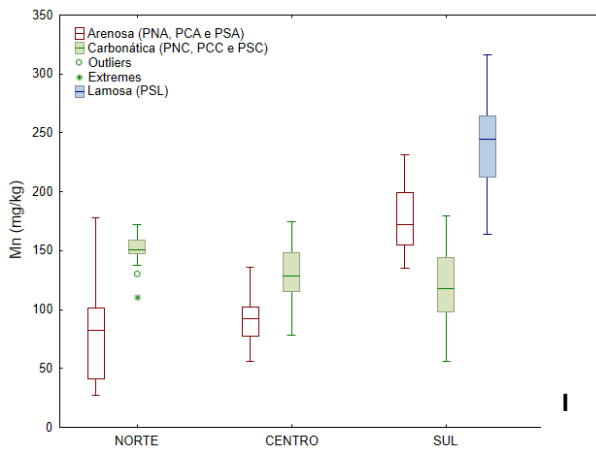
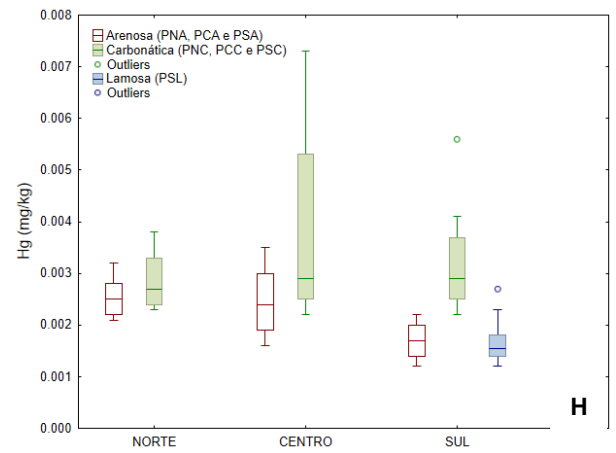
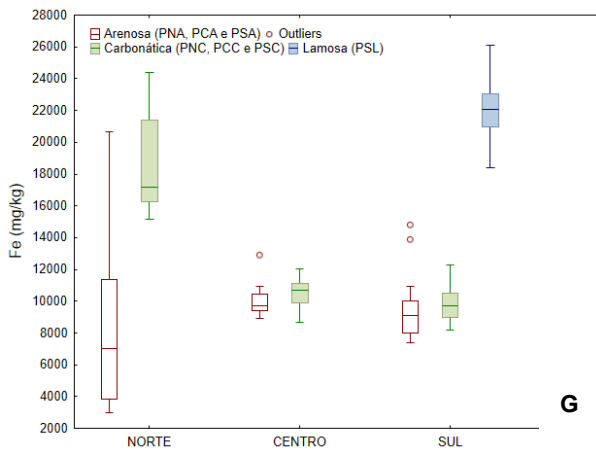
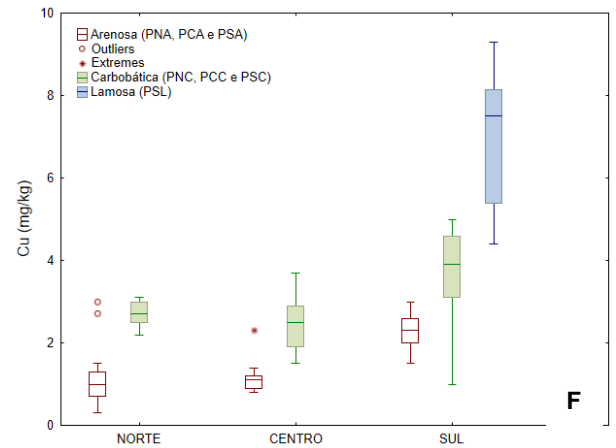
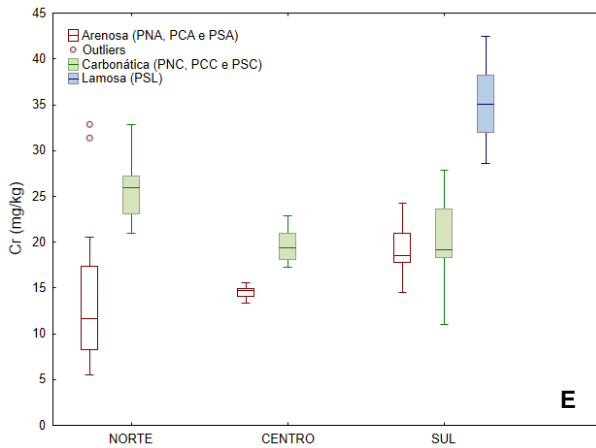
Parâmetro	PLATAFORMA							TALUDE					CÂNIOS				
	SUL		CENTRO		NORTE		SUL		CENTRO		NORTE		SUL	NORTE			
	Arenosa	Carbonática	Lamosa	Arenosa	Carbonática	Arenosa	Carbonática	400m	700m	400m	700m	400m	700m	700m	400m	700m	
	n = 15	n = 15	n = 20	n = 15	n = 15	n = 15	n = 13	n = 25	n = 25	n = 25	n = 25	n = 25	n = 25	n = 24	n = 12	n = 12	
Fe	Média	9598	9914	22097	9982	10439	8439	18398	15120	18667	22646	22404	30497	28392	24394	22670	23363
	DP	2167	1377	2148	995	1047	5274	2982	3190	1974	5720	2549	2592	3435	1276	1145	2078
	Mediana	9105	9738	22095	9686	10674	7012	17167	16246	18742	22012	22291	30065	28677	23919	22640	23856
	Mín	7410	8172	18388	8909	8666	3002	15140	8897	14125	15016	18266	25226	23286	22747	20890	19741
	Máx	14812	12293	26116	12883	12034	20631	24376	19626	22003	43678	29354	35223	35262	27386	24185	26655
Mn	Média	176,8	121,1	240,1	92,4	130,9	78,5	150,1	208,5	557,8	236,3	443,2	403,4	527,7	1594,2	293,2	497,4
	DP	27,2	33,7	38,7	20,3	24,7	42,1	16,7	47,0	265,8	36,3	99,6	125,2	212,8	551,6	60,2	204,3
	Mediana	172,1	117,6	244,8	92,2	128,3	82,8	150,6	207,2	506,3	233,2	427,0	390,6	492,4	1655,1	290,3	421,2
	Mín	134,9	56,0	164,2	56,0	78,5	27,3	110,4	119,0	182,6	167,1	323,2	135,3	237,3	640,2	214,5	305,9
	Máx	231,1	179,7	316,4	135,9	174,6	177,9	172,5	307,6	1421,6	328,4	744,7	734,4	979,0	2869,4	416,6	923,7
Hg	Média	0,0017	0,0031	0,0016	0,0025	0,0038	0,0025	0,0029	0,0026	0,0030	0,0047	0,0059	0,0028	0,0045	0,0016	0,0031	0,0051
	DP	0,0003	0,0009	0,0004	0,0005	0,0016	0,0003	0,0005	0,0006	0,0005	0,0008	0,0011	0,0011	0,0010	0,0002	0,0008	0,0017
	Mediana	0,0017	0,0029	0,0016	0,0024	0,0029	0,0025	0,0027	0,0025	0,0030	0,0047	0,0055	0,0028	0,0043	0,0016	0,0030	0,0048
	Mín	0,0012	0,0022	0,0012	0,0016	0,0022	0,0021	0,0023	0,0020	0,0021	0,0028	0,0041	0,0011	0,0026	0,0011	0,0020	0,0025
	Máx	0,0022	0,0056	0,0027	0,0035	0,0073	0,0032	0,0038	0,0046	0,0039	0,0065	0,0081	0,0056	0,0072	0,0019	0,0047	0,0076
Ni	Média	4,5	5,7	11,5	2,9	5,2	2,8	6,3	8,0	14,1	10,2	16,2	13,1	15,7	17,3	11,8	14,6
	DP	1,1	1,8	1,5	0,4	1,0	1,6	0,8	2,1	1,8	1,1	2,4	4,6	2,1	1,1	1,5	2,0
	Mediana	4,4	6,0	11,5	2,8	5,4	2,3	6,1	8,1	14,1	10,3	16,3	13,9	16,2	17,0	11,9	14,8
	Mín	2,9	1,5	8,9	2,3	2,8	0,9	4,9	4,5	10,4	8,1	11,9	2,5	12,2	15,9	9,5	11,6
	Máx	6,5	7,4	14,0	3,8	6,8	6,5	7,4	11,9	17,1	12,5	21,4	17,3	19,9	19,5	15,4	17,8
V	Média	20,7	21,4	31,1	21,2	21,9	19,3	31,0	27,9	30,9	39,4	40,0	60,1	57,9	40,5	42,3	44,3

Parâmetro	PLATAFORMA							TALUDE						CÂNIONS		
	SUL		CENTRO		NORTE			SUL		CENTRO		NORTE		SUL	NORTE	
	Arenosa	Carbonática	Lamosa	Arenosa	Carbonática	Arenosa	Carbonática	400m	700m	400m	700m	400m	700m	700m	400m	700m
	n = 15	n = 15	n = 20	n = 15	n = 15	n = 15	n = 13	n = 25	n = 25	n = 25	n = 25	n = 25	n = 25	n = 24	n = 12	n = 12
DP	3,3	4,2	4,6	2,8	2,7	12,2	7,8	9,9	3,1	12,1	2,5	6,0	6,2	4,4	3,9	3,6
Mediana	19,4	20,5	30,7	21,3	22,4	14,5	29,5	30,9	32,0	37,5	40,4	61,0	59,3	40,4	42,0	45,3
Mín	17,8	15,9	24,3	16,4	16,3	6,3	23,3	11,3	23,2	25,4	33,8	48,1	45,6	34,5	36,5	37,7
Máx	29,2	30,3	39,0	28,4	27,0	48,9	51,4	47,0	34,8	86,2	43,5	70,7	67,9	47,4	48,4	49,1
Média	9,7	15,7	41,2	12,4	14,6	7,6	17,6	24,2	35,9	32,2	46,2	37,1	42,1	44,4	31,3	40,7
DP	2,0	7,6	8,2	6,1	3,6	4,2	2,4	5,5	3,5	5,7	4,5	12,1	5,1	2,6	7,2	6,0
Zn Mediana	10,1	15,0	40,7	9,3	13,8	6,4	17,4	24,9	36,6	33,0	46,3	40,9	42,1	43,8	29,5	40,1
Mín	6,0	3,7	28,1	6,4	8,9	3,1	13,3	16,8	27,0	20,1	37,1	9,0	34,2	40,6	24,1	29,9
Máx	12,7	37,7	54,6	28,3	20,9	16,9	22,0	35,5	41,8	43,2	53,6	49,6	52,3	50,3	50,6	49,7

IV.11.3.1 – Áreas Sul, Centro e Norte da Plataforma Continental

Neste item são apresentados os gráficos em caixa das concentrações (Figura IV.11.3.1-1 (A-N)) de Al, As, Ba, Cd, Cr, Cu, Fe, Hg, Mn, Ni, Pb, V e Zn nas três áreas da plataforma continental da bacia de Campos, considerando a comparação das fácies arenosa, carbonática e lamosa. As distribuições espaciais das concentrações dos metais e semimetais em cada estação são apresentadas no Anexo IV.11.7.2.





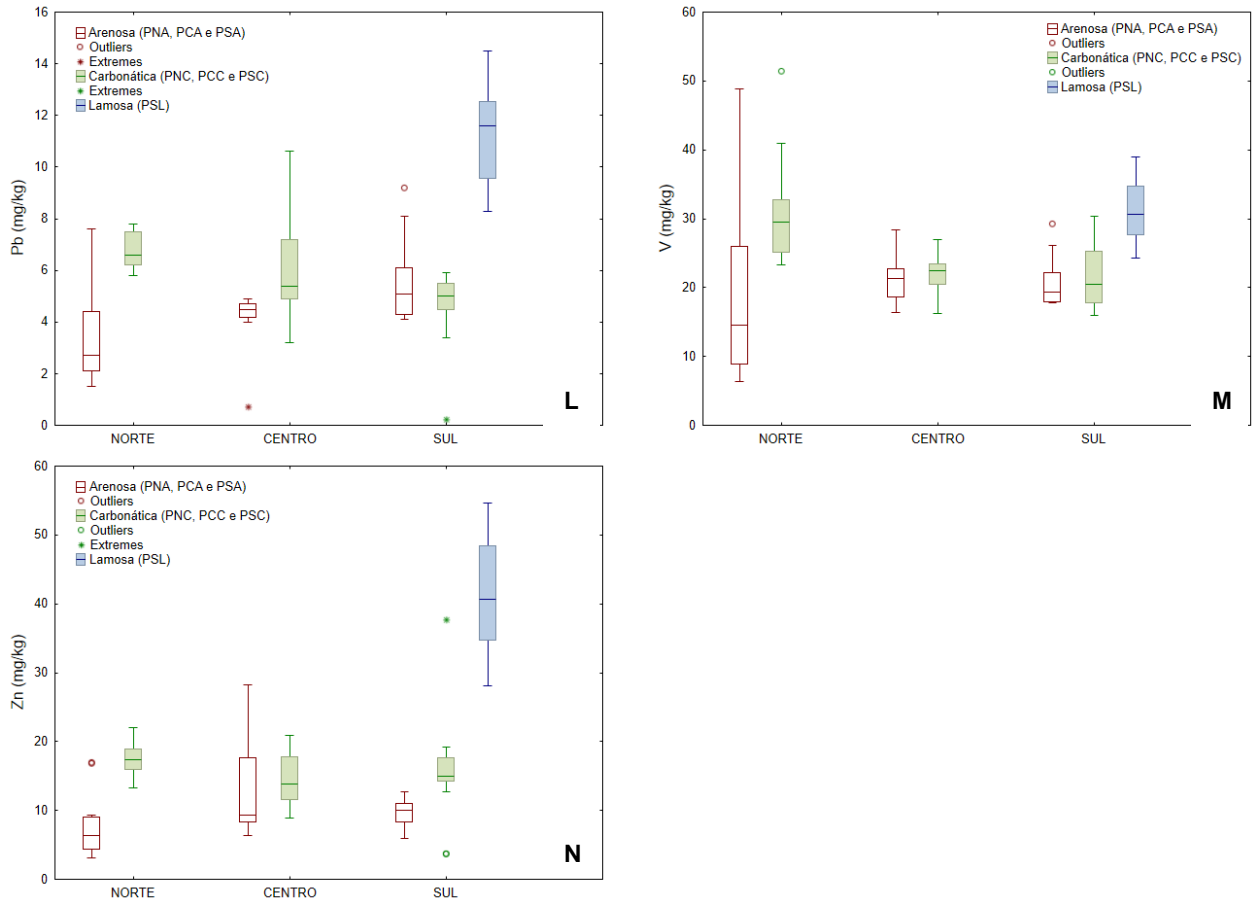


Figura IV.11.3.1-1: Gráficos de caixa (mínimo, máximo e mediana) das concentrações (mg kg^{-1}) de Al (A), As (B), Ba (C), Cd (D), Pb (E), Cu (F), Cr (G), Fe (H), Hg (I), Mn (J), Ni (L), V (M), Zn (N) nas fácies arenosa, carbonática e lamosa da plataforma continental nas três áreas da bacia de Campos.

Para a maioria dos elementos, a fácies lamosa apresenta as maiores concentrações em comparação a todos os outros polígonos da plataforma continental, bem visualizável nos gráficos de caixas e nas figuras de distribuição espacial (Anexo IV.11.7.2, Figuras 1 a 13 A, B e C), coerente com o fato de uma maior concentração elementar na fração silte-argilosa. As exceções para esta observação ocorrem para os elementos As, Ba, Cd e Hg. Esses elementos, que são todos tóxicos e os metais (Ba, Cd e Hg) considerados pesados, estão mais homogeneamente distribuídos em todas as fácies da Plataforma Continental e com maiores concentrações nas fácies carbonática (Ba, Hg e Cd) e arenosa (As).

Embora V também tenha apresentado maiores concentrações na fácies lamosa, ou seja, esse elemento não segue a tendência dos elementos de origem natural na crosta, de concentrarem na fração natural silte-argila, podendo indicar

origem mista, parte natural e parte de origem no compartimento água. Já Ni, que é um elemento associado ao V na indústria do petróleo, também é um elemento naturalmente mais abundante do que V e, nesse caso, segue a tendência dos outros elementos da crosta terrestre. Apesar desse comportamento, as concentrações desses elementos são todas muito baixas na Plataforma Continental, sendo magnificadas nas regiões mais profundas, que serão discutidas no próximo item (IV.11.3.2.).

As maiores medianas dos elementos As, Ba, Cd e Hg foram encontradas nas seguintes amostras da Plataforma Continental:

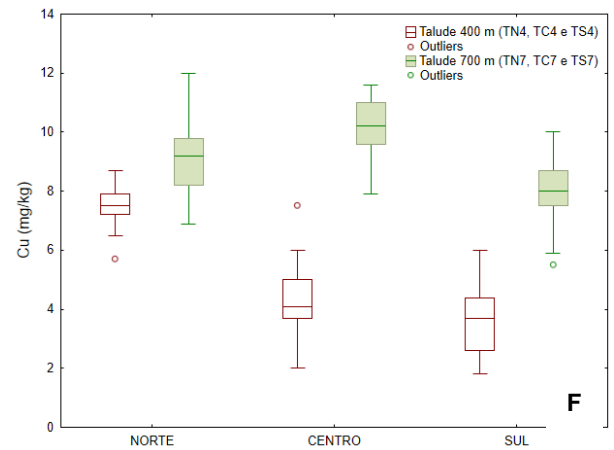
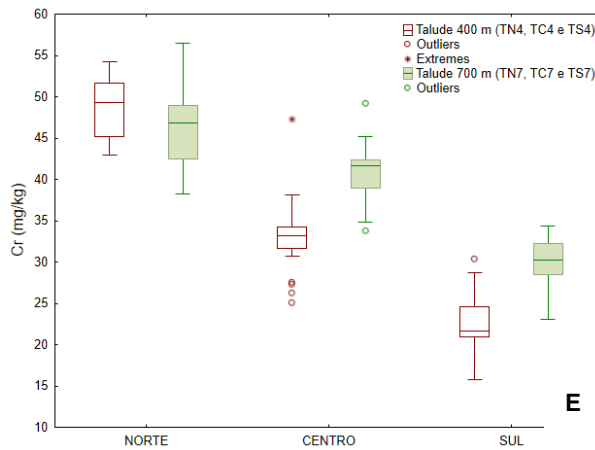
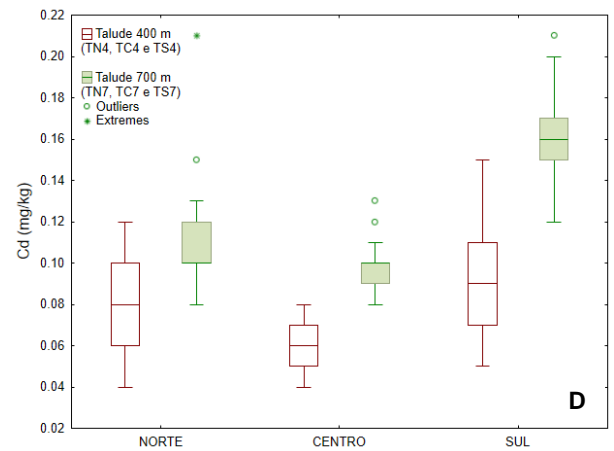
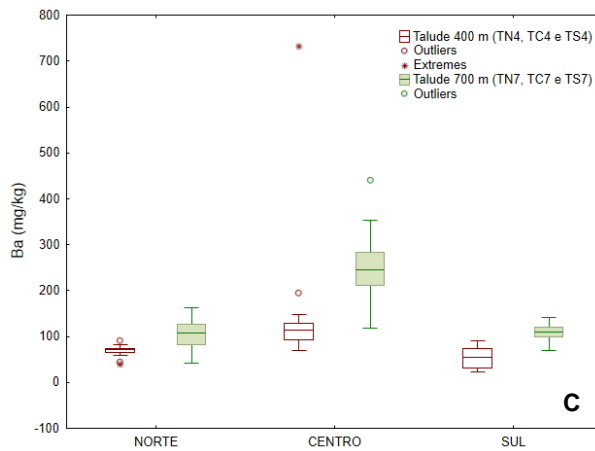
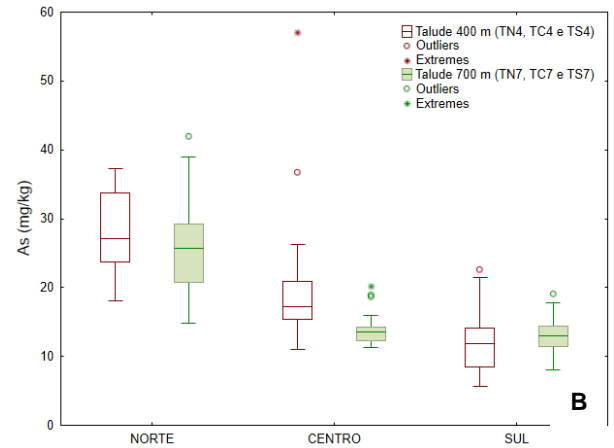
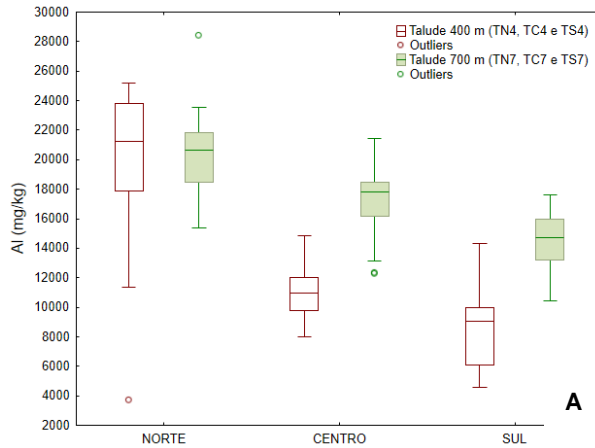
Arsênio: As maiores concentrações são encontradas nas regiões arenosas Sul e Centro e na carbonática Norte.

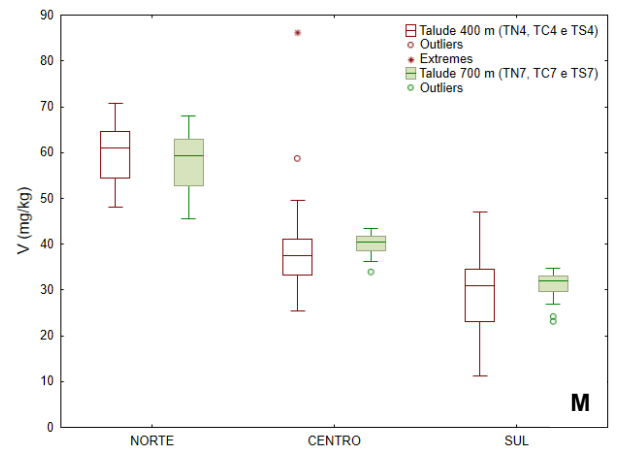
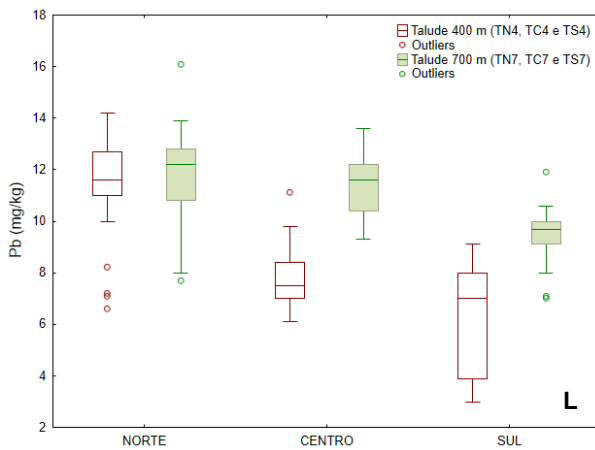
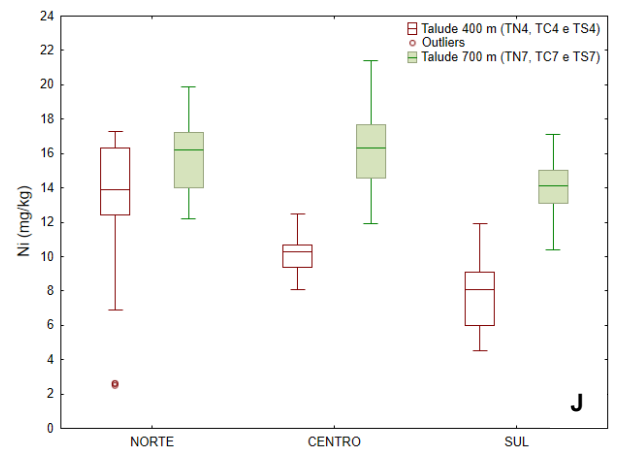
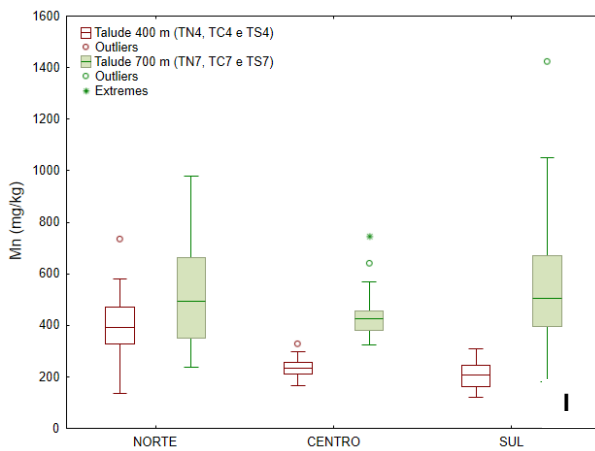
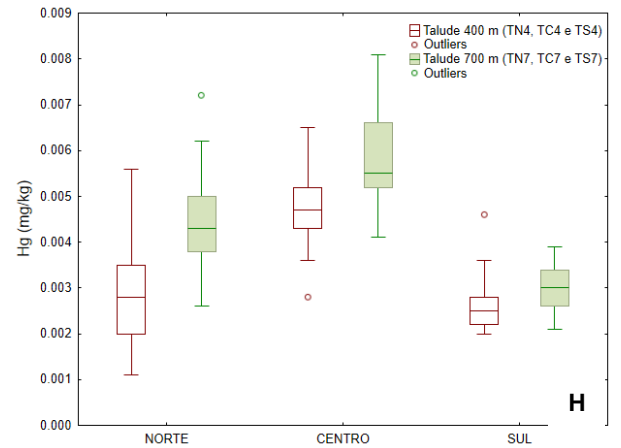
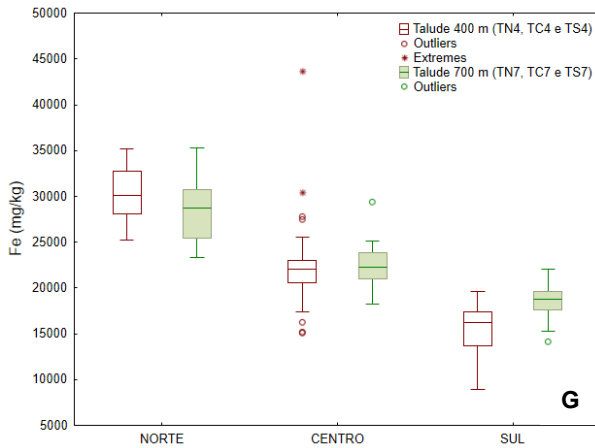
Bário: Pelo gráfico de caixas, as maiores concentrações foram observadas nos sedimentos carbonáticos da região central.

Cádmio e Mercúrio: As maiores concentrações foram observadas nos polígonos carbonáticos da região sul e central, para Cd e Hg, respectivamente.

IV.11.3.2 – Áreas Sul, Centro e Norte do Talude nas isóbatas de 400 m e 700 m

Neste item são apresentados os gráficos em caixa das concentrações (Figura IV.11.3-2-1 (A-N)) de Al, As, Ba, Cd, Cr, Cu, Fe, Hg, Mn, Ni, Pb, V e Zn no talude das três áreas da bacia de Campos, considerando a comparação das isóbatas de 400 m e 700 m. As distribuições espaciais das concentrações dos metais e semi-metais em cada estação de coleta são apresentadas no Anexo IV.11.7.2, Figura 1 a 13; D, E e F.





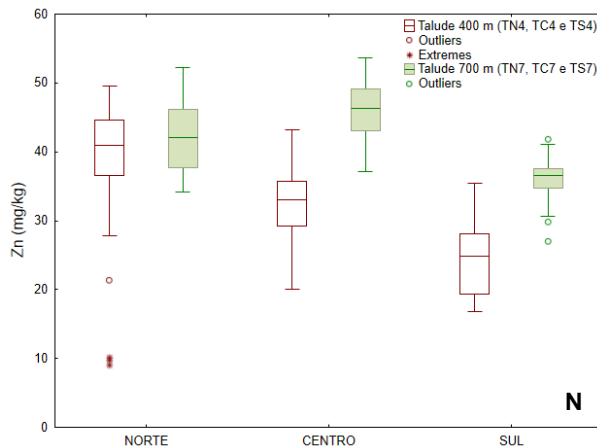
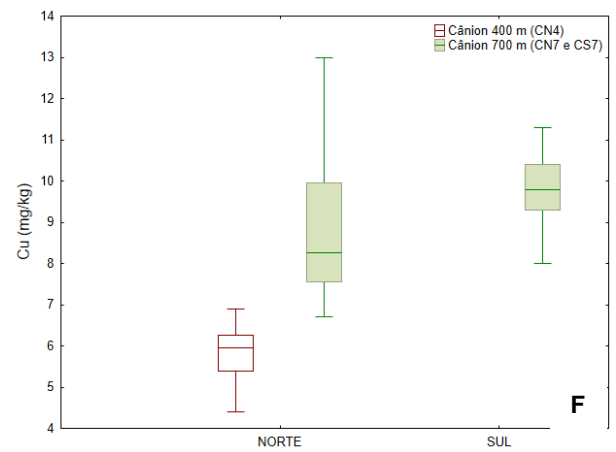
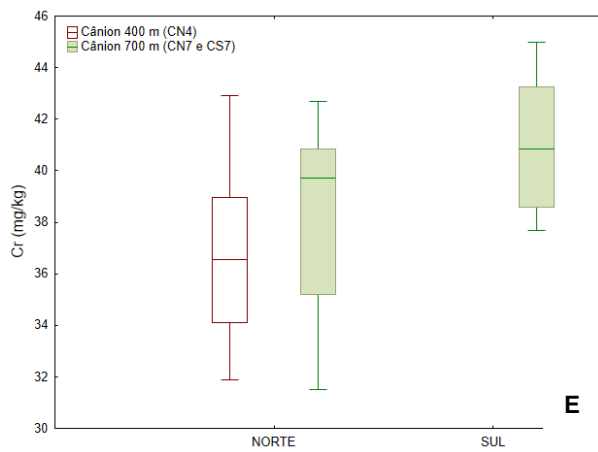
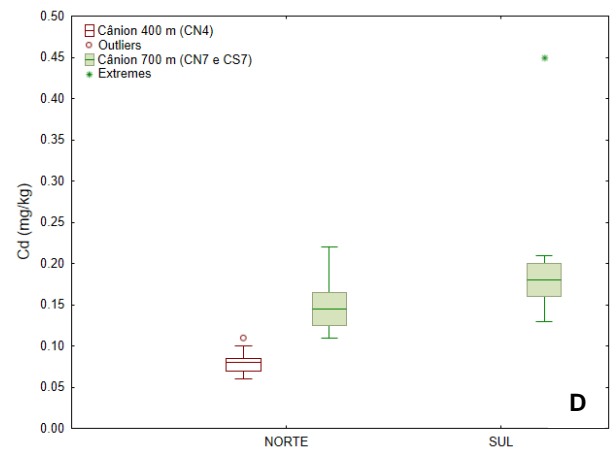
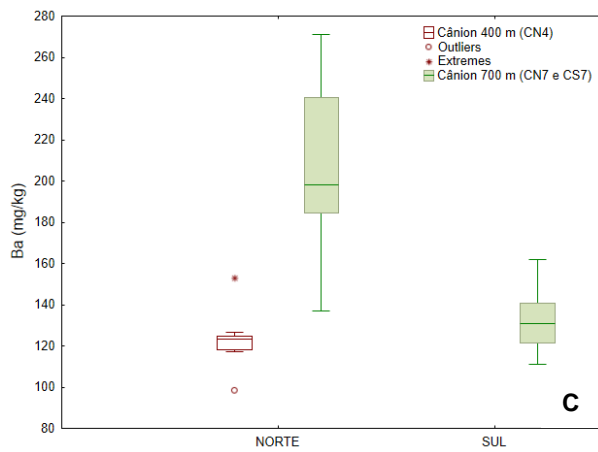
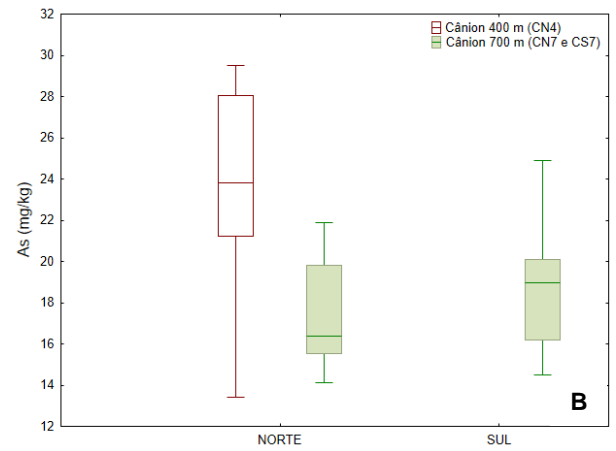
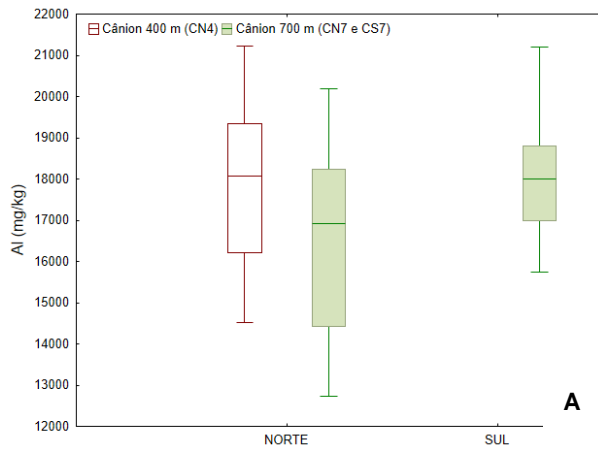


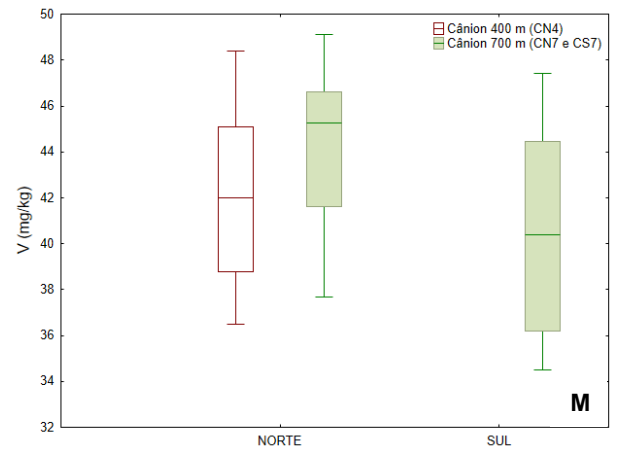
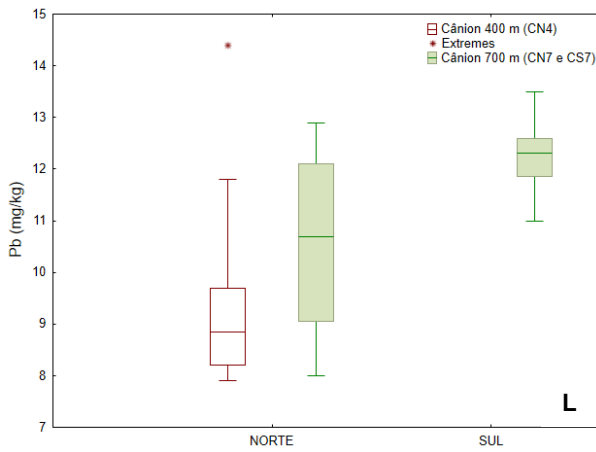
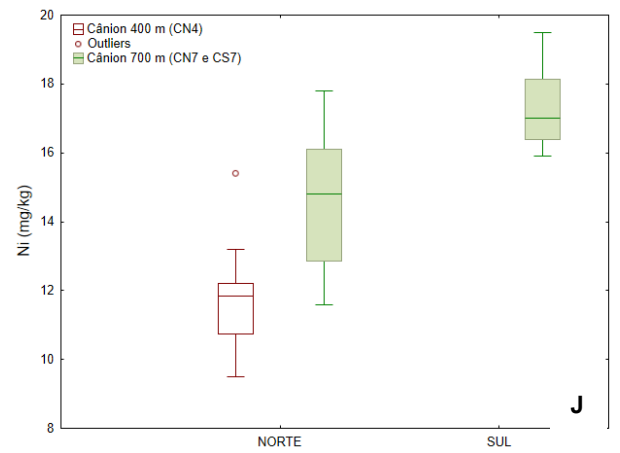
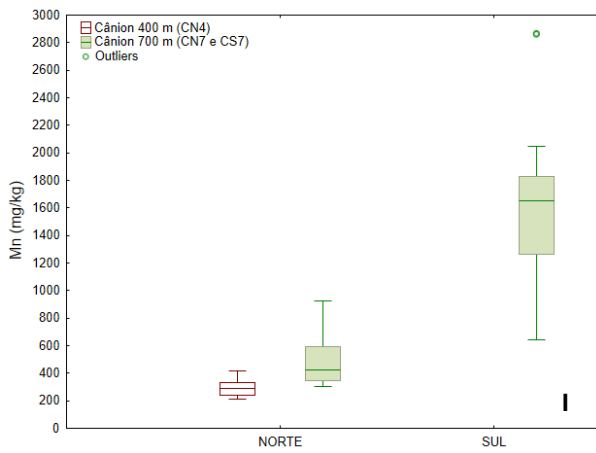
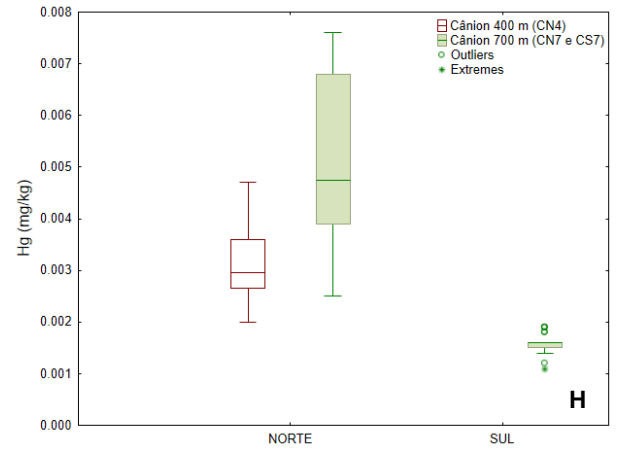
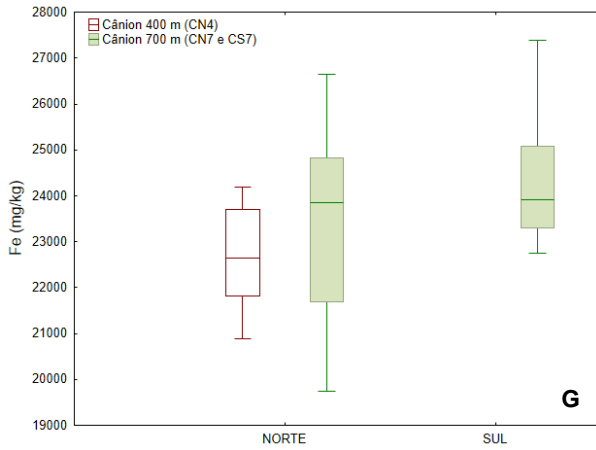
Figura IV.11.3.2-1: Gráficos de caixa (mínimo, máximo e mediana), das concentrações (mg kg^{-1}) de Al (A), As (B), Ba (C), Cd (D), Pb (E), Cu (F), Cr (G), Fe (H), Hg (I), Mn (J), Ni (L), V (M), Zn (N) nas isóbatas 400 m e 700 m no talude nas três áreas da bacia de Campos.

Os resultados mostram que na comparação entre as isóbatas, para a maioria dos elementos, a isóbata de 700 m apresenta as maiores concentrações. Esta observação é mais frequente nas áreas centro e sul (Al, Ba, Cd, Cr, Cu, Fe, Hg, Mn, Ni, Pb, V, Zn). Na comparação entre as áreas, Al, As, Cr, Fe, V, e Pb apresentam decréscimo nas concentrações a partir da área norte em direção à área sul para ambas as isóbatas. Para os elementos Ba e Hg há maior concentração na região central. Esta observação é mais evidente para a isóbata de 700 m. Para os elementos Cd, Cu, Mn, Ni, Pb, e Zn não há distinção clara entre as áreas para ambas as isóbatas.

IV.11.3.3 – Áreas Sul e Norte de Cânions nas isóbatas de 400 m e 700 m

Neste item são apresentados os gráficos em caixa (Figura IV.11.3.3-1 (A-N)) para os elementos Al, As, Ba, Cd, Cr, Cu, Fe, Hg, Mn, Ni, Pb, V e Zn nos cânions das áreas norte e sul da bacia de Campos, considerando a comparação das isóbatas de 400 m e 700 m para a área norte e da isóbata de 700 m para a área sul. As distribuições geográficas são apresentadas no Anexo IV.11.7.2, Figuras 3 a 13; G e H.





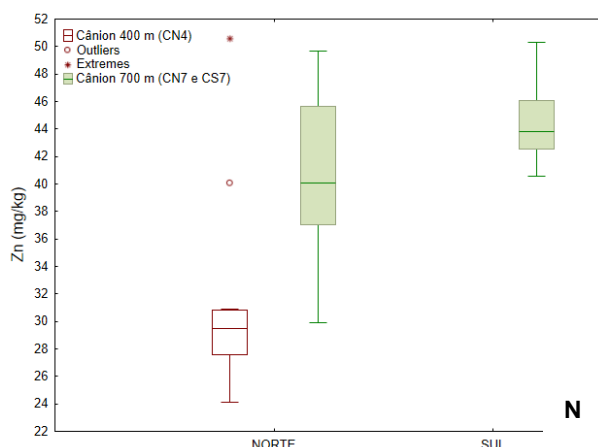


Figura IV.11.3.3-1: Gráficos de caixa (mínimo, máximo e mediana) das concentrações (mg kg^{-1}) de Al (A), As (B), Ba (C), Cd (D), Pb (E), Cu (F), Cr (G), Fe (H), Hg (I), Mn (J), Ni (L), V (M), Zn (N) nos cânions nas áreas norte e sul da bacia de Campos, considerando a comparação das áreas amostrais posicionadas sobre a isóbata de 400 m e 700 m.

Os resultados mostram que na comparação entre as isóbatas, os elementos Ba, Cd, Cu, Mn, Ni e Zn apresentam concentrações maiores na isóbata de 700 m. Apenas os elementos As e Al apresenta concentrações maiores na isóbata de 400 m.

Na comparação entre as áreas, para a isóbata de 700 m, apenas os elementos Ba e Hg apresentam concentrações maiores na área norte. Os elementos Mn e Ni apresentam concentrações maiores na área sul. Sendo assim, para a maioria dos elementos, não há diferença clara entre as áreas.

IV.11.3.4 – Análises estatísticas multivariadas com base nos resultados de metais

Neste item são apresentados os resultados das análises estatísticas multivariadas dos dados de Al, As, Ba, Cd, Pb, Cu, Cr, Fe, Hg, Mn, Ni, V, Zn: análises exploratórias – para avaliação das principais tendências observadas nos grupos de dados, e análises inferenciais – baseadas na interpretação dos testes PERMDISP e PERMANOVA. Estas duas classes de análise estão descritas no

Capítulo III, item III.3.3 – MÉTODOS DE TRATAMENTO DE DADOS. Tendo em vista a alta especificidade das comparações apresentadas nas hipóteses nulas, nestas análises de permutação foi adotado um único desenho experimental simples, comparando os polígonos da malha amostral. Cada polígono representa uma combinação distinta dos fatores projeto, província, área, fácies e isóbata.

- **Análises exploratórias multivariadas**

Neste item são apresentados os resultados de análise estatística multivariada aplicada às concentrações dos elementos estudados (Al, As, Ba, Cd, Cr, Cu, Fe, Hg, Mn, Ni, Pb, V e Zn) nas três áreas da plataforma continental da bacia de Campos, considerando a comparação das fácies arenosa, carbonática e lamosa, a partir das análises de ordenação NMDS (similaridade - distância Euclidiana).

Na Figura IV.11.3.4-1 é possível identificar uma separação dos agrupamentos por área no eixo vertical. Os principais elementos responsáveis por essa discriminação são As e Ba, sendo que as amostras na área central apresentam maiores concentrações de Ba e aquelas localizadas na área norte apresentam, em sua maioria, maiores concentrações de As. Algumas amostras de área norte, agrupadas à esquerda do eixo horizontal, são caracterizadas por baixas concentrações de todos os elementos. A justificativa para esta observação se torna mais evidente na Figura IV.11.3.4-2 e IV.11.3.4-3, onde os polígonos são agrupados por fácies e fácies áreas, respectivamente. Nesta figura, observa-se que a discriminação entre tais agrupamentos ocorre no eixo horizontal. As amostras de fácies lamosa são caracterizadas por maiores concentrações da maioria dos elementos, em particular Al, Ni e Cu. Sendo assim, as amostras da fácies arenosa apresentam as menores concentrações de metais e semi-metais em comparação às fácies carbonática e lamosa. Como consequência, as amostras de fácies arenosa da área norte (PNA, pontos azuis na Figura IV.11.3.4-3) ficam posicionadas mais à esquerda do eixo horizontal, sendo que, aquelas localizadas na área norte, apresentam as menores concentrações. Essa informação pode ser confirmada também na Figura IV.11.3.4-3.

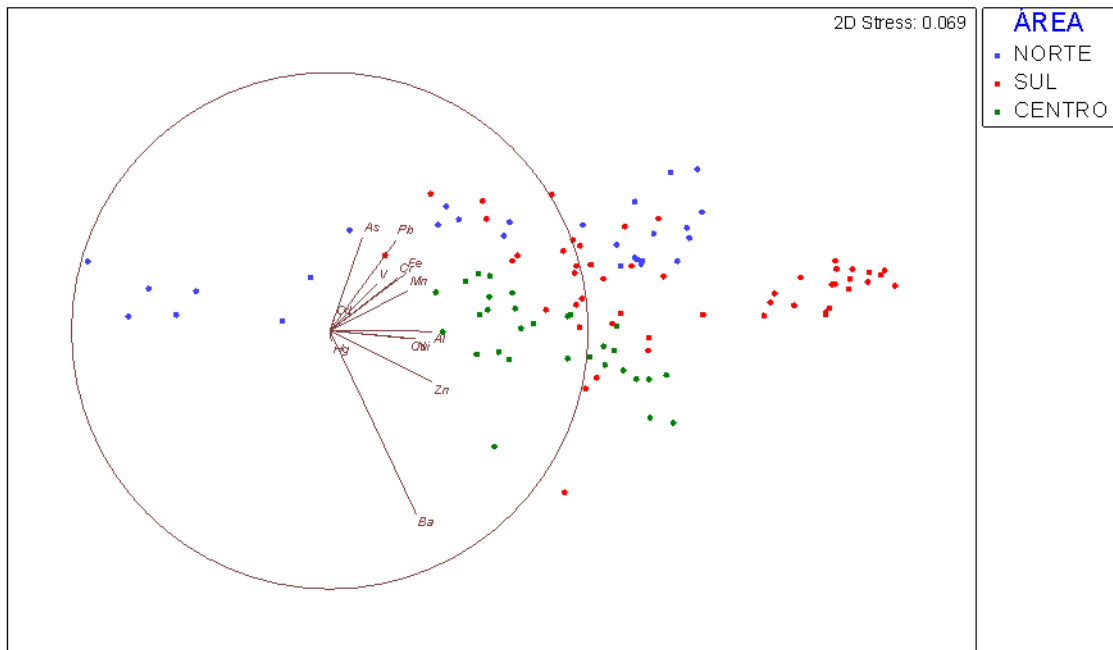


Figura IV.11.3.4-1: Gráficos NOMDS com correlações múltiplas das concentrações variáveis Al, As, Ba, Cd, Pb, Cu, Cr, Fe, Hg, Mn, Ni, V, Zn na plataforma continental, agrupados por área.

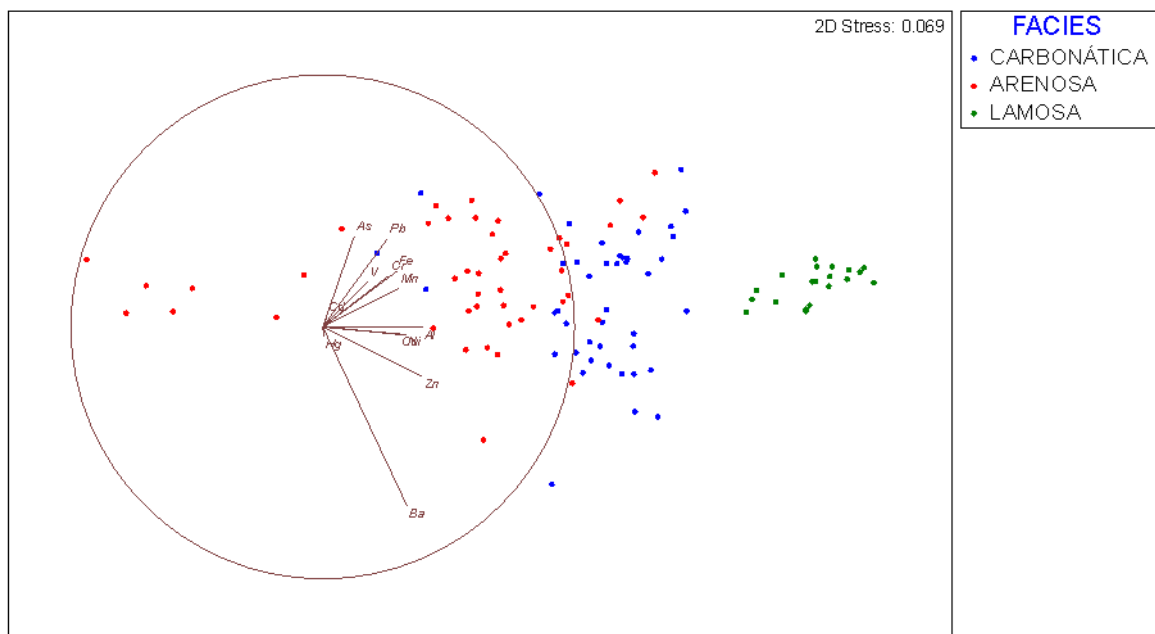


Figura IV.11.3.4-2: Gráficos NMDS com correlações múltiplas das variáveis Al, As, Ba, Cd, Pb, Cu, Cr, Fe, Hg, Mn, Ni, V, Zn na plataforma continental, agrupados por fácies.

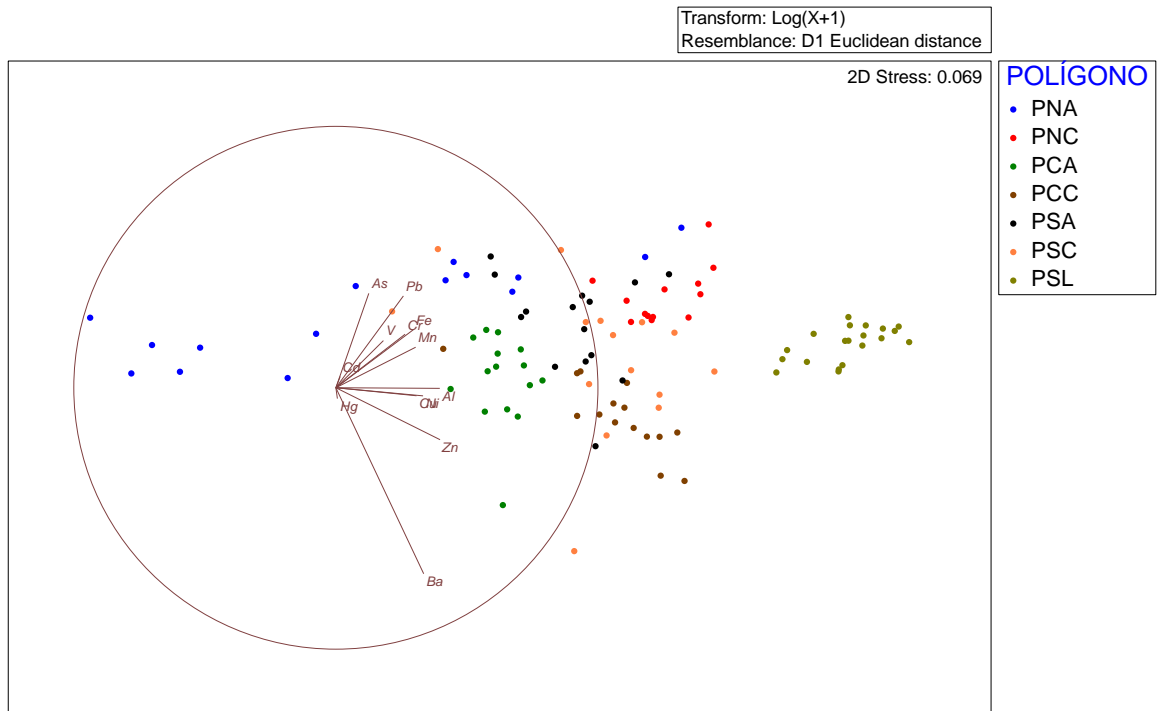


Figura IV.11.3.4-3: Gráfico NMDS com de correlações múltiplas das variáveis Al, As, Ba, Cd, Pb, Cu, Cr, Fe, Hg, Mn, Ni, V, Zn dos polígonos de plataforma continental. A saber: PNA, PNC, PCA, PCC, PSA, PSC e PSL = plataforma norte arenosa e carbonática, centro arenosa e carbonática, sul arenosa e carbonática, e sul lamosa, respectivamente.

As Figuras IV.11.3.4-4, IV.11.3.4-5 e IV.11.3.4-6 apresentam os gráficos NMDS com a indicação das correlações múltiplas para os elementos determinados, agrupadas nas províncias Cânion e Talude, e nas isóbatas de 400 m e 700 m, e nos polígonos amostrados, respectivamente. Assim como observado nas amostras de plataforma continental, os principais elementos responsáveis pela discriminação das amostras no eixo vertical são Ba e As. No eixo horizontal, os principais elementos responsáveis pelo espalhamento das amostras são Mn, Cu e Al. O agrupamento por província não apresentou tendência de distinção clara entre os grupos Talude e Cânion (Figura IV.11.3.4-3). Entretanto, pode-se afirmar que as amostras de Talude possuem maiores concentrações de As, Ba, V, Fe e Cr, o que justifica seu espalhamento ao longo do eixo vertical. Nos agrupamentos por isóbatas das amostras de talude e cânion (Figura IV.11.3.4-4), há discriminação

entre os grupos no eixo horizontal, sendo que a maioria das amostras da isóbata de 700 m apresenta maiores concentrações de metais e semi-metais. As menores concentrações na isóbata de 400 m podem ser verificadas no talude da área sul (TS4, pontos amarelos na Figura IV.11.3,4-6). No agrupamento por áreas, as amostras de talude e cânion indicam maiores concentrações de As, Fe e V na área norte e maiores concentrações de Ba na área sul. São observadas também altas concentrações de Ba na áreas norte e centro na isóbata de 700m (Figuras IV.11.3.4-4 e IV.11.3.4-5).

Finalmente, as análises exploratórias mostram que os elementos Pb e Hg têm pouca influência sobre a discriminação dos agrupamentos de amostras tanto na plataforma continental quanto no talude e cânion. Isto ocorre em consequência de suas baixas concentrações quando comparadas aos outros elementos.

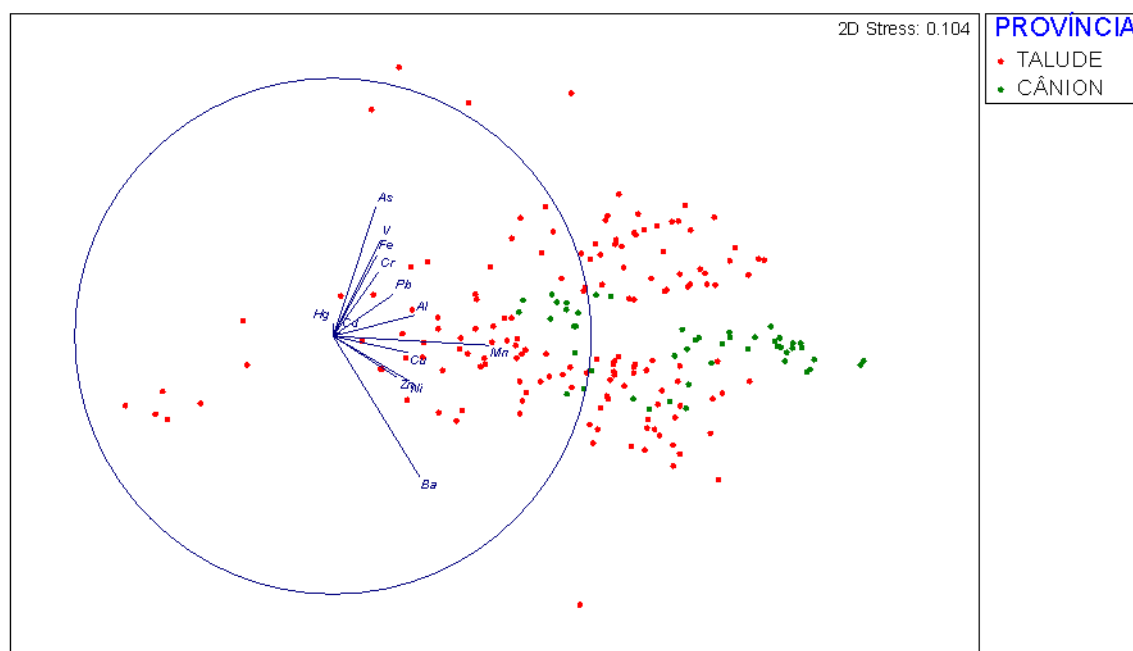


Figura IV.11.3.4-4: Gráficos de correlações múltiplas das concentrações (mg kg^{-1}) de Al, As, Ba, Cd, Pb, Cu, Cr, Fe, Hg, Mn, Ni, V, Zn, discriminadas as províncias Cânion e Talude.

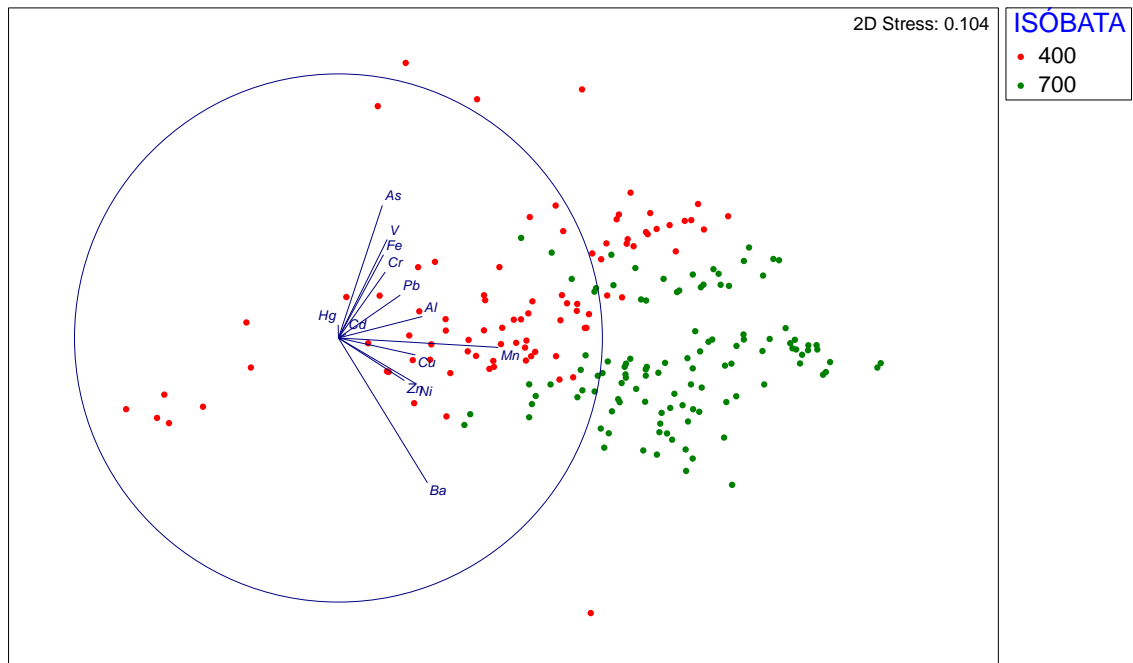


Figura IV.11.3.4-5: Gráficos de correlações múltiplas das concentrações ($mg\ kg^{-1}$) de Al, As, Ba, Cd, Pb, Cu, Cr, Fe, Hg, Mn, Ni, V, Zn, no Talude e Cânion, discriminadas as isóbatas de 400 m e 700 m.

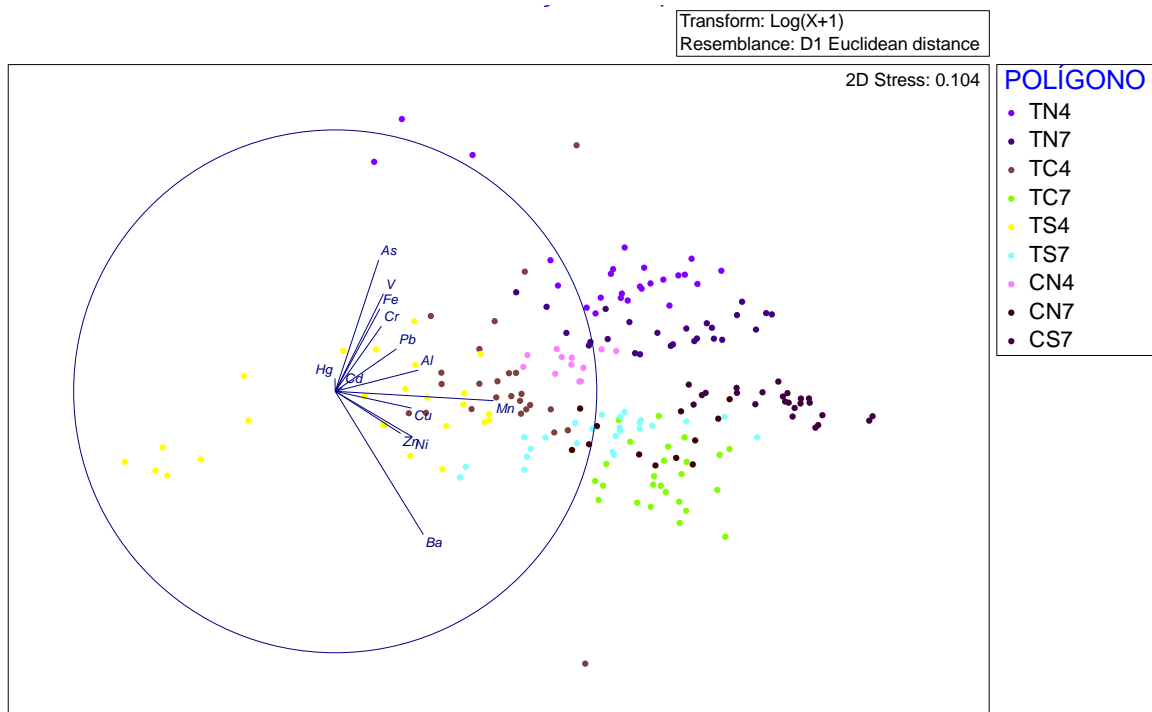


Figura IV.11.3.4-6: Gráfico NMDS com correlações múltiplas das variáveis Al, As, Ba, Cd, Pb, Cu, Cr, Fe, Hg, Mn, Ni, V, Zn, nos polígonos amostrais do Talude e Cânion. A saber: TN4, TN7, TC4, TC7, TS4 e TS7 / CN4, CN7 e CS7 = talude norte 400m e 700m, centro 400m e 700m, sul

400m e 700m / cânion norte 400m e 700m e sul 700m,
respectivamente

- **Análises inferenciais multivariadas**

Os resultados dos testes de inferência PERMANOVA para as concentrações dos elementos estudados medidas nas amostras de sedimento da 1ª Campanha do PMAR-BC, agrupados nos diferentes polígonos: províncias (plataforma - P, talude - T e cânion - C), áreas (norte - N, centro - C, sul - S) e fácies (arenosa - A, carbonática - C e lamosa - L) ou isóbatas (400 m - 4 e 700 m - 7) estão apresentados na Tabela IV.11.3.4-1.

A partir dos resultados apresentados, pode-se afirmar, com base nas hipóteses nulas e outros objetivos definidos para as amostras coletadas, em relação à Plataforma Continental no Projeto PMAR-BC:

- **Plataforma continental:**

1 - Na comparação entre as áreas de coleta de faciologia arenosa, há diferença significativa entre todas as áreas de acordo com a análise PERMANOVA. A faciologia arenosa apresentou as menores concentrações da maioria dos elementos (pontos vermelhos na Figura IV.11.3.4-2). Nota-se, também, que a faciologia arenosa da área norte parece ser distinta das demais áreas também devido, principalmente, aos mais altos valores de As e Pb (ver pontos azuis da Figura IV.11.3.4-3).

2 - Na comparação entre as áreas da plataforma de faciologia carbonática, a análise PERMANOVA mostra que há diferença significativa entre todas as áreas. Nessa faciologia, a diferença foi atribuída primordialmente, as variáveis mais preponderantes no eixo vertical (ex. As, Pb e Ba). Desta forma, observa-se um gradiente de maiores concentrações de As e Pb (e menores de Ba) na área norte (pontos vermelhos na Figura IV.11.3.4-3), seguido da área sul (pontos laranja na

Figura IV.11.3.4-3) e finalmente a área central (pontos marrons na Figura IV.11.3.4-3), com as menores concentrações de As e Pb (e maiores de Ba).

3 – Os testes PERMANOVA revelaram que houve diferença entre o polígono da **plataforma de faciologia lamosa** com os demais polígonos da plataforma, independentemente da área ou faciologia. Essa faciologia diferenciou-se das demais áreas por apresentar as maiores concentrações não somente de Al, Cu e Ni (principais variáveis de resposta na distribuição dos dados), como também dos demais elementos analisados (pontos verde oliva na Figura IV.10.3.4-3).

4 – Além disso, na comparação entre as **faciologias da plataforma**, os testes PERMANOVA dos polígonos evidenciaram diferenças significativas entre as fácies lamosa, arenosas e carbonáticas nas três áreas, norte, centro e sul para plataforma, que pode ser corroborada na distribuição dos dados no NMDS (Figura IV.11.3.4-1). Essa diferença foi atribuída as menores concentrações da faciologia arenosa (pontos vermelhos na Figura IV.11.3.4-2) e maiores concentrações da faciologia lamosa (pontos verdes na Figura IV.11.3.4-2) para os elementos analisados. Entre as áreas, as diferenças entre norte e centro são primordialmente relacionadas as variáveis responsáveis pela distribuição vertical (marcadamente as maiores concentrações de As e Pb na área norte e maiores valores de Ba e Zn na área central).

- **Talude e Cânions:**

1 - Na **isóbata de 400 m do talude**, os testes PERMANOVA entre os polígonos amostrais revelaram diferenças entre o sedimento de todas as áreas. Marcando essa diferença entre áreas tem-se as concentrações dos elementos responsáveis pela distribuição horizontal, principalmente Mn (e Al e Cu secundariamente), que pode ser observada na Figura IV.11.3.4-6. Nesta mesma Figura, podemos assim observar um gradiente de aumento de concentrações entre as áreas sul (pontos amarelos), centro (pontos marrons) e norte (pontos lilás), este último com as maiores concentrações.

2 - Os testes PERMANOVA envolvendo os elementos, **na isóbata de 700 m do talude** também mostraram diferenças entre as áreas. Nesta profundidade,

diferente da isóbata de 400 m, a diferença entre áreas é atribuída as concentrações dos elementos responsáveis pela distribuição vertical, principalmente As (de forma secundária, V e Fe) e Ba, que pode ser observada na Figura IV.11.3.4-6. Nesta mesma Figura, podemos notar um gradiente de aumento de concentração de As entre as áreas centro (pontos verde oliva) < sul (pontos azul turquesa) < norte (pontos roxos), este último com as maiores concentrações de As. Da mesma forma, nota-se gradiente de concentrações de Ba, sendo as maiores concentrações observadas na área central (norte < sul < centro).

3 – Diferenças entre as áreas norte e sul também foram marcadas pelos testes PERMANOVA entre os **cânions na isóbata de 700 m**. Essa diferença também foi atribuída, como na mesma profundidade do talude, a variação nas concentrações primordialmente de Ba (mais elevadas na área norte, CN7) e As (mais elevadas na área sul, CS7) (Figura IV.11.3.4-6). A comparação entre as **isóbatas de 400 m e 700 m do cânion norte** (Almirante Câmara) mostrou diferença entre as concentrações de elementos também responsáveis pela distribuição vertical, em que há aumento das concentrações de Ba na maior profundidade (700 m) e maiores concentrações de As na profundidade de 400 m (ver Figura IV.11.3.4-5).

Tabela IV.11.3.4-1: Análise PERMANOVA para os dados do grupo de variáveis metais e semimetais (multivar) da 1ª Campanha do PMAR-BC, agrupados nos diferentes polígonos: províncias (plataforma - P, talude - T e cânion - C), áreas (norte - N, centro - C, sul - S) e fácies (arenosa - A, carbonática - C e lamosa - L) ou isóbatas (400 m - 4 e 700 m - 7).

PERMANOVA				
Metais Log10 com missing em PCR Cádmiu				
PAIR-WISE TESTS				
POLÍGONOS	t	Pperm	Uniques	PERMANOVA
Plataforma Arenosa				
PCA x PNA	3,4195	0,001	999	0,001
PCA x PSA	4,1314	0,001	998	0,001
PNA x PSA	4,2845	0,001	998	0,001
Plataforma Carbonática				

PCC x PNC	5,4134	0,001	999	0,001
PCC x PSC	2,8409	0,001	998	0,001
PNC x PSC	3,2393	0,001	997	0,001
Plataforma Lamosa				
PSL x PCA	15,42	0,001	997	0,001
PSL x PCC	10,401	0,001	996	0,001
PSL x PNA	10,17	0,001	999	0,001
PSL x PNC	9,7975	0,001	999	0,001
PSL x PSA	12,252	0,001	998	0,001
PSL x PSC	8,3018	0,001	998	0,001
Talude (400 m e 700 m)				
TC4 x TN4	5,4619	0,001	999	0,001
TC4 x TS4	5,1846	0,001	999	0,001
TC7 x TN7	6,8906	0,001	998	0,001
TC7 x TS7	6,4483	0,001	999	0,001
TS7 x TN7	6,3276	0,001	998	0,001
Cânion (400 m e 700 m)				
CN7 x CS7	7,3603	0,001	998	0,001
CN4 x CN7	4,2769	0,001	997	0,001
CN4 x CS7	11,387	0,001	998	0,001

IV.11.3.5 – Comparações PMAR-BC versus PCR-BC

Neste item são apresentados os resultados das análises exploratórias e inferenciais multivariadas na comparação entre os projetos PMAR-BC e PCR-BC (Habitats) (Scofield, et al., 2017).

- **Análises exploratórias multivariadas**

A Figura IV.11.3.5-1 apresenta o gráfico de correlações múltiplas para os elementos estudados, discriminadas as concentrações medidas no projeto atual (PMAR-BC) e no projeto anterior (PCR-BC) Habitats. O gráfico mostra que há discriminação entre os polígonos de cada projeto no eixo vertical. Essa distribuição é influenciada principalmente pelas concentrações do elemento Ba, indicando que nas amostras do projeto PCR-BC, este elemento aparece em maiores concentrações.

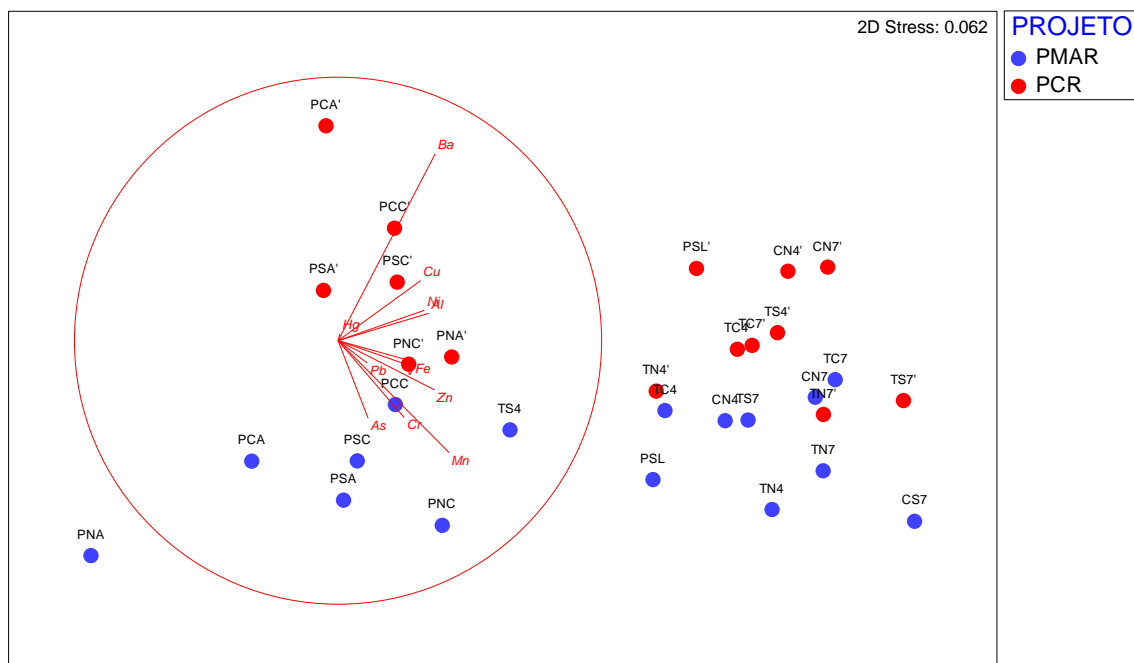


Figura IV.11.3.5-1: Gráfico NMDS com as correlações múltiplas da variáveis Al, As, Ba, Cd, Pb, Cu, Cr, Fe, Hg, Mn, Ni, V, Zn, discriminadas as concentrações medidas no projeto atual (PMAR-BC) e no projeto anterior (PCR-BC) Habitats.

- **Análises inferenciais multivariadas**

- A partir dos resultados apresentados na Tabela IV.11.3.5-1, pode-se inferir que a análise de PERMDISP mostrou que não há diferenças significativas na dispersão das nuvens dos dados dos dois projetos. Os testes PERMANOVA envolvendo os elementos analisados mostraram diferenças significativas, como segue:

- Na **plataforma continental**, diferenças entre projetos (PERMANOVA) foram observadas nas diferentes áreas. Nas fácies arenosas houve diferença nas três áreas e na faciologia carbonática, a área norte se diferenciou das demais áreas. Essa diferença entre os projetos é atribuída as concentrações dos elementos responsáveis pela distribuição vertical, principalmente Ba e Mn (de forma secundária, Cr, As e Zn), que pode ser observada na Figura IV.11.3.5-1. A Figura mostra, assim, maiores concentrações de Ba nas áreas de plataforma do PCR-BC em relação ao PMAR-BC e com maiores concentrações de Ba nas áreas de talude do PCR-BC em relação ao PMAR-BC e maiores concentrações

de Mn (além de Cr, As e Zn) nas áreas de plataforma do PMAR-BC. Não houve diferença significativa entre projetos nas áreas centro e sul na fácies carbonática e na faciologia lamosa.

- Em relação ao **talude**, diferenças entre os projetos ocorreram entre todas as áreas na isóbata de 400 m e nas áreas sul e central na isóbata de 700 m. Da mesma forma que para a plataforma, a distinção é explicada pela distribuição vertical da Figura IV.11.3.5-1, com maiores concentrações de Ba nas áreas de talude do PCR-BC e maiores concentrações de Mn (além de Cr, As e Zn) nas áreas de plataforma do PMAR-BC. Não houve diferença significativa entre projetos na área norte da profundidade de 700 m do talude.

- A análise de PERMANOVA apontou diferença entre projetos na composição do sedimento do **cânion** do norte (Almirante Câmara) tanto nas isóbatas de 400 m quanto de 700 m, diferença relacionada também, primordialmente, às variáveis verticais mostradas na Figura IV.10.3.5-1. Podemos também confirmar as maiores concentrações de Ba no cânion norte do PCR-BC e maiores concentrações de Mn (além de Cr, As e Zn) no PMAR-BC.

Tabela IV.11.3.5-1: Resultados das análises PERMDISP e PERMANOVA para os dados do grupo de variáveis metais e semimetais (multivar) agrupados nos diferentes polígonos dos projetos PMAR-BC(1) e PCR-BC: províncias (plataforma - P, talude - T e cânion - C), áreas (norte - N, centro - C, sul - S) e fácies (arenosa - A, carbonática - C e lamosa - L) ou isóbatas (400 m - 4 e 700 m - 7).

PERMDISP			PERMANOVA				
PAIRWISE COMPARISONS			PAIR-WISE TESTS				
Polígonos	t	P(perm)	Polígonos	t	P(perm)	Uniques	P(MC)
CN4 e CN4'	0,36404	0,863	CN4 e CN4'	2,8328	0,001	13	0,002
CN7 e CN7'	1,0747	0,477	CN7 e CN7'	2,4949	0,001	13	0,003
PCA e PCA'	5,6968	0,001	PCA e PCA'	3,9294	0,001	870	0,001
PCC e PCC'	1,5072	0,144	PCC e PCC'	2,6871	0,001	566	0,001
PNA e PNA'	2,3492	0,037	PNA e PNA'	2,5973	0,006	135	0,017
PNC e PNC'	2,4874	0,036	PNC e PNC'	3,681	0,001	105	0,002
PSA e PSA'	4,4681	0,001	PSA e PSA'	2,8384	0,001	136	0,002
PSC e PSC'	1,0778	0,407	PSC e PSC'	1,7509	0,02	136	0,045
PSL e PSL'	1,4045	0,26	PSL e PSL'	3,6172	0,001	229	0,001

TC4 e TC4'	1,4773	0,205	TC4 e TC4'	2,0654	0,01	847	0,007
TC7 e TC7'	4,5192	0,001	TC7 e TC7'	3,0495	0,003	992	0,001
TN4 e TN4'	0,57168	0,8	TN4 e TN4'	2,056	0,023	332	0,015
TN7 e TN7'	1,9617	0,102	TN7 e TN7'	1,5717	0,124	327	0,072
TS4 e TS4'	0,42475	0,772	TS4 e TS4'	3,5336	0,001	862	0,001
TS7 e TS7'	0,73402	0,468	TS7 e TS7'	3,626	0,001	840	0,001

• **Análises Inferenciais sobre Ba na comparação entre projetos**

O elemento Ba é frequentemente aplicado em estudos de caracterização e monitoramento ambiental como indicadores de atividades de E&P (Vegueria *et al.* 2002, Hanor, 2007, Peralba *et al.* 2010, Dore *et al.*, 2017). A Tabela IV.11.3.5-2 apresenta os resultados das análises PERMDISP e PERMANOVA especificamente para o Ba, para comparação entre os 2 projetos (PMAR-BC e PCR-BC):

- Para a faciologia arenosa na plataforma continental há uma diferença estatisticamente válida entre os polígonos localizados nas áreas norte (PNA e PNA'), centro (PCA e PCA') e sul (PSA e PSA').
- Para a faciologia carbonática na plataforma continental há diferença significativa entre os polígonos das áreas norte (PNC e PNC'), centro (PCC e PCC') e sul (PSC e PSC').
- A faciologia lamosa também apresentou diferença significativa entre os dois projetos (PSL e PSL').
- Para as amostras de cânion, não há diferença significativa entre os projetos, tanto para os polígonos da isóbata de 400 m como para a isóbata de 700 m.
- Para as amostras de talude, observa-se diferença significativa entre os projetos para os polígonos localizados nas áreas norte e sul em ambas as isóbatas (400 m e 700 m). Nas amostras localizadas na área central, não há diferença significativa entre os projetos para ambas as isóbatas.

Tabela IV.11.3.5-2: Resultados das análises PERMDISP e PERMANOVA para os dados de Ba (univar) agrupados nos diferentes polígonos dos projetos PMAR-BC(‘) e PCR-BC: províncias (plataforma - P, talude - T e cânion - C), áreas (norte - N, centro - C, sul - S) e fácies (arenosa - A, carbonática - C e lamosa - L) ou isóbatas (400 m - 4 e 700 m - 7).

PERMDISP			PERMANOVA				
Ba			Ba				
PAIRWISE COMPARISONS			PAIR-WISE TESTS				
Polígonos	t	P(perm)	Polígonos	t	P(perm)	Uniques	P(MC)
CN4 e CN4'	0,87359	0,55	CN4 e CN4'	1,6976	0,154	11	0,105
CN7 e CN7'	0,66289	0,568	CN7 e CN7'	1,1844	0,159	12	0,299
PCA e PCA'	3,9098	0,002	PCA e PCA'	22,479	0,001	875	0,001
PCC e PCC'	1,4305	0,166	PCC e PCC'	2,2665	0,046	578	0,046
PNA e PNA'	10,09	0,001	PNA e PNA'	5,5195	0,001	135	0,001
PNC e PNC'	7,6444	0,001	PNC e PNC'	2,4464	0,012	92	0,017
PSA e PSA'	12,703	0,001	PSA e PSA'	2,3004	0,032	136	0,046
PSC e PSC'	21,492	0,001	PSC e PSC'	2,5346	0,006	135	0,02
PSL e PSL'	0,050149	0,962	PSL e PSL'	17,233	0,001	209	0,001
TC4 e TC4'	0,31521	0,952	TC4 e TC4'	0,52059	0,4	861	0,649
TC7 e TC7'	0,078268	0,949	TC7 e TC7'	0,90509	0,355	993	0,382
TN4 e TN4'	3,8645	0,003	TN4 e TN4'	2,0617	0,065	309	0,047
TN7 e TN7'	2,2485	0,037	TN7 e TN7'	2,3453	0,022	325	0,032
TS4 e TS4'	2,8813	0,005	TS4 e TS4'	7,1131	0,001	841	0,001
TS7 e TS7'	4,3481	0,001	TS7 e TS7'	3,2484	0,004	856	0,004

IV.11.4 – DISCUSSÃO

IV.11.4.1 – Avaliação da contaminação por metais e semi-metais e qualidade do sedimento do PMAR-BC

Foram avaliados os coeficientes de correlação de Pearson e os gráficos de dispersão (NMDS) para todos os elementos analisados. Nas amostras de plataforma continental, algumas fortes correlações ocorrem entre Fe e V, Pb e Mn e entre Al e Cu, Zn e Ni. Em contrapartida Hg, Ba e As apresentam as menores correlações com todos os outros elementos analisados (Figura IV.11.4.1-1).

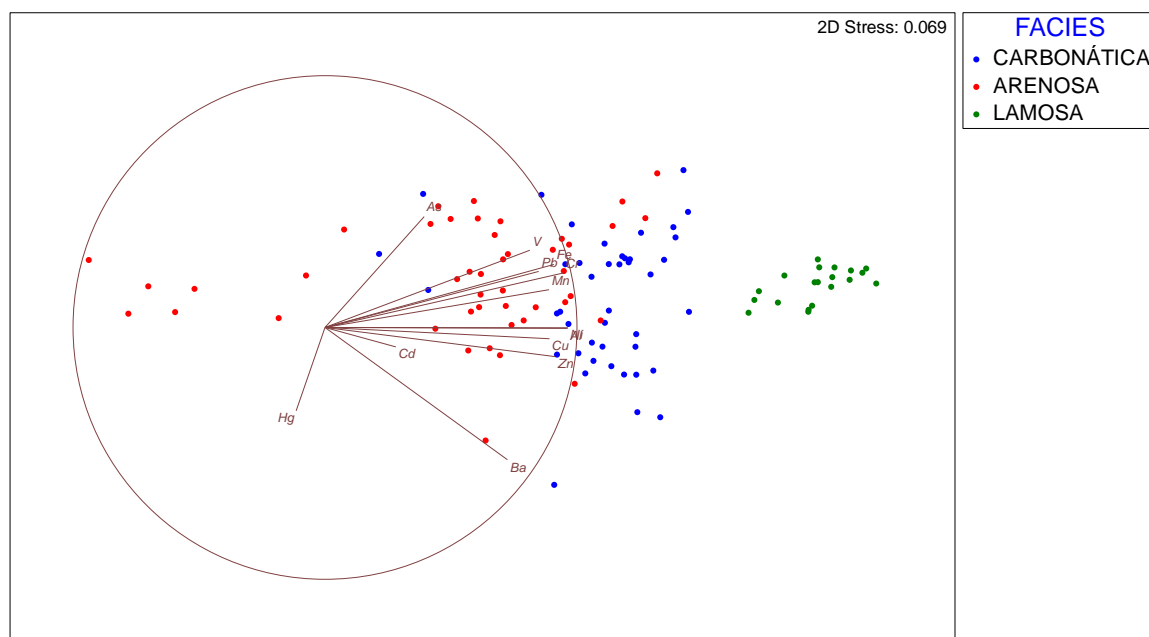


Figura IV.11.4.1-1: Gráfico de correlações Pearson para as concentrações (mg kg^{-1}) de Al, As, Ba, Cd, Pb, Cu, Cr, Fe, Hg, Mn, Ni, V, Zn, discriminadas as concentrações medidas nas facies Carbonática, Arenosa e Lamosa na Plataforma Continental. Menores ângulos entre os seguimentos representativos de cada elemento indicam maior correlação.

A análise por componentes principais, realizada com base na análise elementar (Figura IV.11.4.1-2), mostra a separação por polígonos na plataforma.

Mais uma vez, o polígono PSL se destaca dos demais por ser o único com a faciologia lamosa. Os polígonos referentes às amostras arenosas mostram uma boa separação entre as três regiões, já em relação às amostras carbonáticas, verifica-se uma grande interseção entre os polígonos norte e sul, dos quais há uma separação para o polígono central. O componente principal 1, com forte associação dos elementos chumbo, cobre, cromo, níquel, vanádio e zinco com Fe e Al parece representar a fração silte-argila, indicando sua origem natural e associação com argilo-minerais. O componente 2, demonstra forte associação com as concentrações de Ba. As maiores concentrações deste elemento são mais relevantes para os polígonos PCC e PCA. Sendo assim, a análise de componentes principais corrobora o que foi observado na Figura IV.11.3.1-1, onde valores mais altos de Ba na plataforma continental foram encontrados na facie carbonática da área central (PERMANOVA: PCC x PNC = 0,001 e PCC x PSC = 0,015). Nas amostras de talude, também foram observadas maiores concentrações de Ba na área central nas isóbatas de 700m e 400m (Figura . Somente a comparação entre os polígonos TC4 e TN4 não apresentou diferença significativa (PERMANOVA = 0,104). As análises de Cluster e SIMPROF reforçam que os agrupamentos por faciologia são significativos (Figura IV.11.4.1-3) e confirmam que a distribuição dos metais no sedimento está diretamente relacionada com a granulometria. Portanto, de acordo com a abordagem deste estudo, os valores mais altos de Ba na área central não são consequência de atividades antrópicas, entretanto, é necessário monitorar sua variação temporal.

A fração lamosa por sua maior relação área/volume e a pela presença de cargas superficiais tende a possuir maiores concentrações de metais e semi-metais do que as demais frações (Sawyer *et al.*, 2003). Vegueria *et al.* (2002), comparando os resultados da análise elementar de sedimentos no entorno das plataformas de Pampo e Pargo, nas quais o conteúdo de carbonato varia de 40 a 70% e de 20 a 30%, respectivamente, observou concentrações de Ni e V superiores no entorno da plataforma de Pampo e o inverso para Ba, com as concentrações no entorno de Pargo superiores às de Pampo.

As amostras de talude e cânion apresentam uma faciologia predominantemente silte-argilosa (Capítulo IV.9). Nestas províncias os elementos

As, V, Fe e Cr aparecem mais correlacionados entre si. O Al apresentou forte correlação com Pb, Mn, Cu, Ni e Zn (Figura IV.11.4.1-4). Assim como na plataforma continental, Ba possui menor correlação com todos os outros elementos. As amostras da área central possuem maiores concentrações de Ba, como observado também na Figura 11.3.2.1-1C. Portanto, mesmo apresentando faciologias mais homogêneas, as amostras de talude e cânion se diferenciam entre as áreas em consequência da relação entre os metais e a granulometria do sedimento. Há também diferenças entre as isóbatas de 400 m e 700 m para metais e semi-metais (Figura IV.11.4.1-4). Nesta comparação, ambos os resultados, de granulometria e metais, indicam maior fração de argilo-minerais na isóbata de 700 m.

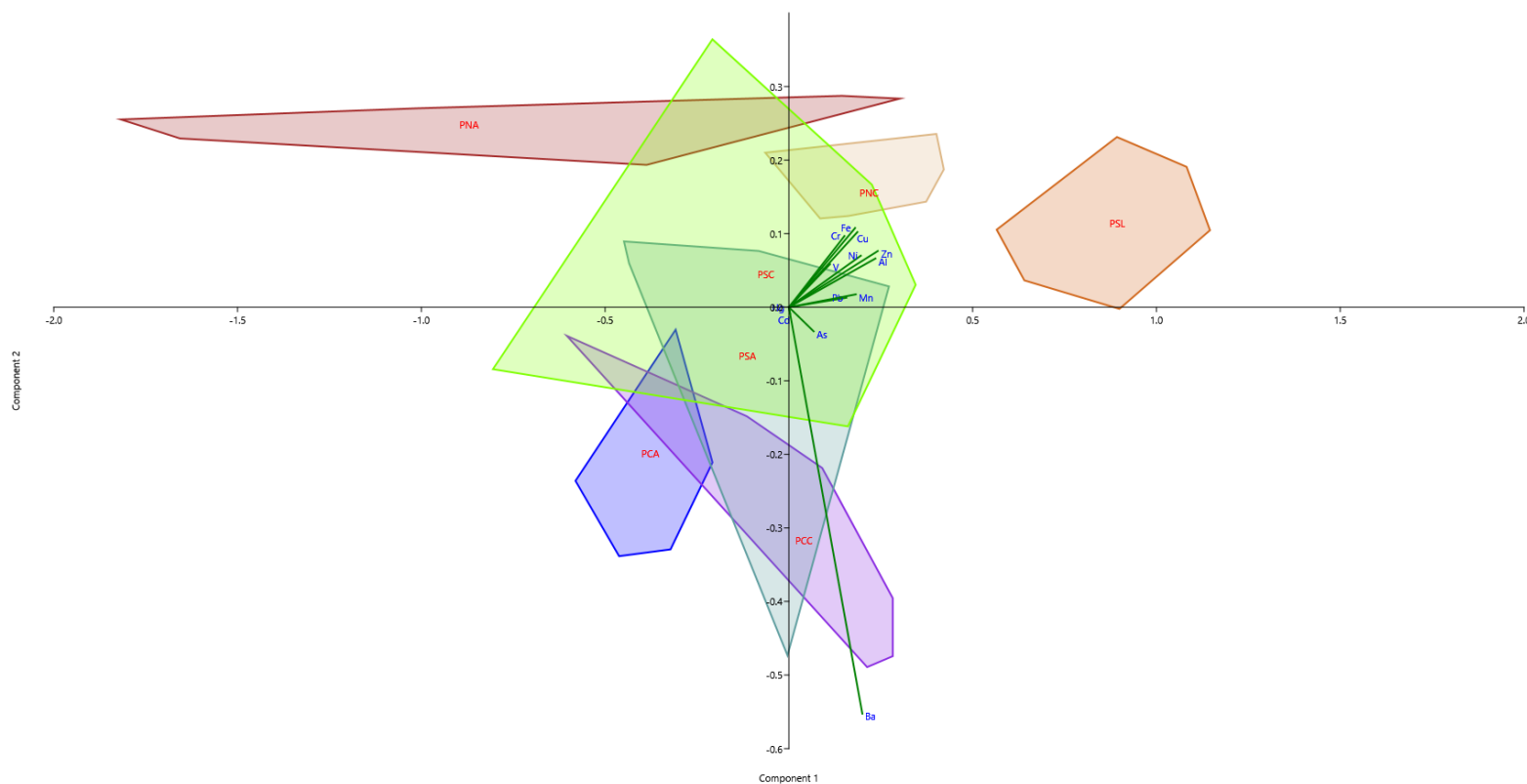


Figura IV.11.4.1-2: Análise por componentes principais, por elementos, com as amostras selecionadas por polígonos, considerando apenas as concentrações dos elementos medidas nas amostras da Plataforma Continental.

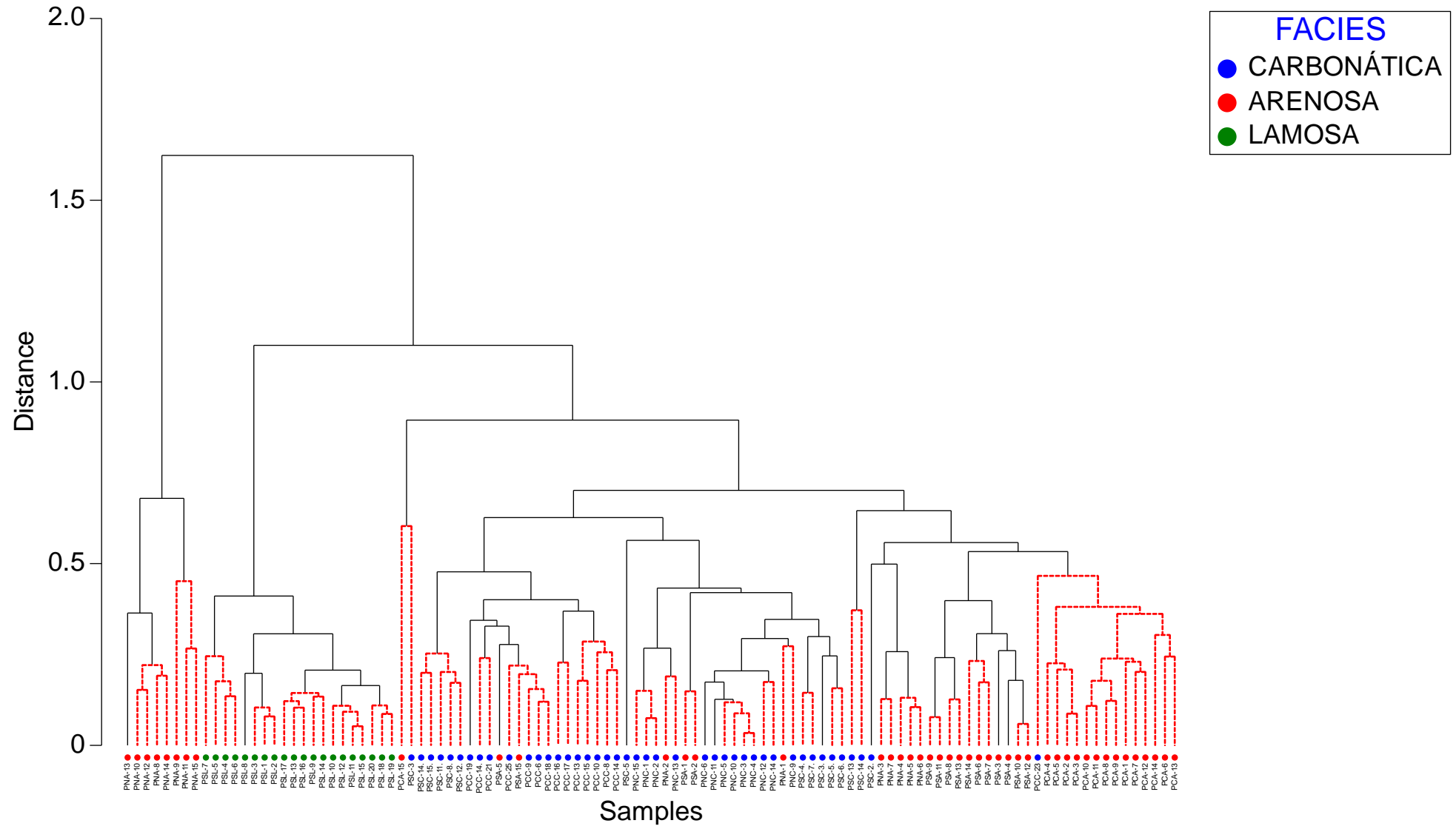


Figura IV.11.4.1-3 (página anterior): Dendrograma apresentando o agrupamento de polígonos por faciologia na Plataforma Continental, de acordo com as das concentrações dos elementos estudados. As ramificações na cor preta indicam agrupamento significativo de acordo com as análises SIMPROF.

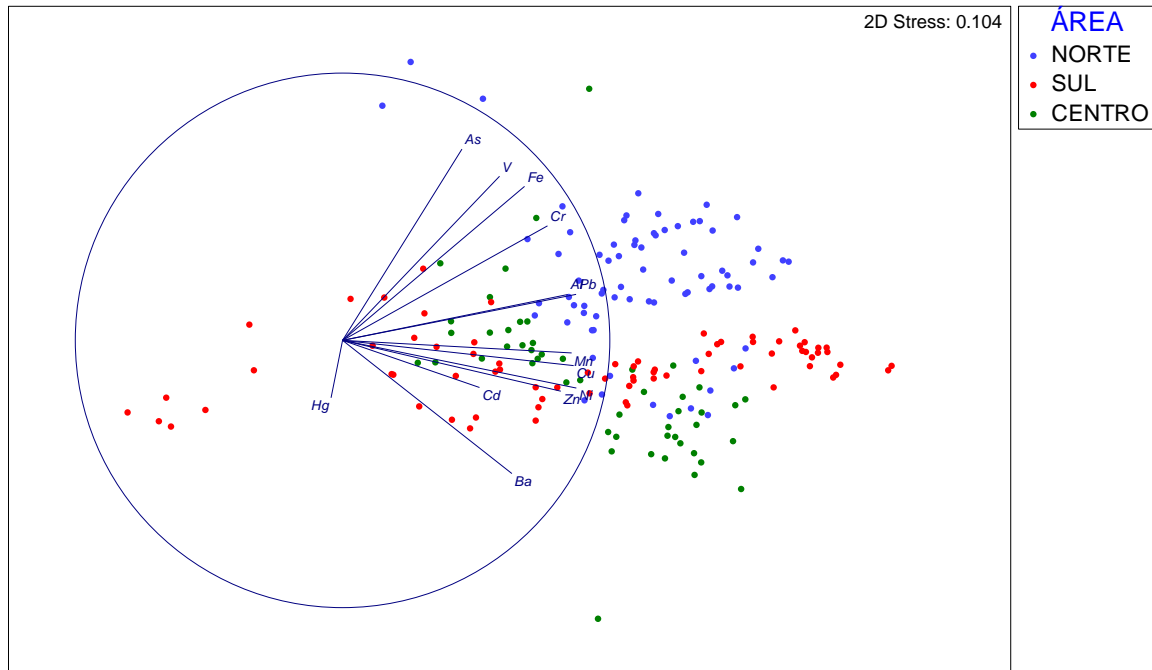


Figura IV.11.4.1-4: Gráfico NMDS com correlações de Pearson para as variáveis Al, As, Ba, Cd, Pb, Cu, Cr, Fe, Hg, Mn, Ni, V, Zn, discriminadas as concentrações medidas nas áreas Norte, Centro e Sul de talude e cânion. Menores ângulos entre os seguimentos representativos de cada elemento indicam maior correlação.

A Tabela IV.11.4.1-1 mostra um comparativo entre os valores máximos encontrados no presente trabalho (PMAR-BC) e os níveis de referência para classificação de sedimentos, segundo a resolução CONAMA 454/2012. Observa-se na comparação que as amostras de sedimento analisadas indicam que o ambiente se mantém abaixo dos valores estipulados nos níveis de classificação. Apenas o elemento As, nas amostras de talude na região norte, apresentou valores médios significativamente mais altos do que 19 mg kg^{-1} ($27,9 \pm 6,0 \text{ mg kg}^{-1}$). Entretanto, no que se refere à cada amostra em particular, foram encontrados valores máximos acima dos níveis de referência em todas as províncias e áreas. No total, 32% das amostras apresentam valores de As acima do legislado.

Concentrações elevadas de As podem estar associadas à formação Barreiras ricas neste elemento (Mirlean *et al.*, 2012). Sendo assim, não se pode afirmar que o ambiente estudado apresenta valores médios elevados de As ou que aumentos localizados nas suas concentrações estejam relacionados às atividades de E&P. Elementos como Cd, Cu, Hg, Pb e Zn, além de estarem abaixo do nível de 1 da CONAMA 454/2012, são inferiores ao TEL (do inglês, *Threshold Effect Level*) proposto pelo NOAA. É importante lembrar que TEL (*Threshold Effect Level*) são valores, na fase sólida, abaixo dos quais efeitos tóxicos à biota são improváveis, enquanto PEL (do inglês, *Probable Effect Level*) são valores acima dos quais efeitos biológicos adversos são prováveis. No caso de Cr e Ni, as concentrações medidas para ambos elementos encontram-se abaixo do nível de 1 da CONAMA 454/2012, mas com 80% dos valores de Cr e 20% dos valores de Ni entre TEL e PEL.

Tabela IV.11.4.1-1: Comparativo entre as concentrações máximas observadas para As, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb e Zn e os níveis de classificação CONAMA 454/2012 e da NOAA (valores em mg kg^{-1})

Elemento	Máximo Encontrado no Presente Estudo	CONAMA 454/2012	NOAA	
			TEL	PEL
As	57	19	7,2	41,6
Cd	0,45	1,2	0,7	4,2
Cr	57	370	18,7	108
Cu	13	270	52,3	160
Hg	0,081	0,3	0,13	0,70
Ni	21,4	51,6	15,9	42,8
Pb	16,1	46,7	30,2	112
Zn	54,6	410	124	271

A Tabela IV.11.4.1-2 apresenta a estatística descritiva dos elementos legislados.

Tabela IV.11.4.1-2: Estatística descritiva do As, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb e Zn envolvendo todas as amostras analisadas. Concentrações em mg kg^{-1} .

Elemento	Média	Mediana	Mínimo	Máximo	Quartil Inferior	Quartil Superior	Desvio Padrão
As	17,2	15,8	2,7	57,0	12,5	20,9	7,3
Cd	0,09	0,08	0,001	0,45	0,05	0,12	0,053
Pb	8,7	8,9	0,22	16,1	6,1	11,5	3,2
Cu	5,9	6,0	0,30	13,0	3,0	8,6	3,2
Cr	31,9	32,7	5,5	56,5	21,5	41,2	11
Hg	0,003	0,003	0,001	0,008	0,002	0,004	0,002
Ni	10,8	11,4	0,90	21,4	6,0	15,1	5,1
Zn	30,5	34,0	3,1	54,6	17,6	42,4	14

IV.11.4.2 – Distribuição e origem de metais e semi-metais

Além da avaliação das concentrações absolutas dos elementos nos sedimentos, correlações entre alguns elementos podem ser utilizadas como indicativo de sua origem. Em particular, na indústria do petróleo, as concentrações de Ni e V são usadas como indicadores de origem (Akinlua *et al.*, 2015). Segundo Akinlua (Akinlua *et al.*, 2015), razões V/Ni no petróleo maiores que 1 são derivados de matéria orgânica marinha, enquanto valores menores do que 1 são característicos de origem terrestre. Bicalho *et al.* (2017) estudaram a determinação de elementos traços em amostras de xisto, da região de Alberta/Canadá, e concluíram que Ni e V são encontrados na fração betuminosa. A presença de Ni e V nas frações pesados do petróleo é associada às porfirinas, cujos precursores são as clorofilas (Callot *et al.*, 1990; Barwise, 1990). Em 1990, Barwise propõe um esquema de classificação do petróleo baseado na relação Ni e V, sendo relação V/Ni 1-2 a mais abundante em petróleo de origem marinha. A Figura IV.11.4.2-1 apresenta os valores de concentração de Ni e V nas amostras analisadas no presente trabalho, onde verifica-se uma correlação estatisticamente válida e uma relação V/Ni de 2,1, indicando a matéria orgânica ser de origem marinha.

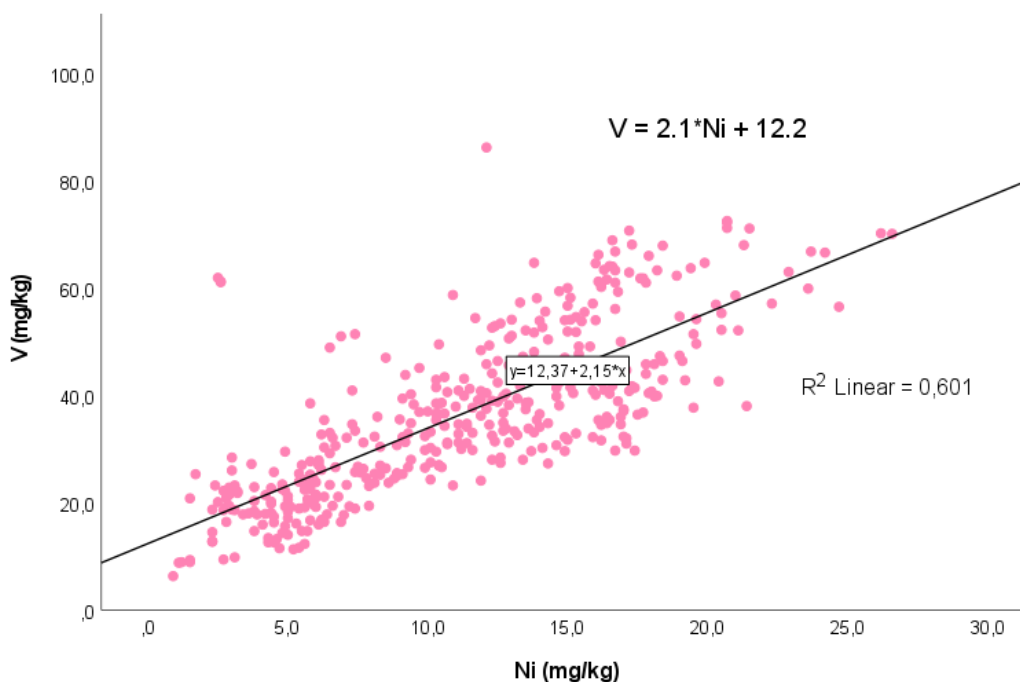


Figura IV.11.4.2-1 Correlação entre das concentrações (mg kg^{-1}) de níquel e vanádio para as amostras do presente trabalho (PMAR-BC).

Pereira *et al.* (2018) estudaram a aplicação de vanádio e níquel como indicadores da poluição de sedimentos em áreas de marinas e refinaria no estuário da Lagoa dos Patos (RS) e concluíram haver uma forte relação da presença desses elementos com a presença de compostos de petróleo. Baniaman *et al.* (2019) chegaram a conclusão semelhante trabalhando com sedimentos da região do Mar Cáspio (Irã). Por outro lado, Bojorquez-Sanchez *et al.* (2018) trabalhando com testemunhos de sedimentos do Golfo do México chegaram à conclusão que vanádio poderia ser associado com a presença de petróleo mas, por outro lado, níquel teria uma origem terrígena.

IV.11.4.3 – Comparação entre PMAR-BC e PCR-BC

Dada a diferença em termos dos métodos de dissolução da amostra empregados nos dois projetos, PCR-BC (Habitats) (total com HF) e PMAR-BC (digestão com HNO_3 em forno de micro-ondas), são esperadas diferenças nos resultados obtidos entre os dois projetos. Aplicando teste de Kruskal-Wallis por

elemento/polígono, em especial, para Fe e Al, considerados elementos mais refratários e de difícil recuperação quantitativa, avaliou-se a existência de uma diferença estatisticamente válida entre os resultados de ambos os projetos. As diferenças existentes entre as malhas amostrais dos dois projetos podem dificultar a comparação estatística entre os polígonos.

O gráfico da Figura IV.11.4.3-1 indica que o elemento Ba está diretamente relacionado ao agrupamento das amostras por projetos nas análises NMDS com correlações múltiplas. Além do Ba, Cu, Ni e Al também contribuem para o agrupamento por projeto em consequência de suas maiores concentrações nas amostras do PCR-BC. Os dados apresentados na Tabela IV.11.4.3-1 confirmam esta tendência.

Como já mencionado no item IV.11.3.6.2 – Análises Inferenciais Multivariadas, as análises PERMANOVA indicaram diferença significativa entre os dois projetos para a maioria dos polígonos (Tabela IV.11.3.5-1). Os resultados de PERMDISP indicam que a dispersão dos agrupamentos por polígonos não é significativamente diferente para a maioria dos polígonos na comparação entre projetos e corroboram os resultados de PERMANOVA indicando que as diferenças entre a maioria dos polígonos é explicada pela localização e não pela dispersão. Os agrupamentos de polígonos observados no dendrograma (Figura IV.11.4.3-1) mostram que não há agrupamentos significativos para as amostras classificadas por projeto. Isto sugere que, apesar de ocorrerem diferenças significativas entre polígonos individuais de cada projeto, de modo geral, a área de estudo não apresentou diferença entre os projetos PCR-BC e o PMAR-BC.

Tabela IV.11.4.3-1: Tabela comparativa entre os resultados das concentrações dos elementos estudados no presente trabalho com aquelas obtidas no projeto PCR-BC, bem como com dados existentes na literatura.

Elementos	Presente Projeto			Habitats			Vegueria et al.	Rezende et al.	Dore et al.	Peralba et al.	
	100 m	400 m	700 m	100 m	400 m	700 m	100-150 m	Controle	100-500		
Al (mg/kg)	Média	8005	13836	17344	9981	16033	17276	-	3200-3600	-	-
	DP	4603	5838	2987	6267	6766	8653	-	-	-	510
	Mediana	6713	11797	17187	8337	14129	16327	-	-	-	3730
	Mín	1441	3715	10467	2533	6719	6714	-	-	-	2820
	Máx	19735	25201	28410	27751	27348	43861	-	-	-	5140
As (µg/kg)	Média	13,9	20,6	17,8	9,0	13,4	15,0	-	2,0-2,5	-	-
	DP	5,1	9,0	6,3	3,2	6,5	5,3	-	-	-	5,2
	Mediana	13,5	18,9	16,1	8,4	11,7	13,8	-	-	-	17,5
	Mín	2,7	5,6	6,5	4,1	5,7	8,4	-	-	-	8,1
	Máx	28,5	57,0	41,9	15,1	28,4	29,5	-	-	-	31,1
Ba (µg/kg)	Média	34	92	155	116	139	167	362	61-84	-	-
	DP	20	77	71	62	44	43	180	-	-	706
	Mediana	30	77	42	122	137	152	363	-	23,7	861
	Mín	3,2	22,4	42,3	22,4	52,6	121,9	95	-	0,03	224
	Máx	107	732	441	223	279	284	750	-	94,7	3540
Cd (µg/kg)	Média	0,054	0,077	0,140	-	-	-	-	-	-	-
	DP	0,031	0,025	0,049	-	-	-	-	-	-	0,04
	Mediana	0,050	0,070	0,130	-	-	-	-	-	0,22	0,07
	Mín	0,000	0,040	0,080	-	-	-	-	-	0,27	0,05
	Máx	0,140	0,150	0,450	-	-	-	-	-	0,72	0,21
Pb (µg/kg)	Média	6,2	8,5	11,1	9,5	9,8	10,4	13,6	3,9-4,2	-	-
	DP	2,9	2,7	1,7	2,6	2,9	3,2	3,4	-	-	3,2
	Mediana	5,3	8,2	11,3	9,6	10,3	11,6	12,8	-	4,1	17,4
	Mín	0,22	3,0	7,0	5,1	3,2	3,2	8,8	-	0,25	10,2
	Máx	14,5	14,4	16,1	17,2	14,7	15,5	25,4	-	18,8	22,5
Cu (µg/kg)	Média	3,1	5,3	9,2	4,5	9,5	11,5	-	1,5-1,6	-	-
	DP	2,2	1,9	1,4	2,3	3,6	3,2	-	-	-	2,0
	Mediana	2,6	5,2	9,3	4,1	10,8	11,0	-	-	2,3	10,9

Elementos	Presente Projeto			Habitats			Vegueria et al.	Rezende et al.	Dore et al.	Peralba et al.	
	100 m	400 m	700 m	100 m	400 m	700 m	100-150 m	Controle	100-500		
Cr (mg/kg)	Mín	0,30	1,8	5,5	0,8	4,6	5,7	-	-	0,05	5,6
	Máx	9,3	8,7	13,0	12,2	15,1	19,3	-	-	11,0	14,2
	Média	21,9	35	39	16	35	38	-	8,8-10,6	-	-
	DP	8,3	11	7	6	10	10	-	-	-	8,5
	Mediana	20,1	34	41	14	37	36	-	-	11,3	52,8
	Mín	5,5	16	23	9	18	19	-	-	0,51	33
	Máx	42,5	54	57	33	56	59	-	-	38,4	69
Fe (µg/kg)	Média	13025	22743	23445	9987	19973	23377	-	3800-4800	-	-
	DP	5803	6956	4100	5005	5588	6335	-	-	-	410
	Mediana	10614	22330	23518	8302	20297	24042	-	-	8477	2490
	Mín	3002	8897	14125	4619	10900	12410	-	-	312	1410
	Máx	26116	43678	35262	26017	28516	34915	-	-	22808	3780
Mn (µg/kg)	Média	146	284	743	106	253	424	-	97-112	-	-
	DP	62	111	546	38	67	178	-	-	-	47
	Mediana	144	253	516	97	234	373	-	-	98	290
	Mín	27	119	183	59	150	148	-	-	7,3	185
	Máx	316	734	2869	190	381	739	-	-	325	364
Hg (µg/kg)	Média	0,0025	0,0034	0,0039	0,0129	0,0171	0,0232	-	-	-	-
	DP	0,0011	0,0012	0,0018	0,0056	0,0052	0,0053	-	-	-	-
	Mediana	0,0024	0,0032	0,0038	0,0133	0,0170	0,0233	-	-	0,03	-
	Mín	0,0012	0,0011	0,0011	0,0050	0,0083	0,0120	-	-	0,01	-
	Máx	0,0073	0,0065	0,0081	0,0250	0,0250	0,0349	-	-	0,17	-
Ni (µg/kg)	Média	5,8	10,6	15,7	7,3	15,4	18,3	19,8	-	-	-
	DP	3,2	3,4	2,2	3,5	4,4	4,8	7,6	-	-	4,6
	Mediana	5,6	10,6	16,1	6,3	15,5	19,6	16,3	-	4,3	20,8
	Mín	0,90	2,5	10,4	2,7	8,8	9,1	10,9	-	0,20	10,5
	Máx	14,0	17,3	21,4	17,8	23,7	26,6	34,0	-	11,5	28,3
V (µg/kg)	Média	24	42	43	24	46	55	32,6	14,5-15,9	-	-
	DP	7,6	15	10	9	16	10	6,6	-	-	10
	Mediana	22,9	40	41	21	54	52	32,6	-	19,6	64
	Mín	6,3	11	23	9	25	39	23,0	-	0,64	88

Elementos	Presente Projeto			Habitats			Vegueria <i>et al.</i>	Rezende <i>et al.</i>	Dore <i>et al.</i>	Peralba <i>et al.</i>
	100 m	400 m	700 m	100 m	400 m	700 m	100-150 m	Controle	100-500	
Máx	51,4	86	68	45	71	73	45,6	-	53,0	43
Média	18	31	42	18	39	44	-	6,0-8,9	-	
DP	13	9,5	5,6	14,1	9,6	11	-	-	-	12
Zn (µg/kg) Mediana	15	31	42	13	38	40	-	-	11,9	46
Mín	3,1	9,0	27,0	0,3	25,2	29	-	-	0,03	27
Máx	55	51	54	58	60	62	-	-	61,5	78

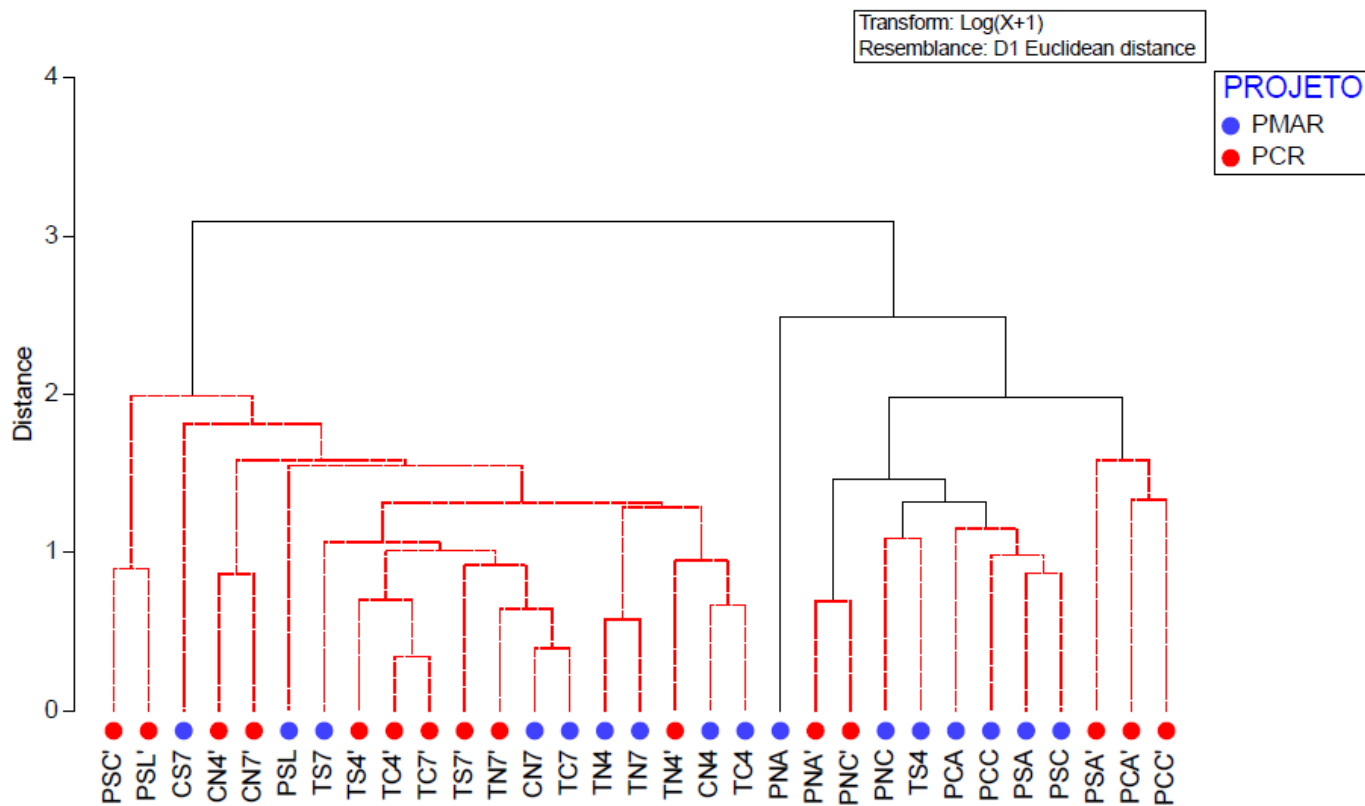


Figura IV.11.4.3-1: Dendrograma apresentando o agrupamento de polígonos por projetos (PMAR-BC e PCR-BC(')) de acordo com as concentrações ($mg\ kg^{-1}$) dos elementos estudados. As ramificações na cor preta indicam agrupamento significativo de acordo com as análises SIMPROF.

IV.11.5 – CONCLUSÕES

Pode-se estabelecer as principais conclusões, a partir da determinação de metais e semi-metais na área de estudo da Bacia de Campos que de maneira geral, foram observadas concentrações significativamente maiores na área Sul da Plataforma Continental Arenosa na isóbata de 100 m para os elementos: Al, As, Cd, Cr, Cu, Mn, Ni e Pb. Por outro lado, as concentrações de Hg foram menores nessa região, comparadas com Centro e Norte, para essa mesma isóbata, enquanto para Ba, menores concentrações foram medidas na área Norte.

Para a Plataforma Continental Carbonática, na isóbata de 100 m, foram observadas concentrações significativamente maiores de As, Cr, Fe, Mn e V na região Norte, Cd e Cu na região Sul e Ba na região Centro. Ainda para a Plataforma Continental, pode-se concluir que, para a maioria dos elementos, exceto As, Ba, Cd e Hg, a fácies lamosa apresenta as maiores concentrações em comparação a todos os outros polígonos. Elementos como Ba e Al, que podem ser associados às frações minerais naturais, como barita e argilo-minerais, contribuem de modo acentuado na separação entre os polígonos.

No Talude, na isóbata de 400 m, foram observadas concentrações significativamente maiores para a maioria dos elementos (Al, As, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb, V e Zn) na região Norte, e Ba e Hg na região Centro, enquanto concentrações significativamente menores foram encontradas para Al, As, Cr, Fe, Ni, V e Zn na região Sul e Cd na região Centro. Na isóbata de 700 m, concentrações significativamente maiores foram medidas para As, Fe e V na região Norte, Ba e Hg no Centro, e Cd e Cu no Sul. Por outro lado, concentrações menores foram obtidas para Al, Cr, Cu, Fe, Hg, Ni, Pb e Zn no Sul.

Nos Cânions, Ba, Cd, Cu, Mn, Ni e Zn apresentam concentrações maiores na isóbata de 700 m, enquanto apenas As apresenta concentrações maiores na isóbata de 400 m. Além disso, na isóbata de 400 m, nenhum elemento teve concentrações significativamente mais altas ou mais baixas nos Cânions do que as medidas no Talude, nas 3 regiões. Já na isóbata de 700 m, quando se avaliam as concentrações medidas nos Cânions, Ba e Hg apresentam concentrações maiores

na área norte e Mn e Ni na área sul. Especificamente para Hg, a região Sul do Cânion apresentou concentrações menores do que as medidas no Talude, nas 3 regiões. Para todos os outros elementos, não há diferença clara entre as áreas.

As correlações de Pearson entre os elementos analisados e a comparação dos agrupamentos dos polígonos por faciologia e sua comparação com os resultados de granulometria mostrou que as diferenças observadas na espacialidade não estão relacionadas com atividades antrópicas. Paralelamente, a comparação dos resultados do PMAR-BC com indicadores ambientais de contaminação (CONAMA, TEL e PEL), não apresentaram resultados acima dos valores de referência. Em alguns casos, o elemento As apresentou valores acima da referência. Entretanto, este aumento local nas concentrações é causado por fatores naturais.

Observa-se diferenças estatísticas significativas entre os projetos PMAR-BC e PCR-BC (Habitats). Para a maioria dos elementos estudados, menores concentrações foram obtidas no projeto atual (principalmente Al, Cu, Hg e Ni), enquanto maiores concentrações foram medidas para Ba, Cu, Ni e Al no projeto PCR-BC. Entretanto, apesar de serem observadas diferenças entre polígonos nas concentrações de alguns elementos, os agrupamentos de amostras por projeto não tiveram significância estatística indicando que não há diferença entre os projetos para a área de estudo.

IV.11.6 – REFERÊNCIAS

AKINLUA, A. *et al.*, 2015. Trace element geochemistry of crude oils and condensates from South African Basins. *Marine and Petroleum Geology* 59, 286-293.

ALKARKHI, A.F.M., 2009. Analysis of heavy metal concentrations in sediments of selected estuaries of Malaysia—a statistical assessment. *Environment and Monitoring Assessment* 153, 179-185.

BANIAMAN, M. *et al.*, 2019. Distribution and pollution level of nickel and vanadium in sediments from south part of the Caspian Sea, Iran. *Indian Journal of Geo-Marine Sciences* 48, 765-771.

BARWISE, A.J.G., 1990. Role of nickel and vanadium in petroleum classification. *Energy & Fuels* 4, 647-652

BICALHO *et al.*, 2017. Determination of ultratrace (0.1 mg/kg) elements in Athabasca Bituminous Sand mineral and bitumen fractions using inductively couple plasma sector field mass spectrometry (ICO-SFMS). *Fuel* 206, 248-257

BINGS, N.H. *et al.*, 2010. Atomic Spectroscopy: A Review. *Anal. Chem.* 82, 4653–4681.

BIRCH, G.F., 2017. Determination of sediment metal background concentrations and enrichment in marine environments – A critical review. *The Science of the Total Environment* 580, 813-831

BOJORQUEZ-SÁNCHEZ, S. *et al.*, 2018. Enriquecimiento natural de níquel e vanadio en núcleos de sedimentos cercanos a sitios de extracción de crudo en el Golfo do México. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental* 34, 713-723.

CALLOT *et al.*, 1990. Sedimentary Porphyrins: Correlations with biological precursors. *Energy & Fuels* 4, 635-639.

DORE *et al.*, 2017. Offshore drilling effects in Brazilian SE marine sediments: a meta-analytical approach. *Environmental Monitoring and Assessment* 189, 44

FERNANDES, F. and POLETO C., 2017. Geochemical enrichment of metals in sediments and their relation with the organic carbon. *International Journal of River Basin Management* 15, 69-77.

GONÇALVES *et al.*, 2010. Distribuição de Hg total e suas associações com diferentes suportes geoquímicos em sedimentos marinhos da margem continental brasileira: Bacia de Campos – Rio de Janeiro. *Química Nova* 33, 501-507.

GONÇALVES *et al.*, 2017. Concentration and isotope ratios of Mercury in sediments from shelf and continental slope at Campos Basin near Rio de Janeiro, Brazil. *Chemosphere* 178, 42-50.

GONÇALVES *et al.*, 2020. Spatial and temporal effects of decommissioning a zinc smelter on the sediment quality of an estuary system: Sepetiba bay, Rio de Janeiro, Brazil. *Journal of the Brazilian Chemical Society* 31, 683-693.

HANOR J.S. 2007. Variation in the composition and partitioning of adsorbed cations at a brine-contaminated crude oil production facility in southeastern Louisiana, USA. *Appl. Geochem.* 22, 2115–2124.

MIRLEAN *et al.*, 2012. Arsenic enrichment in shelf and coastal sediment of the Brazilian subtropics. *Continental Shelf Research* 35, 129-136.

MOORE, J. *et al.*, 1989, U. Grain size partitioning of metals in contaminated, coarse-grained river floodplain sediment: Clark Fork River, Montana, USA. Springer, 1989.

PERALBA *et al.*, 2010. Metal and hydrocarbon behaviour in sediments from Brazilian shallow Waters drilling activities using non aqueous drilling fluids (NAFs). *Environmental Monitoring and Assessment* 167, 33-47

PEREIRA *et al.*, 2018. Nickel, vanadium and lead as indicators of sediment contamination of marina, refinery and shipyard areas. *Environmental Science and Pollution Research* 25, 1719-1730.

REZENDE *et al.*, 2002. The effect of an oil drilling operation on the trace metal concentration in offshore bottom sediments of the Campos Basin oil field, SE Brazil. *Marine Pollution Bulletin* 44, 680-684.

REZENDE, C.E. *et al.*, 2017. A composição física e elementar dos sedimentos marinhos entre a região Costeira e o oceano profundo na Bacia de Campos. in: Falcão, A.P.C., Wagener, A.L.R., Carreira, R.S. *Química ambiental: caracterização ambiental regional da Bacia de Campos, Atlântico sudoeste*. Rio de Janeiro: Elsevier. *Habitats*, v. 6. p. 229-276.

SAWYER, C.N. *et al.*, 2003. Chemistry for Environmental Engineering and Science, 5ª edição. McGraw-Hill, Nova York.

SILVÉRIO, P. F. *et al.*, 2005. Release, bioavailability and toxicity of metals in lacustrine sediments: A case study of reservoirs and lakes in Southeast Brazil. Aquatic Ecosystem Health and Management, 8, 313–322.

SCOFIELD, A.L. *et al.*, 2017. Determinação de parâmetros químicos em amostras de água e sedimento (incluindo granulometria). in: Falcão, A.P.C., Wagener, A.L.r., Carreira, r.s., editores. Química ambiental: caracterização ambiental regional da Bacia de Campos, Atlântico sudoeste. Rio de Janeiro: Elsevier. Habitats, v. 6. p. 32-64.

VEGUERIA S.F.J. *et al.* 2002. Environmental impact studies of barium and radium discharges by produced waters from the "Bacia de Campos" oil-field offshore platforms, Brazil. J Environ Radioact. 62, 2

IV.12 – HIDROCARBONETOS E BIOMARCADORES DE PETRÓLEO EM SEDIMENTOS

Coordenadores

Renato da Silva Carreira
Oceanógrafo, Doutor em Química Analítica, Professor do Programa de Pós-Graduação em Química, Departamento Química – PUC-RIO. carreira@puc-rio.br

Carlos German Massone
Oceanógrafo, Doutor em Química Analítica, Professor do Programa de Pós-Graduação em Química, Departamento Química – PUC-RIO. massone@puc-rio.br

Equipe LabMAM / PUC-RIO

Arthur de Lemos Scofield
Químico, Doutor em Geoquímica Orgânica, Departamento Química – PUC-RIO. scofield@puc-rio.br

Ivy de Souza Palmeira
Técnica em Química, Departamento Química – PUC-RIO. ivydesouza@yahoo.com.br

Leanderson Oliveira Coimbra
Técnico Químico, Departamento Química – PUC-RIO. leanderson.puc@gmail.com

Lilian Faria de Almeida
Química, Departamento Química – PUC-RIO. lilianfa@puc-rio.br

Renato Maxima Fortes
Técnico Químico, Departamento Química – PUC-RIO. rfortes32@gmail.com

Wellington L. S. Guedes
Químico, Especialista em Engenharia Ambiental, Departamento Química – PUC-RIO. wguedes@esp.puc-rio.br

RESUMO

A qualidade ambiental dos sedimentos coletados na primeira campanha do PMAR-BC foi avaliada com base de conjunto amplo de compostos entre os hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (HPAs, soma de 37 e 16 compostos), os hidrocarbonetos alifáticos (total, alcanos, resolvidos e mistura complexa não resolvida), hidrocarbonetos totais de petróleo (HTP) e biomarcadores (hopanos e esteranos). Os sedimentos foram secos quimicamente (mistura com sulfato de sódio) e extraídos com diclorometano em alta pressão e temperatura (ASE – *accelerated solvent extraction*). As frações de hidrocarbonetos foram isolados por cromatografia em coluna e analisados por cromatografia em fase gasosa, com detector de ionização por chama (GD-DIC) para alifáticos e por acoplamento com espectrometria de massas (GC-MS) para HPAs. O HTP foi analisado após combinar os extratos de alifáticos e HPAs utilizando GC-DIC, enquanto os biomarcadores foram analisados no extrato de alifáticos, por GC-MS. De forma geral, concentrações medianas de $\Sigma 37$ HPAs ($1,13 \text{ ng g}^{-1}$; faixa $<LQ-311 \text{ ng g}^{-1}$), alifáticos totais ($1,06 \text{ } \mu\text{g g}^{-1}$; faixa $<LQ-16,7 \text{ } \mu\text{g g}^{-1}$) e total de hidrocarbonetos de petróleo ($3,39 \text{ } \mu\text{g g}^{-1}$; faixa $<LQ-118 \text{ } \mu\text{g g}^{-1}$) são comparáveis com sedimentos da margem continental brasileira caracterizados como sem influência antrópica significativa. Para biomarcadores (127 ng g^{-1} , faixa $43,3-278 \text{ ng g}^{-1}$), os níveis são semelhantes a dados anteriores da Bacia de Campos e a falta de correlação desse parâmetro com HPAs revela que fatores naturais são os mais importantes sobre a distribuição de hopanos e esteranos. Análises estatísticas exploratórias e inferenciais não apontaram a região central, que apresenta a maior atividade, como sendo mais contaminada por hidrocarbonetos, independentemente do parâmetro considerado (poliaromáticos, alifáticos e HTP). Há grande variabilidade na distribuição de hidrocarbonetos no sedimento, aparentemente com maior influência de fatores naturais (e.g. granulometria, aportes continentais) sobre quaisquer influências antrópicas. No geral, sedimentos lamosos, tanto na plataforma quanto no talude, são os que contêm mais hidrocarbonetos. Para biomarcadores, o aumento de concentração ocorre em função da profundidade. A expectativa é que a coleta de amostras na segunda campanha do projeto PMAR-BC irá consolidar essas indicações obtidas sobre a distribuição de hidrocarbonetos no sedimento. Por fim, a comparação estatística para hidrocarbonetos e biomarcadores obtidas no PMAR-BC e no PCR-BC revela ausência de diferença significativa na distribuição de hidrocarbonetos e biomarcadores entre os dois projetos, que pode ser explicada pela dissemelhança das malhas amostrais e as baixas concentrações encontradas, de forma geral.

IV.12.1 – INTRODUÇÃO

A exploração e produção (E&P) de petróleo e gás no oceano inclui etapas — exploração sísmica, perfuração exploratória, desenvolvimento / produção e descomissionamento — que são fontes antrópicas potenciais de contaminação direta crônica e/ou aguda do meio ambiente por hidrocarbonetos, assim como inclui a contaminação indireta devido ao aumento, por exemplo, do trânsito de embarcações na região explorada (PATIN, 1999).

Os hidrocarbonetos de origem antrópica encontrados em ambientes aquáticos são comumente divididos em duas categorias: petrogênicos, encontrados diretamente em materiais fósseis (petróleo, carvão e gás) ou compostos derivados da indústria petroquímica; e pirolíticos, formados pela combustão de materiais orgânicos diversos (GESAMP, 2017; NRC, 2003). Essas duas categorias também incluem fontes naturais de hidrocarbonetos, como a exsudação de petróleo e os incêndios florestais, que se somam aos hidrocarbonetos biogênicos naturais, produzidos pelo metabolismo de plantas, animais e bactérias (KILLOPS; KILLOPS, 2005; VOLKMAN; HOLDSWORTH; NEIL; BAVOR, 1992).

Devido à grande diversidade de fontes e tipos de hidrocarbonetos encontrados em ambientes aquáticos, o estudo da contaminação ambiental por hidrocarbonetos requer o conhecimento da sua composição detalhada. Para isso, devem ser usadas metodologias analíticas específicas e com sensibilidade suficiente para identificar a miríade de moléculas entre hidrocarbonetos (e espécies com S, N, O) encontradas em diferentes compartimentos ambientais. A cromatografia em fase gasosa e a espectrometria de massas são técnicas adequadas para esse tipo de estudo, enquanto métodos mais genéricos, como gravimetria e fluorescência UV-Vis têm aplicações mais restritas (e.g., DANFORTH; CHIU; RUSYN; SCHULTZ *et al.*, 2020; WANG; FINGAS; PAGE, 1999).

Do ponto de vista do impacto ambiental, há particular interesse nos hidrocarbonetos aromáticos de origem antrópica, tanto petrogênicos quanto pirogênicos, devido à grande produção dessa classe de compostos, sua persistência e conhecidos efeitos tóxicos, mutagênicos e carcinogênicos, com

implicações sobre a saúde ambiental e mesmo à saúde humana (GOHLKE; DOKE; TIPRE; LEADER *et al.*, 2011; KALF; CROMMENTUIJN; PLASSCHE, 1997; LAW; DAWES; WOODHEAD; MATTHIESSEN, 1997; WICKLIFFE; SIMON-FRIEDT; HOWARD; FRAHM *et al.*, 2018). Biomarcadores de petróleo, também conhecidos como fósseis geoquímicos, são compostos orgânicos complexos presentes no petróleo e originados a partir de substâncias presentes em organismos outrora vivos. Suas estruturas complexas revelam mais informações do que outros compostos de ocorrência menos específica (PETERS; WALTERS; MOLDOWAN, 2005) e, conseqüentemente, tornam-se uma importante ferramenta em estudos ambientais de caracterização de fontes (WANG; ZHANG; CHEN, 2001; WANG; FINGAS; PAGE, 1999). Outra categoria comumente considerada em estudos ambientais são os hidrocarbonetos alifáticos. Embora não incluam compostos com toxicidade relevante, os alifáticos provêm informações adicionais, como a caracterização dos aportes petrogênicos e os efeitos do intemperismo sobre o petróleo, assim como são excelentes marcadores de hidrocarbonetos biogênicos (BOULOUBASSI; SALIOT, 1993; LIPIATOU; SALIOT, 1991; READMAN; FILLMANN; TOLOSA; BARTOCCI *et al.*, 2002; TOLOSA; DE MORA; SHEIKHOLESLAMI; VILLENEUVE *et al.*, 2004; WAKEHAM, 1996). Por fim, os biomarcadores de petróleo, também conhecidos como fósseis geoquímicos permitem confirmar a presença de material petrogênico e o seu grau de maturação em sedimentos, sendo assim uma importante ferramenta em estudos ambientais de caracterização de fontes de petróleo e na química forense (WANG; ZHANG; CHEN, 2001; WANG; FINGAS; PAGE, 1999).

Na Bacia de Campos, a principal e mais antiga região produtora de petróleo e gás na margem brasileira, os estudos sobre a caracterização de hidrocarbonetos e o nível de contaminação derivado das atividades de E&P remontam à década de 1990. Houve uma evolução no escopo dos compostos analisados ao longo do tempo, passando do uso de métodos genéricos (e.g., fluorescência, gravimetria) para determinação de concentrações totais de hidrocarbonetos nos primeiros estudos para a análise de compostos individuais através de métodos cromatográficos, a partir dos anos 2000. Além dos inúmeros estudos técnicos de monitoramento que são realizados no entorno de poços de perfuração ou exploração na Bacia de Campos, realizados em atendimento a requisitos legais,

destacam-se os estudos de caracterização regional — que também foram realizados ou estão em realização em praticamente todas as bacias sedimentares produtoras na margem continental brasileira —, tais como o projeto de caracterização de águas profundas (OceanProf) e o projeto de caracterização regional da Bacia de Campos (PCR-BC/Habitats). Esses projetos disponibilizaram uma avaliação ampla do ponto de vista espacial e temporal da distribuição de hidrocarbonetos e o grau de contaminação de sedimentos nessa bacia (WAGENER; FALCÃO; FARIAS; MOLINA *et al.*, 2019; WAGENER, A. L. R.; CARREIRA, R. S.; HAMACHER, C.; SCOFIELD, A. L. *et al.*, 2005; WAGENER; FARIAS; MOLINA; SCOFIELD, 2017). Nesse sentido, os sedimentos são de especial interesse para avaliar a contaminação por hidrocarbonetos, visto que esse compartimento pode agir como depósito de contaminantes produzidos pela atividade antrópica (BOULOUBASSI; SALIOT, 1993). Contribui para esta deposição o caráter lipofílico dos hidrocarbonetos, favorecendo a associação ao material particulado em suspensão e à matéria orgânica, levando também a uma resistência relativa à decomposição bacteriana de alguns compostos, principalmente dentro do grupo dos HPAs (READMAN; MANTOURA; LLEWELLYN; PRESTON *et al.*, 1986).

No contexto do Projeto de Monitoramento Ambiental Regional da Bacia de Campos (PMAR-BC), no presente relatório são apresentados os resultados de hidrocarbonetos em sedimentos da primeira campanha amostral, englobando os seguintes parâmetros: hidrocarbonetos alifáticos (total, mistura complexa não-resolvida, *n*-alcanos, pristano e fitano), hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (HPAs, incluindo compostos parentais e alquilados), hidrocarbonetos totais de petróleo (THP) e biomarcadores de petróleo (hopanos e esteranos).

IV.12.1.1 – Objetivo Principal

Obter sistematicamente informações sobre qualidade do sedimento comparando as áreas de maior (central) e menor (sul e norte) concentração de atividades de E&P na Bacia de Campos, de forma a monitorar estas áreas e simultaneamente avaliar as tendências ambientais regionais desta bacia.

IV.12.1.1.1 – Objetivos Específicos

O objetivo deste capítulo IV-12 é apresentar os dados das análises de hidrocarbonetos e biomarcadores adquiridos durante a primeira campanha de coleta de dados ambientais (sedimento) que compõem o Programa de Monitoramento Ambiental Regional da Bacia de Campos (PMAR-BC), sendo a seguir apresentados os objetivos específicos:

- Utilizar a composição individual entre HPAs e hidrocarbonetos alifáticos para identificar os aportes relativos de hidrocarbonetos petrogênicos, pirolíticos e biogênicos para os sedimentos;
- Avaliar o uso de biomarcadores de petróleo como indicador qualitativo de óleo em análise ambiental.

Hipóteses Nulas:

- Não há diferença estatística entre hidrocarbonetos e biomarcadores de petróleo da facilogia sedimentar arenosa da plataforma continental nas três regiões da bacia de Campos, considerando a comparação das áreas amostrais posicionadas na isóbata de 100 m;
- Não há diferença estatística entre hidrocarbonetos e biomarcadores de petróleo na facilogia sedimentar carbonática da plataforma continental nas três regiões da bacia de Campos, considerando a comparação das áreas amostrais posicionadas na isóbata de 100 m;
- Não há diferença entre hidrocarbonetos e biomarcadores de petróleo da facilogia sedimentar lamosa (100 m) da plataforma continental da bacia de Campos;

- Não há diferença estatística entre hidrocarbonetos e biomarcadores de petróleo do sedimento no talude das três regiões da Bacia de Campos, considerando a comparação das áreas amostrais posicionadas sobre a mesma isóbata;
- Não há diferença estatística entre hidrocarbonetos e biomarcadores de petróleo do sedimento obtidos no talude e dentro dos cânions nas três regiões da bacia de Campos, considerando a comparação das áreas amostrais posicionadas sobre a mesma isóbata;
- Não há variação temporal entre hidrocarbonetos e biomarcadores de petróleo do sedimento considerando a comparação dos resultados do PMAR-BC com os do PCR-BC sobre as mesmas isóbatas (100, 400 e 700 m) e fácies sedimentares.

IV.12.2 – METODOLOGIAS APLICADAS

IV.12.2.1 – Metodologia de Campo

As informações sobre os métodos aplicados durante a amostragem podem ser encontrados no Capítulo III, item III.3.1 – MÉTODOS DE AMOSTRAGEM, em que estão inclusos, em detalhes, os procedimentos referentes à metodologia de amostragem do compartimento sedimento: aquisição das amostras de sedimento superficiais (0-2 cm) para análise de hidrocarbonetos e biomarcadores.

IV.12.2.2 – Metodologia Analítica

IV.12.2.2.1 – Pré-Tratamento das Amostras

As amostras coletadas em frascos de alumínio previamente descontaminados, foram recebidas no Laboratório de Estudos Marinhos e Ambientais (LabMAM) e mantidas à temperatura menor que -20 °C até serem processadas. Os parâmetros analisados estão descritos na Tabela IV.12.2.2.1-1.

Tabela VI.12.2.2.1-1 – Classes de compostos e respectivos parâmetros considerados na avaliação da distribuição de hidrocarbonetos nas amostras de sedimento

Classe	Parâmetros
Hidrocarbonetos Alifáticos	Somatório dos <i>n</i> -alcanos (C ₁₀ -C ₄₀)
	pristano + fitano
	hidrocarbonetos resolvidos de petróleo (HRP)
	mistura complexa não-resolvida (MCNR)
	alifáticos totais (AT: HRP + MCNR)
Hidrocarbonetos Policíclicos Aromáticos (HPA)	Somatório dos 16 HPA prioritários da EPA
	Somatório dos 37 HPA, incluindo parentais e alquilados
Hidrocarbonetos Totais de Petróleo	hidrocarbonetos totais de petróleo
Biomarcadores de Petróleo (hopanos e esteranos)	Somatório de hopanos
	Somatório de esteranos

Para extração dos hidrocarbonetos alifáticos e hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (HPAs) foram pesados cerca de 5,0 g (precisão $\pm 0,01$ g) de sedimentos úmidos, que em seguida foram quimicamente secos com sulfato de sódio. A amostra foi colocada diretamente na célula do ASE200 (accelerated solvent extraction), sendo em seguida adicionados padrões sub-rogados deuterados (2500 ng de *n*-dodecano/*n*-C₁₂d₂₆, *n*-hexadecano/*n*-C₁₆d₃₄, *n*-eicosano/*n*-C₂₀d₄₂ e *n*-triacontano/*n*-C₃₀d₆₂ para os hidrocarbonetos alifáticos e 100 ng de *p*-terfenil-d₁₄ para os policíclicos aromáticos), os quais serviram para verificar a eficiência do processo analítico. As faixas de recuperação percentual adequadas são de 40 a 100% para dodecano e hexadecano e 60 a 120% para eicosano, triacontano e *p*-terfenil-d₁₄. A extração foi realizada em dois ciclos com diclorometano, seguindo as condições descritas na Tabela IV.12.2.2.1-2.

Tabela IV.12.2.2.1-2 - Condições instrumentais de operação do ASE

Tempo de equipamento	5 min
Tempo de purga	1 min
Quantidade de ciclos	2
Pressão	1500 psi
Temperatura	100 °C
Solvente de extração	Diclorometano
Volume total de solvente	60 mL

O extrato bruto foi reduzido a um pequeno volume (cerca de 1 mL) e fracionado por cromatografia líquida em coluna de sílica/alumina em hexano, montada da seguinte forma: 1 g de alumina e 2 g de sílica em coluna de vidro de 20 cm de comprimento e 8 mm de diâmetro interno. Inicialmente, 6 mL de hexano foram eluídos pela coluna, para retirada da fração alifática; em seguida, mais 20 mL de mistura hexano:diclorometano (1:1) passam na coluna para isolar a fração dos HPAs. Cada fração foi recolhida, concentrada, avolumada a 1 mL e foram adicionados seus respectivos padrões internos de quantificação — 2500 ng de *n*-tetracosano deuterado (*n*-C₂₄d₅₀) na fração alifática e 100 ng dos HPAs deuterados naftaleno-d₈, acenafteno-d₁₀, fenantreno-d₁₀, criseno-d₁₂ e perileno-d₁₂ na fração aromática.

Para a análise dos biomarcadores hopanos e esteranos, 15 g de sedimento seco (liofilizado) foram extraídos em ultrassom com 180 mL de diclorometano,

divididos em três ciclos de 10 min com 60 mL cada. Antes de iniciar a extração, foi adicionado como padrão sub-rogado 2500 ng de triacontano/*n*-C₃₀d₆₂ para verificar a eficiência do processo. O extrato concentrado foi submetido à cromatografia líquida idêntica ao fracionamento dos hidrocarbonetos alifáticos, já descritos. A coluna foi eluída com 6 mL de hexano para a retirada dos marcadores hopanos e esteranos saturados.

IV.12.2.2 – Quantificação de hidrocarbonetos aromáticos, alifáticos, HTP e biomarcadores

A fração contendo os hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (naftaleno, C1 naftalenos = 1-metil-naftaleno+2-metilnaftaleno, C2 naftalenos, C3 naftalenos, C4 naftalenos, acenafteno, acenaftileno, fluoreno, C1 fluorenos, C2 fluorenos, C3 fluorenos, dibenzotiofeno, C1 dibenzotiofenos, C2 dibenzotiofenos, C3 dibenzotiofenos, fenantreno, C1 (fenantrenos + antracenos): C2 (fenantrenos + antracenos), C3 (fenantrenos + antracenos), C4 (fenantrenos+antracenos), antraceno, fluoranteno, pireno, C1 pirenos, C2 pirenos, benzo(a)antraceno, criseno, C1 crisenos, C2 crisenos, benzo(b)fluoranteno, benzo(k)fluoranteno, benzo(e)pireno, benzo(a)pireno, perileno, indeno(1,2,3-cd)pireno, dibenzo(a,h)antraceno, benzo(ghi)perileno) foi analisada por cromatografia gasosa acoplada à espectrometria de massas (CG/EM). As condições instrumentais estão descritas na Tabela IV.12.2.2.2-1. A quantificação foi baseada em padronização interna, utilizando-se como padrão interno a mistura de compostos deuterados citados anteriormente (naftaleno-d₈, acenafteno-d₁₀, fenantreno-d₁₀, criseno-d₁₂ e perileno-d₁₂). A calibração do equipamento foi feita a partir de uma curva de calibração contendo diferentes concentrações (0,5; 1,0; 2,0; 5,0; 10; 20; 50; 100; 200; 400 e 2000 ng mL⁻¹) dos hidrocarbonetos policíclicos aromáticos controlados pelo método e 100 ng dos padrões internos deuterados. Para a quantificação dos compostos alquilados foram utilizadas as curvas de calibração de seus homólogos não alquilados.

Tabela VI.12.2.2.2-1 – Condições instrumentais para determinação de hidrocarbonetos policíclicos aromáticos

Equipamento	CG – Thermo, modelo TraceGC EM – Thermo, modelo ISQ
Coluna	DB-5MS (30 m; 0,25 mm de diâmetro interno e 0,25 µm de filme)
Programa de temperatura	50 °C durante 5 min 50 °C min-1 até 80 °C 6 °C min-1 até 280 °C 280 °C durante 20 min 12 °C min-1 até 305 Cº 305 Cº durante 10 min
Gás de arraste	Hélio a 1,2 mL min-1
Volume de injeção	1 µL

Os hidrocarbonetos alifáticos foram determinados por cromatografia gasosa com detector de ionização por chama (CG/DIC), utilizando as condições descritas na Tabela IV.12.2.2.2-2. A quantificação dos hidrocarbonetos presentes foi realizada a partir de curva de calibração contendo diferentes concentrações (0,05; 0,5; 1,0; 2,0; 5,0; 10; 20 e 50 µg mL⁻¹) dos compostos controlados pelo método. Em cada solução da curva de calibração foi adicionado 2500 ng de n-tetracosano deuterado (n-C₂₄D₅₀).

Tabela VI.12.2.2.2-2 – Condições instrumentais para determinação de hidrocarbonetos alifáticos

Equipamento	CG/DIC – Thermo, modelo TraceGC
Coluna	DB-5MS (30 m; 0,25 mm de diâmetro interno e 0,25 µm de filme)
Programa de temperatura	45 °C durante 0,5 min 20 °C min-1 até 80 °C 10 °C min-1 de 80 °C a 320 °C 320 °C durante 15 min
Gás de arraste	Hélio a 1,2 mL min-1
Volume de injeção	1 µL

Para a determinação dos hidrocarbonetos totais de petróleo (HTP), o extrato obtido da soma da fração alifática com a fração aromática (proveniente da etapa de cromatografia líquida em coluna de sílica/alumina), foi injetado em CG/DIC, segundo as condições já descritas na Tabela IV.12.2.2.2-2, para alifáticos. A quantificação foi realizada a partir da curva de calibração dos *n*-alcanos (*n*-C₁₀ a *n*-C₄₀ + pristano e fitano). Uma curva foi feita relacionando o somatório das áreas dos 31 *n*-alcanos mais pristano e fitano com o somatório das concentrações. O HTP

corresponde à soma de todos os picos dos compostos determinados no cromatograma, somado à mistura complexa não resolvida.

Para a análise quantitativa e qualitativa dos hopanos e esteranos (Tabela VI.12.2.2.2-3) utiliza-se o β -colano como padrão interno. O equipamento (condições instrumentais na Tabela VI.12.2.2.2-4) foi calibrado com soluções de diferentes concentrações dos padrões $17\alpha(H)\beta21R(H)C30$ hopano e $\alpha\alpha20S$ colestano (Chiron) em hexano e, utilizando-se a fração de hidrocarbonetos saturados de um óleo leve, como padrão, para determinar o tempo de retenção e o espectro de massas dos principais homólogos da série matura dos hopanos, dos diterpanos tricíclicos e tetracíclicos e dos esteranos. Os diterpanos e os hopanos, total de 38 compostos, são todos determinados utilizando-se o mesmo fator de resposta do $17\alpha(H)\beta21R(H)C30$ hopano, enquanto os esteranos, 14 compostos, são determinados pelo fator de resposta do $\alpha\alpha20S$ colestano.

Tabela VI.12.2.2.2-3 – Hopanos e esteranos saturados

13 β (H),17 α (H),20S-cholestane-(diasterane)	C25-Tricyclic-diterpane(S)
13 β (H),17 α (H),20R-cholestane-(diasterane)	C26-tricyclic-terpane(R)
5 α (H),14 α (H),17 α (H),20S-cholestane	C26-tricyclic-terpane(S)
5 α (H),14 α (H),17 α (H),20R-cholestane	C28-tricyclic-terpane(R)
24-methyl-5 α (H),14 α (H),17 α (H),20S-cholestane	C28-tricyclic-terpane(S)
24-methyl-5 α (H),14 α (H),17 α (H),20R-cholestane	C29-tricyclic-terpane(R)
24-ethyl-5 α (H),14 α (H),17 α (H),20S-cholestane	C29-tricyclic-terpane(S)
24-ethyl-5 α (H),14 α (H),17 α (H),20R-cholestane	C30-tricyclic-terpane(R)
5 α (H),14 β (H),17 β (H),20R-cholestane	C30-tricyclic-terpane(S)
5 α (H),14 β (H),17 β (H),20S-cholestane	18 α (H)-22,29,30-trisnorhopane
24-methyl-5 α (H),14 β (H),17 β (H),20R-cholestane	17 α (H)-22,29,30-trisnorhopane
24-methyl-5 α (H),14 β (H),17 β (H),20S-cholestane	17 α (H),21 β (H)-30-norhopane
24-ethyl-5 α (H),14 β (H),17 β (H),20R-cholestane	Gamacerano
24-ethyl-5 α (H),14 β (H),17 β (H),20S-cholestane	17 β (H),21 α (H)-30-norhopane-(normoretane)
Des-E-Hopane	17 α (H),21 β (H)-hopane
17 α (H),21 β (H)-25,28,30-trisnorhopane	17 β (H),21 α (H)-hopane-(moretane)
17 α (H),21 β (H)-25,30-bisnorhopane	17 α (H),21 β (H),22S-homohopane
17 α (H),21 β (H)-25-norhopane	17 α (H),21 β (H),22R-homohopane
17 α (H),21 β (H)-28,30-bisnorhopane	17 α (H),21 β (H),22S-bishomohopane
C19-Tricyclic-diterpane	17 α (H),21 β (H),22R-bishomohopane
C20-Tricyclic-diterpane	17 α (H),21 β (H),22S-trishomohopane
C21-Tricyclic-diterpane	17 α (H),21 β (H),22R-trishomohopane
C22-Tricyclic-diterpane	17 α (H),21 β (H),22Stetrakishomohopano22S
C23-Tricyclic-diterpane	17 α (H),21 β (H),22Rtetrakishomohopano22R
C24-Tricyclic-diterpane	17 α (H),21 β (H),22Spentakishomohopano22S
C25-Tricyclic-diterpane (R)	17 α (H),21 β (H),22Rpentakishomohopano22R

Tabela VI.12.2.2.2-4 – Condições instrumentais para determinação de hopanos e esteranos

Equipamento	CG – Thermo, modelo TraceGC EM – Thermo, modelo ISQ
Coluna	DB-5MS (30 m; 0,25 mm de diâmetro interno e 0,25 µm de filme)
Programa de temperatura	de 50 °C durante 0,5 min 50 °C min ⁻¹ até 80 °C 3,5 °C min ⁻¹ até 310 °C 310 °C durante 29 min
Gás de arraste	Hélio a 1,2 mL min ⁻¹
Volume de injeção	1,3 µL

As referências metodológicas de cada análise, as massas analisadas e os limites de cada método estão descritos na Tabela IV.12.2.2.2-5.

Tabela IV.12.2.2.2-5 – Métodos de análise de Hidrocarbonetos e Biomarcadores de Petróleo em Sedimentos, massa analisada (g) e limites (LQ)

Parâmetros	Referência Metodológica	Massa Analisada (g)	Limite de Quantificação
HPA 16 HPA prioritários da USEPA, 1-metil-naftaleno, 2-metil-naftaleno, dibenzotiofeno, benzo(e)pireno, perileno, homólogos alquilados	Extração: EPA 3540C (líquido-sólido), 3545A, 3550C Quantificação: EPA 8270E (CG/EM em modo SIM)	5,0	0,30 ng g ⁻¹
HC Alifáticos	n-alcanos (C ₁₀ -C ₄₀) + pristano e fitano	5,0	0,01 µg g ⁻¹
	Resolvidos	5,0	0,01 µg g ⁻¹
	MCNR	5,0	0,01 µg g ⁻¹
	Alifáticos Totais	5,0	0,01 µg g ⁻¹
HTP	Extração: EPA 3540C, 3545A, 3550C Quantificação: EPA 8015C (CG/DIC)	5,0	0,01 µg g ⁻¹
Biomarcadores de petróleo Hopanos e Esteranos	Extração (EPA 3540C, 3545A, 3550C) Identificação (CG-EM)	15,0	0,67 ng g ⁻¹

Controles Analíticos

Em cada batelada de amostras foi realizado o controle analítico de processo, a fim de assegurar a qualidade dos resultados obtidos. Desta forma, paralelamente às análises de hidrocarbonetos alifáticos e HPAs, foram analisados os seguintes controles de qualidade: brancos de frascaria e brancos de campo, para verificar

possível interferência das condições de amostragem; brancos de método, para avaliar possíveis contaminações durante processamento em laboratório; amostras fortificadas, para avaliar a perda de cada composto e precisão do método; controle de curva de calibração, para verificar e validar a curva; e branco de sistema cromatográfico, para avaliar as condições do equipamento (Tabela IV.12.2.2-6). Para a análise de hidrocarbonetos totais de petróleo os controles de qualidade foram brancos de frascaria, brancos de campo, brancos de método e brancos de sistema cromatográfico.

Como controles de qualidade da análise de hopanos e esteranos saturados foram analisados brancos de campo, brancos de frascaria, brancos de método, brancos de sistema cromatográfico e amostras fortificadas (Material de Referência Certificado NIST 2266).

Tabela IV.12.2.2-6 – Controles de qualidade analítica adotados no presente estudo e respectiva descrição/frequência

Controle	Descrição / periodicidade
Branco do Sistema Cromatográfico (BrSC)	Injeção de n-hexano no início de cada lote e a cada 20 análises a fim de verificar a presença de interferentes no sistema que comprometam a quantificação da amostra
Controle da Curva de Calibração (QC)	Checagem diária da estabilidade das curvas com a injeção de um ponto de concentração intermediária. O padrão intermediário injetado utilizado foi de outra marca ou lote diferente do utilizado para fazer a curva.
Branco do Método (BrM)	Análise de 2 brancos por lote de amostras entregue, seguindo procedimento analítico idêntico ao adotado para as amostras, sem a amostra propriamente dita, para cada parâmetro (1 no início e 1 no final do processamento do lote)
Branco de Campo (BrC)	Fornecido um branco de campo por lote de amostras entregues para cada parâmetro e cada matriz. O branco de campo seguiu procedimento do BM
Branco de Frascaria (BrF)	Branco de frasco de coleta utilizados por lote de amostras entregues para cada matriz. O branco de frascaria seguiu o procedimento do BM
Amostra Controle do Laboratório (ACL)	Análise de 2 amostras controle (material de referência certificado de matriz similar ao da amostra – MRC e/ou amostra fortificada – AF) por lote de amostras entregues, seguindo procedimento analítico idêntico ao adotado para as amostras, para cada parâmetro (1 no início e 1 no final do processamento do lote) e reinjeção a cada 15 leituras

O branco do sistema cromatográfico não apresentou interferentes em todo o processo analítico. O branco de método (7 amostras) variou de <LQ a 9,55 ng g⁻¹ (3,20 ± 3,87 ng g⁻¹) para HPAs, de <LQ a 1,85 µg g⁻¹ (0,93 ± 1,12 µg g⁻¹) para os hidrocarbonetos alifáticos e de 0,08 a 5,19 µg g⁻¹ (2,69 ± 1,84 µg g⁻¹) para os hidrocarbonetos totais de petróleo. O branco de campo (14 amostras) variou de

<LQ a $6,14 \text{ ng g}^{-1}$ ($1,79 \pm 2,29 \text{ ng g}^{-1}$) para HPAs, de <LQ a $3,33 \text{ } \mu\text{g g}^{-1}$ ($0,46 \pm 0,86 \text{ } \mu\text{g g}^{-1}$) para os hidrocarbonetos alifáticos e de <LQ a $16,19 \text{ } \mu\text{g g}^{-1}$ ($5,48 \pm 4,63 \text{ } \mu\text{g g}^{-1}$) para os hidrocarbonetos totais de petróleo. O branco de frascaria (8 amostras) por sua vez variou de <LQ a $10,02 \text{ ng g}^{-1}$ ($3,04 \pm 3,94 \text{ ng g}^{-1}$) para HPAs, de <LQ a $3,76 \text{ } \mu\text{g g}^{-1}$ ($0,75 \pm 1,26 \text{ } \mu\text{g g}^{-1}$) para os hidrocarbonetos alifáticos e de $0,70$ a $7,46 \text{ } \mu\text{g g}^{-1}$ ($6,22 \pm 6,65 \text{ } \mu\text{g g}^{-1}$) para os hidrocarbonetos totais de petróleo.

Hopanos e esteranos não foram encontrados em nenhum dos brancos avaliados, ou seja, todos os resultados dos brancos ficaram abaixo do limite de quantificação para biomarcadores.

Embora não exista diferença significativa entre os brancos de método e os brancos de campo considerando os hidrocarbonetos alifáticos e os hidrocarbonetos aromáticos, os resultados de hidrocarbonetos totais de petróleo apresentaram resultados mais relevantes no branco de campo. Desta forma optou-se por descontar o branco de método dos resultados encontrados nas amostras. Os brancos de campo, dada sua maior variabilidade e aleatoriedade, são considerados erros não sistêmicos. Desta forma, optou-se por descontar apenas o branco de método, sistemático e com menor desvio, dos resultados encontrados para as amostras. A abordagem adotada foi conservativa uma vez que o desconto do branco de campo, de maior valor e variabilidade, poderia acarretar valores subdimensionados de concentração.

Os controles da curva de calibração injetados apresentaram recuperações próximas a 100%, com pequeno desvio. A variação encontrada para os quatro controles efetuados durante as análises foi de 80 a 120 % considerando todos os HPAs analisados ($102 \pm 13\%$) e de 80 a 120 % para os *n*-alcanos ($96 \pm 12\%$).

A variação das amostras fortificadas ($n = 4$) foi de 41 a 120% para HPAs ($89 \pm 18\%$), de 51 a 118% para os *n*-alcanos ($81 \pm 13\%$) e de 79 a 118% para hopanos e esteranos saturados ($100 \pm 15\%$). O desvio padrão relativo das amostras fortificadas para cada composto, utilizado para avaliar perdas e precisão do método (critério: desvio percentual de 25%), variou de 0 a 24% para os compostos aromáticos e de 0 a 24,7% para alifáticos.

Todos os controles realizados apresentaram valores considerados satisfatórios e garantiram a qualidade das análises realizadas.

IV.12.2.3 – Metodologia de Tratamento de Dados

As informações sobre os métodos aplicados para o tratamento de dados (estatística descritiva, correlações, NMDS, análises fatoriais não-paramétricas, entre outras) e os procedimentos nos quais foram realizados os agrupamentos dos dados do compartimento Sedimento podem ser encontrados no Capítulo III, item III.3.3 – MÉTODOS DE TRATAMENTO DE DADOS.

De maneira a otimizar a apresentação de resultados e permitir uma melhor exploração dos dados, as variáveis analisadas foram agrupadas conforme detalhado na Tabela IV.12.2.3-1.

Tabela IV.12.2.3-1 – Apresentação das variáveis de hidrocarbonetos analisadas em sedimento – grupo 1 e grupo 2

	Legenda	Tipos de Análise	Descrição
Grupo 1			
$\Sigma 16$ HPAs (ng/g = μ g/kg)	16HPA	Univariada (apenas o somatório) e multivariada PERMANOVA (somatório, junto com $\Sigma 37$ HPAs, HTP, MCNR e ATs)	Somatório dos compostos considerados prioritários pela EPA*
$\Sigma 37$ HPAs (ng/g = μ g/kg)	37HPA	Univariada (somatório), multivariada PERMANOVA (somatório, junto com $\Sigma 16$ HPAs, HTP, MCNR e ATs) e multivariada com agrupamento e método Ward (considerando cada HPA individual)	Inclui o $\Sigma 16$ HPAs, mais alquilados [C1-C4-naftaleno, C1-C3-fluoreno, C1-C3-dibenzotiofeno, C1-C4-fenantreno, C1-C2-pireno, C1-C2-criseno], além de dibenzotiofeno, perileno e benzo(e)pireno]
Σn -Alcanos (μ g/g = mg/kg)	n-ALC	Univariada (apenas somatório) e multivariada com agrupamento e método Ward (com compostos individuais + pristano e fitano)	Somatório de <i>n</i> -alcanos entre dez (<i>n</i> -C ₁₀) e quarenta (<i>n</i> -C ₄₀) átomos de carbono, além de pristano e fitano
Mistura complexa não resolvida	MNCR	Univariada (apenas somatório), multivariada PERMANOVA (junto com $\Sigma 16$ HPAs, $\Sigma 37$ HPAs, HTP e ATs) e	Quantificada pela elevação da linha base durante análise cromatográfica, representa um conjunto indefinido de compostos de diferentes classes

Legenda	Tipos de Análise	Descrição
	multivariada e multivariada com agrupamento e método Ward (com compostos individuais + pristano e fitano)	
Σ hidrocarbonetos resolvidos do petróleo ($\mu\text{g/g} = \text{mg/kg}$)	HRP Univariada (apenas somatório)	Somatório de todos os compostos com picos bem definidos (resolvidos) no cromatograma. Inclui todos os <i>n</i> -alcanos e isoprenóides, além de outros compostos não identificáveis
Σ Alifáticos ($\mu\text{g/g} = \text{mg/kg}$)	AT Univariada (somatório) e multivariada PERMANOVA (somatório, junto com $\Sigma 16$ HPAs, $\Sigma 37$ HPAs, HTP e MCNR)	Representa o somatório de compostos resolvidos (HRP) e de mistura complexa não-resolvida (MCNR)
Grupo 2		
Hopanos	Hop Univariada e bivariada	Lista compostos na Tabela IV.12.2.2.2-3
Esteranos	Est Univariada e bivariada	Lista compostos na Tabela IV.12.2.2.2-3

*naftaleno, acenaftileno, acenafteno, fluoreno, fenantreno, antraceno, fluoranteno, pireno, benzo(a)antraceno, criseno, benzo(b)fluoranteno, benzo(k)fluoranteno, benzo(a)pireno, indeno[1,2,3-cd]pireno, dibenzo(a,h)antraceno e benzo(ghi)perilneo.

Devido à grande diferença entre os valores (concentrações) das variáveis do grupo Hidrocarbonetos, foi adotada a normalização dos dados pelos valores totais, por variável. Nesse método, os valores de cada variável no conjunto das amostras são somados e todos eles são divididos por esse total, de forma a promover um equilíbrio nas contribuições de variáveis que diferem de forma intrínseca em até 3 ordens de grandeza — i.e., HPAs em ng g^{-1} e ATs em $\mu\text{g g}^{-1}$ — para o conjunto de amostras analisadas.

Em adição às análises estatísticas univariada, bivariada e multivariada, como descrito na Tabela IV.12.2.3-1, e cujo detalhamento já foi descrito no Capítulo III, item III.3.3, foram ainda realizadas análises multivariadas complementares. Mais especificamente, foi realizada uma Análise de Agrupamento (método de Ward e distância Euclidiana) entre os HPAs individuais (lista de 37 compostos) e entre os *n*-alcanos individuais, pristano e fitano. Nessa análise, foram considerados dados normalizados através da divisão pelos totais por variável — como realizado nas análises uni- e bi-variadas — e depois cada concentração normalizada foi transformada pelo cálculo do *z-score*. Essa transformação faz com que todas as

variáveis tenham média 0 e variância constante 1, permitindo uma melhor comparação entre as variáveis. O objetivo da Análise de Agrupamento multivariada foi aprofundar na análise da origem dos HPAs (pirolítica, petrogênica ou natural) e dos alcanos (petrogênica ou biogênica) e, portanto, tem um enfoque qualitativo (origem) e não quantitativo (nível de contaminação).

Nas análises inferenciais utilizadas para comparar dados dos projetos PMAR-BC e PCR-BC, foram seguidos os procedimentos descritos no capítulo III, item III.3.3.

IV.12.3 – RESULTADOS

A plataforma continental é marcada por um mosaico de fácies sedimentares, aqui agrupadas em arenosa, carbonática e lamosa, enquanto o talude e os cânions são marcados por sedimentos predominantemente finos. Como os hidrocarbonetos têm forte associação com a fração particulada – em suspensão ou depositada no fundo – e como as frações com partículas mais finas têm maior relação área superficial sobre volume, as características sedimentológicas podem ter, em conjunto com a localização das fontes de contaminação, forte influência sobre a distribuição desses compostos no sedimento.

Dessa forma, a estatística descritiva dos resultados obtidos para os sedimentos da primeira campanha do PMAR-BC é apresentada inicialmente na Tabela IV.12.3-1 para todo o conjunto de amostras analisadas. Em seguida, os aspectos relevantes sobre a distribuição dos diversos parâmetros escolhidos entre os hidrocarbonetos são apresentados de forma detalhada em relação às províncias, áreas e fácies sedimentares definidas no escopo do PMAR-BC.

Tabela IV.12.3-1 – Tabela resumo da estatística descritiva: média, desvio padrão (DP), mediana, mínimo (Mín) e máximo (Máx) das análises de Hidrocarbonetos e Biomarcadores de Petróleo em Sedimentos na 1ª campanha do PMAR-BC

Parâmetro		PLATAFORMA						TALUDE						CÂNIONS				
		SUL			CENTRO		NORTE		SUL		CENTRO		NORTE		SUL	NORTE		
		Arenosa	Carbo- nática	Lamosa	Arenosa	Carbo- nática	Arenosa	Carbo- nática	400m	700m	400m	700m	400m	700m	700m	400m	700m	
16 HPA (ng/g)	Média	18,60	3,93	32,10	5,62	1,81	23,58	1,58	0,01	0,02	8,84	0,46	1,72	2,16	<LQ	8,60	4,16	
	DP	20,70	12,00	27,0	8,11	3,94	73,79	1,48	0,07	0,12	17,9	1,15	2,27	2,77	<LQ	5,10	3,08	
	Mediana	9,15	0,50	25,20	0,93	0,46	4,62	1,38	<LQ	<LQ	4,45	<LQ	0,48	1,04	<LQ	7,61	4,28	
	Mín	0,39	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	2,11	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	1,71	<LQ
	Máx	64,3	47,0	116	30,1	15,5	290	4,58	0,36	0,59	89,4	4,06	8,11	9,35	<LQ	22,7	9,62	
37 HPA (ng/g)	Média	29,1	5,01	49,5	8,70	2,45	28,6	1,77	0,48	0,09	15,7	0,65	1,74	3,16	0,11	9,22	4,99	
	DP	29,8	14,7	38,8	10,2	4,21	78,3	1,58	1,28	0,21	24,3	1,68	2,27	3,81	0,27	6,09	4,06	
	Mediana	13,2	0,81	40,6	1,93	0,85	8,11	1,73	<LQ	<LQ	10,7	<LQ	0,48	1,69	<LQ	8,52	4,28	
	Mín	1,15	<LQ	<LQ	1,07	<LQ	4,12	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	2,38	<LQ
	Máx	92,1	58,0	170	38,5	16,3	311	4,82	4,16	0,67	115	5,20	8,11	12,5	0,91	26,9	12,6	
n-alcenos (µg/g)	Média	0,19	0,28	0,72	0,18	0,45	0,96	0,55	0,32	0,02	1,14	0,47	0,50	0,71	1,12	0,01	0,37	
	DP	0,15	0,45	0,28	0,09	0,47	0,90	0,30	0,23	0,06	0,39	0,53	0,24	0,38	1,08	0,02	0,45	
	Mediana	0,12	0,14	0,65	0,14	0,28	0,77	0,59	0,26	<LQ	1,11	0,25	0,49	0,61	0,64	<LQ	0,20	
	Mín	0,04	<LQ	0,38	0,05	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	0,46	0,11	0,08	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	
	Máx	0,45	1,74	1,54	0,36	1,71	3,27	1,05	0,73	0,22	1,79	2,36	1,20	1,46	3,43	0,06	1,26	
HRP (µg/g)	Média	1,46	0,75	9,75	0,24	2,41	1,03	0,55	0,61	0,53	1,14	0,64	3,01	0,73	1,30	1,24	6,28	
	DP	1,64	0,50	9,71	0,23	3,25	1,12	0,30	0,14	0,13	0,39	0,46	3,30	0,37	0,92	1,60	4,29	
	Mediana	1,13	0,53	9,02	0,14	0,85	0,77	0,59	0,57	0,50	1,11	0,51	0,72	0,61	0,80	0,60	7,06	
	Mín	0,04	0,13	0,75	0,05	0,14	<LQ	<LQ	0,46	0,35	0,46	0,26	0,41	<LQ	0,39	<LQ	<LQ	
	Máx	4,52	1,74	46,20	0,81	10,90	4,37	1,05	1,14	0,97	1,79	2,36	8,40	1,46	3,43	5,18	12,59	
MCNR (µg/g)	Média	0,02	0,39	1,58	0,02	0,27	0,08	0,07	0,60	0,47	0,01	0,52	0,32	0,28	0,48	0,18	0,25	
	DP	0,05	0,34	2,69	0,09	0,26	0,26	0,08	0,25	0,13	0,06	0,59	0,41	0,30	0,27	0,17	0,37	
	Mediana	<LQ	0,34	0,20	<LQ	0,20	<LQ	0,04	0,60	0,48	<LQ	0,38	0,16	0,28	0,49	0,18	0,17	
	Mín	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	0,06	0,20	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	0,10	<LQ	<LQ	
	Máx	0,20	0,80	10,06	0,33	0,83	1,00	0,26	1,08	0,84	0,32	2,78	1,63	1,03	0,91	0,54	1,40	
AT (µg/g)	Média	1,48	2,54	11,33	0,26	2,68	1,12	0,62	1,21	0,99	1,16	1,16	3,33	1,02	1,78	1,42	6,53	
	DP	1,67	2,27	11,74	0,24	3,26	1,33	0,31	0,33	0,17	0,39	0,73	3,19	0,45	0,96	1,70	4,28	
	Mediana	1,13	1,70	11,04	0,14	1,06	0,77	0,63	1,13	0,98	1,14	0,90	1,51	0,94	1,38	0,95	7,20	
	Mín	0,04	0,38	0,75	0,05	0,35	0,05	0,02	0,56	0,68	0,48	0,42	0,42	0,14	0,66	<LQ	<LQ	
	Máx	4,72	6,99	56,23	0,81	10,90	5,37	1,22	2,22	1,60	1,79	3,67	8,59	1,96	4,23	5,72	12,76	

Tabela IV.12.3-1 – continuação. Tabela resumo da estatística descritiva: média, desvio padrão (DP), mediana, mínimo (Mín) e máximo (Máx) das análises de Hidrocarbonetos e Biomarcadores de Petróleo em Sedimentos na 1ª campanha do PMAR-BC.

Parâmetro		PLATAFORMA							TALUDE						CÂNIONS		
		SUL			CENTRO		NORTE		SUL		CENTRO		NORTE		SUL	NORTE	
		Arenosa	Carbo- nática	Lamosa	Arenosa	Carbo- nática	Arenosa	Carbo- nática	400m	700m	400m	700m	400m	700m	700m	400m	700m
HTP (µg/g)	Média	4,77	3,98	18,45	6,83	10,11	4,06	4,65	3,66	2,74	3,39	3,49	5,95	1,60	3,41	1,58	10,55
	DP	4,17	3,09	25,06	3,98	6,97	6,92	4,87	1,72	0,98	1,28	1,39	4,71	0,99	0,29	1,63	8,23
	Mediana	3,24	3,23	13,60	6,42	10,53	0,81	1,51	3,75	3,05	3,00	3,36	5,01	1,20	3,47	1,47	11,13
	Mín	0,04	0,38	0,75	0,13	1,19	0,11	0,02	0,76	0,68	1,29	1,11	0,68	0,47	2,91	<LQ	<LQ
	Máx	12,28	11,80	118,40	14,36	22,86	23,90	13,87	7,20	4,82	5,73	6,43	19,32	4,78	4,23	5,72	22,42
Hopanos (ng/g)	Média	60,2	76,4	123	55,8	101	46,9	78,2	130	189	96,2	114	119	104	167	160	104
	DP	12,5	31,0	25,3	8,96	30,0	5,89	14,0	49,8	57,2	33,3	28,9	39,3	44,7	51,0	44,3	18,0
	Mediana	56,0	66,5	125	54,3	85,9	46,3	76,0	135	194	89,5	111	115	96,1	152	153	104
	Mín	45,1	44,7	73,2	41,4	57,9	38,7	63,3	53,0	73,5	34,0	55,5	60,1	40,8	98,1	63,5	73,4
	Máx	85,9	165	176	81,2	179	60,0	112	279	278	163	176	227	249	278	222	126
Esteranos (ng/g)	Média	19,5	21,1	27,7	17,6	24,9	16,4	20,6	27,5	37,2	21,7	24,6	26,1	20,3	34,0	33,0	24,7
	DP	2,70	4,40	4,15	1,31	3,84	1,37	1,75	6,35	9,07	8,14	3,99	7,26	7,63	9,78	5,95	3,25
	Mediana	19,1	20,4	28,1	17,8	25,4	16,2	19,6	27,2	39,2	22,1	23,5	25,2	19,5	30,9	33,3	24,4
	Mín	15,8	15,7	18,0	15,1	18,5	14,2	18,5	15,4	15,1	9,4	15,3	14,7	8,6	23,2	19,7	20,0
	Máx	25,0	33,1	35,9	20,1	33,0	19,5	23,9	42,9	52,8	37,9	32,9	46,5	46,5	53,3	40,8	29,8

IV.12.3.1 – Distribuição de hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (HPAs)

Foram analisados 37 HPAs individuais, que foram agrupados em duas categorias: o somatório dos 16 HPAs prioritários definidos pela agência ambiental americana ($\Sigma 16\text{HPAs}$) e a concentração total de todos os compostos analisados ($\Sigma 37\text{HPAs}$). A grande diferença entre os dois agrupamentos é que no conjunto de 16 HPAs prioritários não estão incluídos compostos com ramificação alquila, nem alguns HPAs importantes no petróleo, como o dibenzotiofeno, mas mesmo assim ainda é um somatório considerado por representar um conjunto fixo de compostos cujos valores podem ser comparados entre áreas distintas e que usam metodologias cujo ‘total’ envolve um número diferente de compostos.

As concentrações de HPAs nos sedimentos revelam tendências semelhantes na distribuição tanto de $\Sigma 16\text{HPAs}$ quanto de $\Sigma 37\text{HPAs}$ em relação às províncias (plataforma, talude e cânions), áreas (sul, centro e norte) e fácies sedimentares (arenosa, carbonática e lamosa). Na Figura IV.12.3.1-1 observa-se que o maior destaque considerando todos os grupos de amostras são as concentrações mais elevadas de HPAs nos sedimentos de plataforma (isóbata de 100 m) da área sul, tanto na areia (PA100S) como na lama (PL100S). No sedimento arenoso na plataforma sul, a mediana de $\Sigma 37\text{HPAs}$ é de $13,2 \text{ ng g}^{-1}$ (faixa $1,15\text{--}92,1 \text{ ng g}^{-1}$), enquanto que no sedimento lamoso da mesma província e região a mediana é mais alta, chegando a $\Sigma 37\text{HPAs} = 40,6 \text{ ng g}^{-1}$ e faixa $<LQ\text{--}170 \text{ ng g}^{-1}$.

Na plataforma arenosa da área norte, a concentração de $\Sigma 37\text{HPAs}$ tem mediana de $8,11 \text{ ng g}^{-1}$ e faixa $4,12\text{--}311 \text{ ng g}^{-1}$, abaixo, portanto do medido na área sul (descrito acima), mas superior aos sedimentos arenosos da região central, que tem mediana de $\Sigma 37\text{HPAs}$ igual a $1,93 \text{ ng g}^{-1}$ e faixa $1,07\text{--}3,85 \text{ ng g}^{-1}$ (Figura IV.12.3.1-1). Ainda sobre a plataforma, os polígonos com sedimentos carbonáticos em todas as três regiões são os que apresentam os menores teores de HPAs, com medianas de concentração de $\Sigma 37\text{HPAs}$ de $0,81 \text{ ng g}^{-1}$ (sul), $0,85 \text{ ng g}^{-1}$ (centro) e $1,73 \text{ ng g}^{-1}$ (norte).

Os mapas de distribuição espacial na plataforma mostram que há consistência nos teores de $\Sigma 37\text{HPAs}$ entre o conjunto de estações definidos no trinômio polígono \times área \times tipo de sedimento (Figura IV.12.3.1-2). No entanto, no conjunto de amostras do polígono PA100S há maior variabilidade no $\Sigma 37\text{HPAs}$, com uma tendência de maiores valores nas estações mais próximas do PL100S e

as menores em direção ao PC100S, refletindo ser essa uma área com deposição mais heterogênea de HPAs. Por fim, na Figura IV.12.3-2 pode-se observar a ocorrência de estações com concentrações em faixa superior ($134 \text{ ng g}^{-1} < \sum 37\text{HPAs} < 311 \text{ ng g}^{-1}$), e outras com HPAs abaixo do limite de quantificação (em torno de $0,10 \text{ ng g}^{-1}$ considerando cada composto individual), mas que no conjunto de dados são classificados como *outliers* ou valores extremos e não representam a tendência geral para os HPAs.

Os HPAs no talude (Figura IV.12.3.1-1), em geral em níveis inferiores aos da região sul sobre a plataforma, são caracterizados pela maior concentração mediana na área central a 400 m (T400C), com $10,7 \text{ ng g}^{-1}$ ($< \text{LQ} - 115 \text{ ng g}^{-1}$) para $\sum 37\text{HPAs}$. Mas, no talude central a 700 m, a mediana de $\sum 37\text{HPAs}$ foi menor que o limite de quantificação e variou entre $< \text{LQ}$ e $5,20 \text{ ng g}^{-1}$. Já na região sul do talude, nas duas isóbatas (400 e 700 m), os HPAs tiveram mediana abaixo do limite de quantificação em 84% do total de 50 amostras analisadas desse conjunto de estações. Na região norte do talude, as medianas de $\sum 37\text{HPAs}$ são baixas e semelhantes, $0,48 \text{ ng g}^{-1}$ ($< \text{LQ} - 8,11$) e $1,69 \text{ ng g}^{-1}$ ($< \text{LQ} - 12,5 \text{ ng g}^{-1}$) respectivamente para 400 m e 700 m. Os mapas de distribuição espacial no talude (Figura IV.12.3.1-3) ilustram uma similaridade entre resultados das concentrações no conjunto de estações para um determinado polígono, incluindo a prevalência de valores de $\sum 37\text{HPAs}$ mais elevados em escala decrescente PL100S > PA100S > T400C.

Os HPAs nos cânions (Figura IV.12.3.1-1) foram mais abundantes nos sedimentos da área norte, tanto a 400 m (mediana $\sum 37\text{HPAs} = 8,52 \text{ ng g}^{-1}$; faixa $2,38 - 26,9 \text{ ng g}^{-1}$) como a 700 m (mediana $\sum 37\text{HPAs} = 4,28 \text{ ng g}^{-1}$; faixa $< \text{LQ} - 1,26 \text{ ng g}^{-1}$). Por outro lado, na área sul a 700 m (única isóbata amostrada), os HPAs são bem menos concentrados, com mediana de $\sum 37\text{HPAs}$ menor que o LQ e faixa $< \text{LQ} - 0,91 \text{ ng g}^{-1}$. Aqui, também, os mapas de distribuição espacial nos cânions (Figura IV.12.3.1-4) mostram que há concordância entre as concentrações de HPAs no conjunto de estações em cada polígono do cânion.

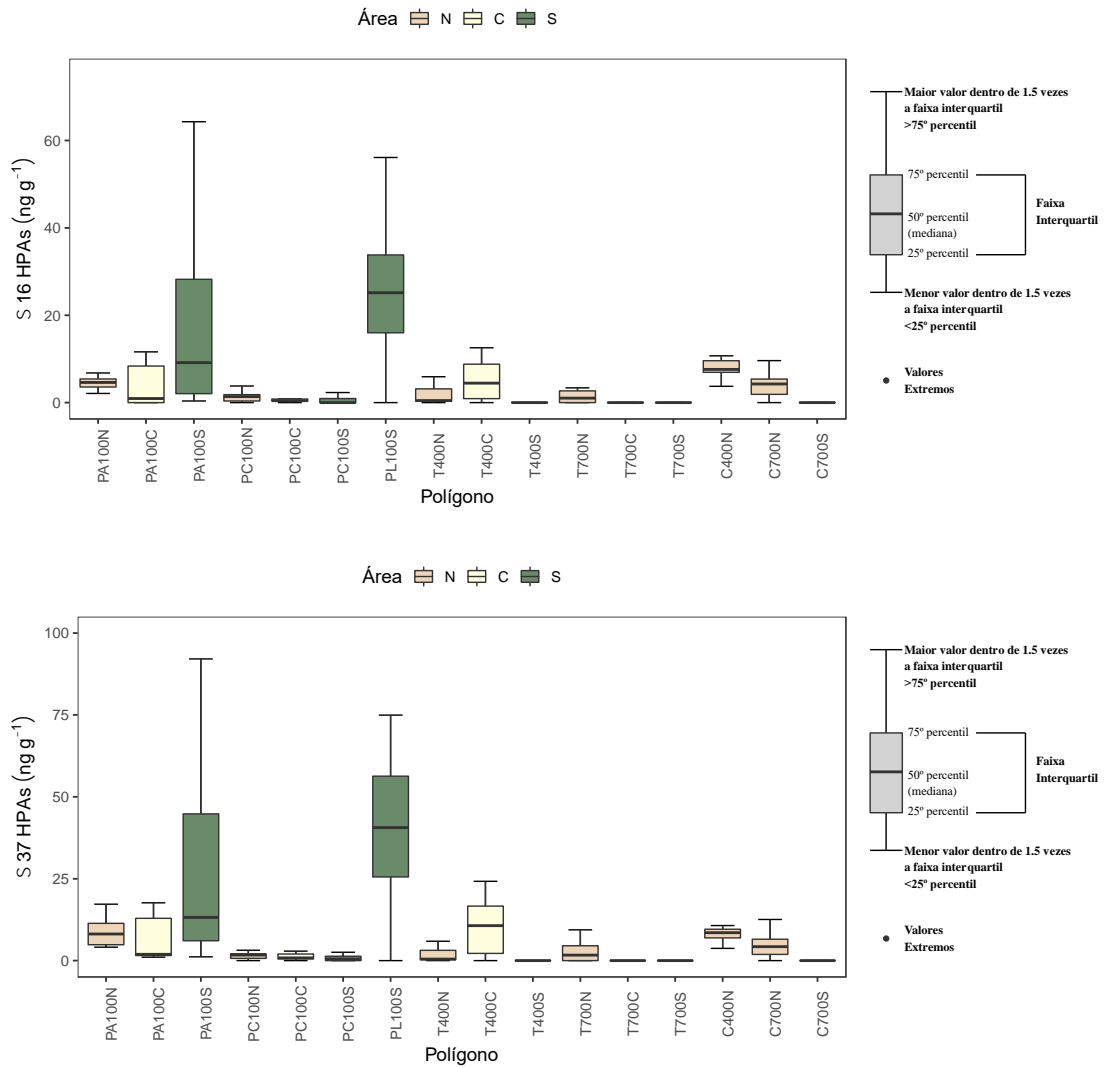


Figura IV.12.3.1-1 – Distribuição de $\Sigma 16\text{HPAs}$ (painel superior) e $\Sigma 37\text{HPAs}$ (painel inferior) considerando todas as províncias (plataforma, talude e cânions). Isóbata de 100 m na plataforma de faciologia arenosa (PA100), carbonática (PC100) e lamosa (PL100), e isóbatas de 400 m e 700 m no talude (T400 e T700) e cânions (C400 e C700) nas áreas (norte - N, centro - C e sul - S) nos sedimentos coletados no PMAR-BC01. Valores extremos foram considerados, mas omitidos da apresentação para facilitar visualização.

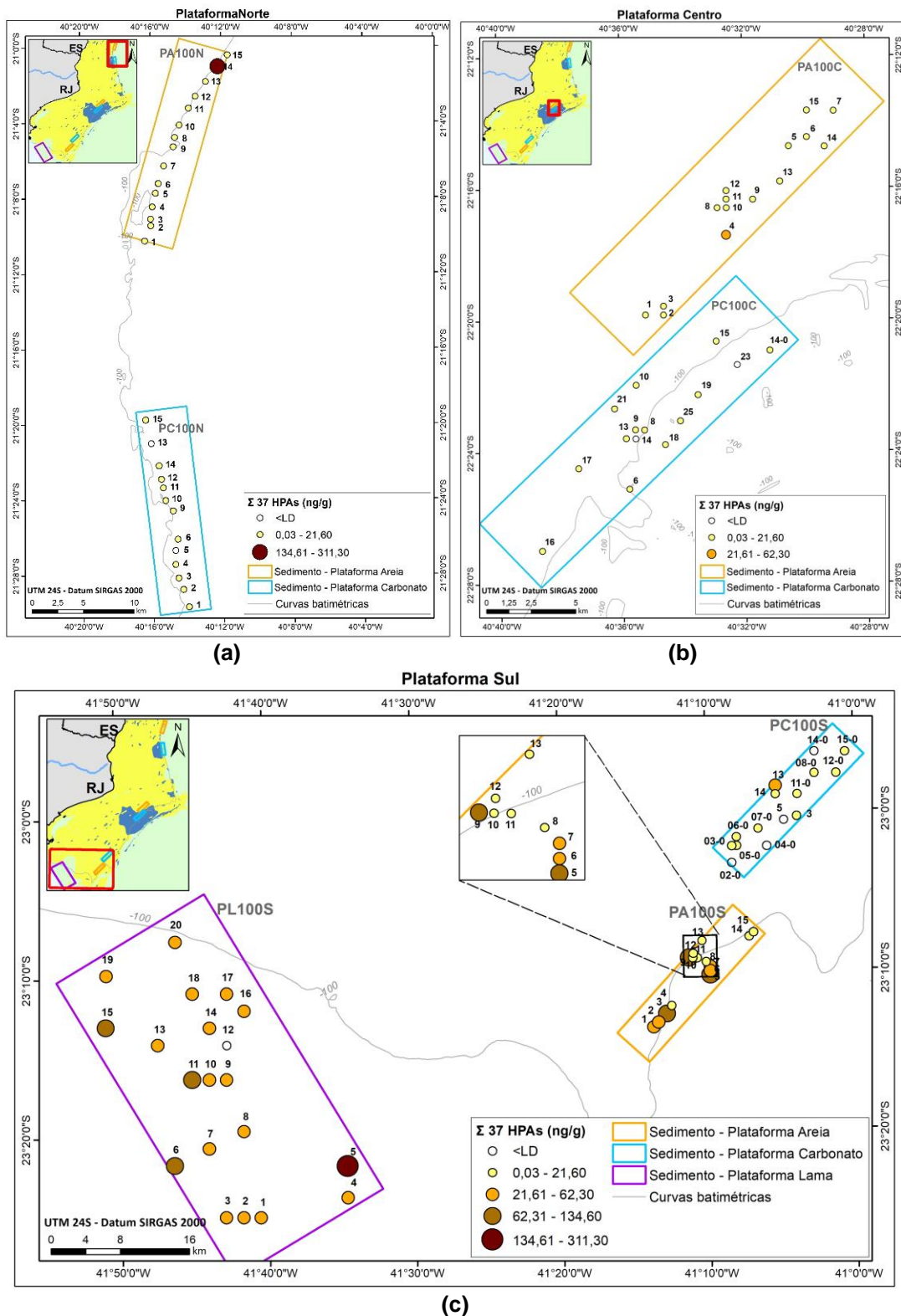


Figura IV.12.3.1-2 – Distribuição espacial do Σ37HPAs nos sedimentos nas áreas Norte (a), Centro (b) e Sul (c) e fácies sedimentares sobre a plataforma no PMAR-BC01.

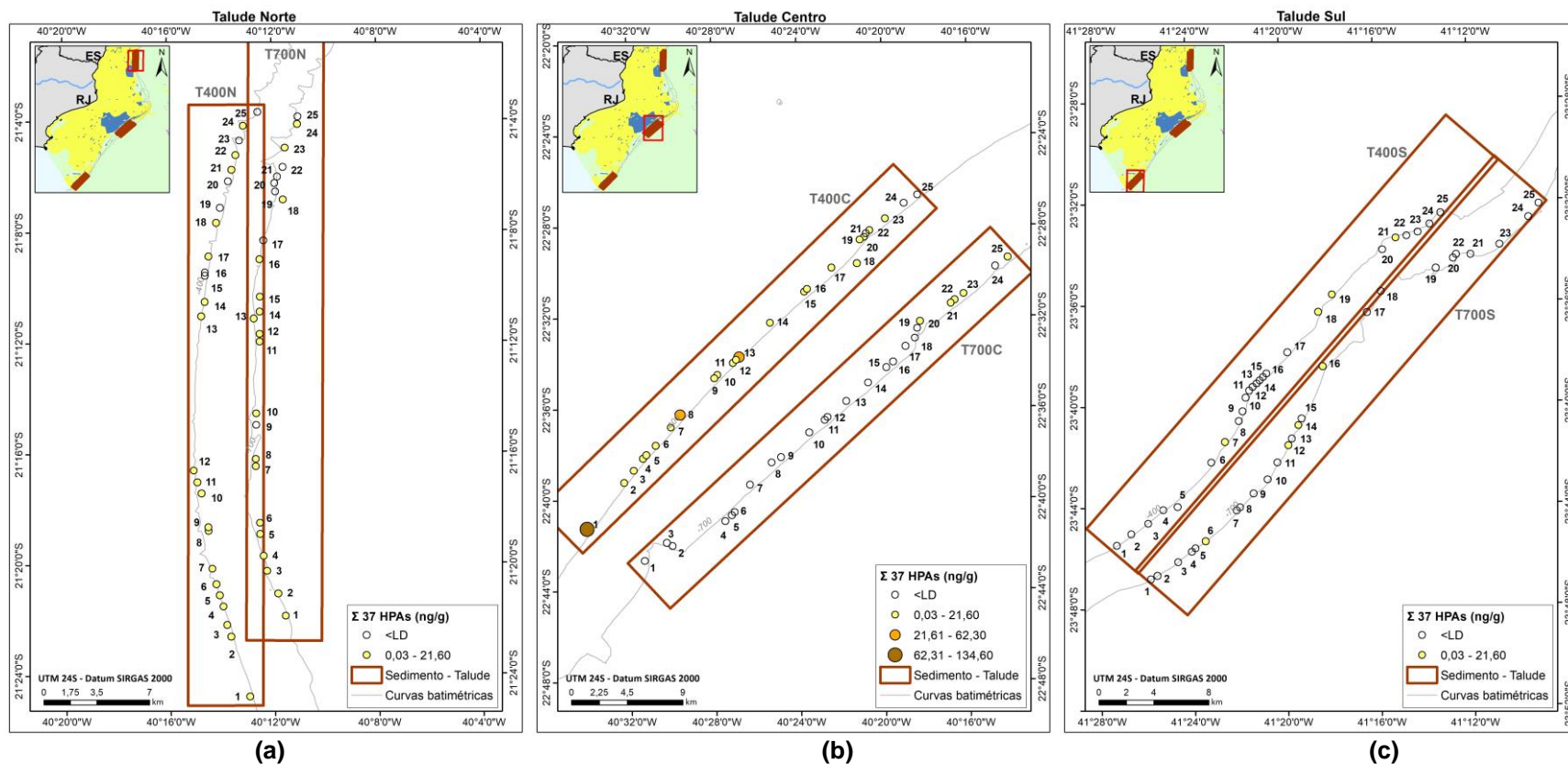


Figura IV.12.3.1-3 – Distribuição espacial do $\Sigma 37\text{HPAs}$ nos sedimentos nas áreas Norte (a), Centro (b) e Sul (c) e duas isóbatas sobre o talude no PMAR-BC01.

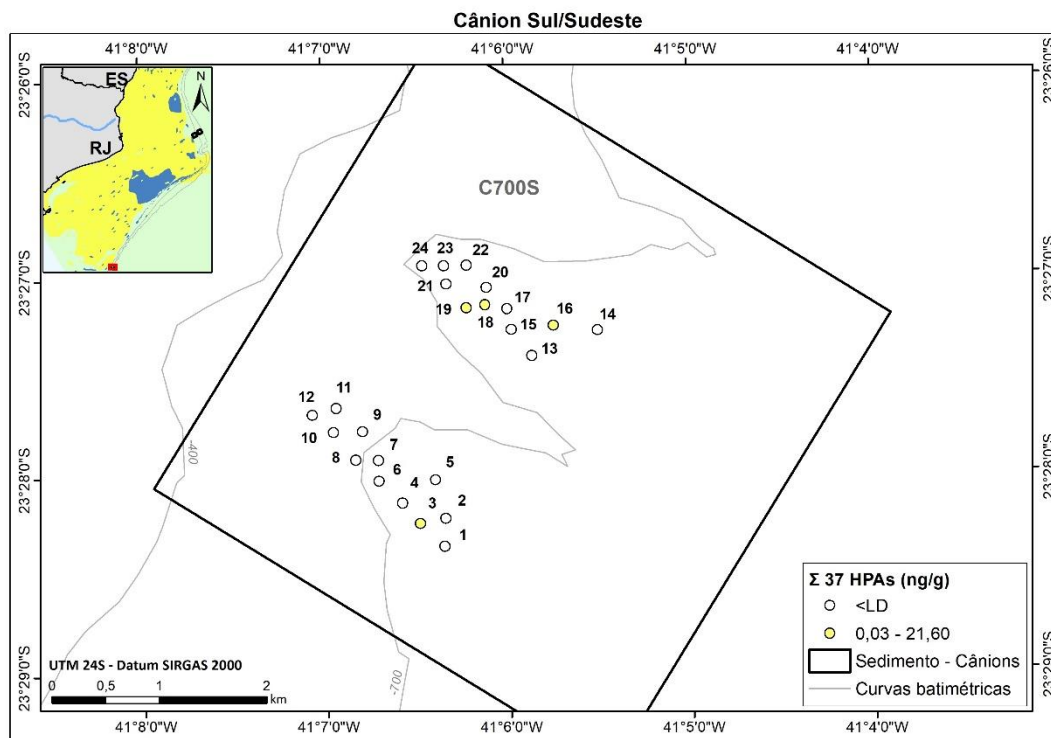
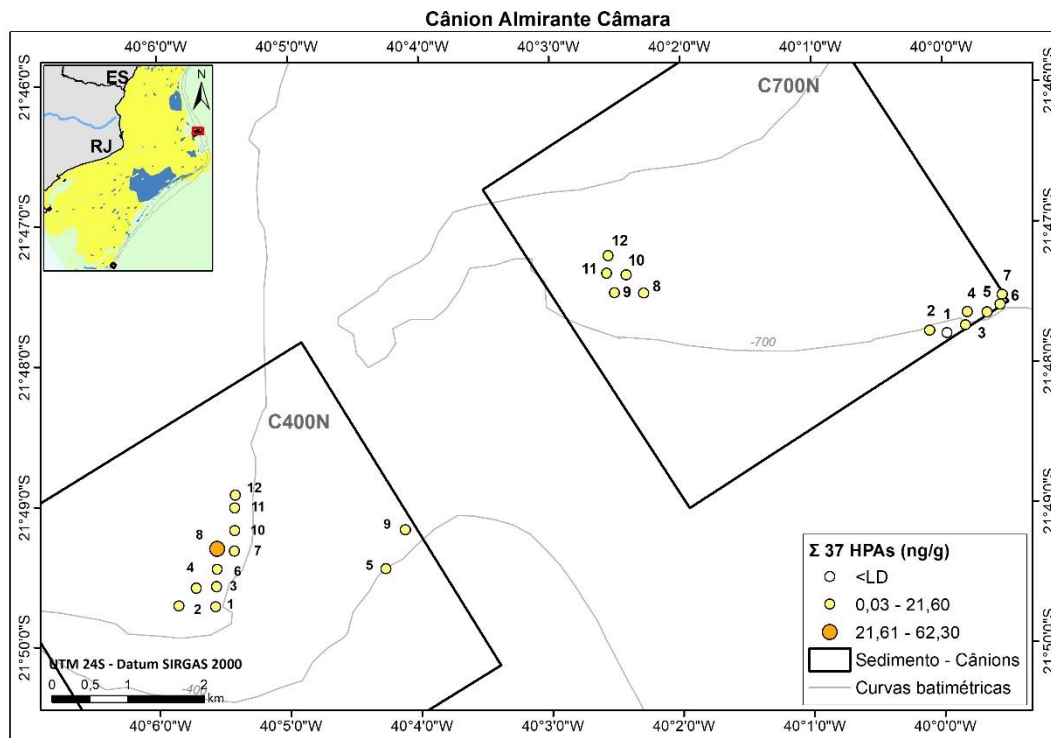


Figura IV.12.3.1-4 – Distribuição espacial do $\Sigma 37\text{HPAs}$ nos sedimentos nas áreas Norte (a) e Sul (b) nos cânions do PMAR-BC01.

IV.12.3.2 – Distribuição de hidrocarbonetos alifáticos (totais, *n*-alcanos, pristano, fitano, MCNR e resolvidos)

As concentrações de Alifáticos Totais (Figura IV.12.3.2-1) foram, assim como observado para os HPAs, mais altos também nos sedimentos com lama na plataforma sul (PL100S; ATs = 11,04 $\mu\text{g g}^{-1}$, faixa 0,75–56,2 $\mu\text{g g}^{-1}$). Em segundo lugar, destacam-se os sedimentos a 700 m no cânion norte (C700N), com mediana de 7,20 $\mu\text{g g}^{-1}$ (<LQ–12,8 $\mu\text{g g}^{-1}$) para ATs. Os mapas de distribuição espacial (Figura IV.12.3.2-2) confirmam a prevalência de valores mais altos de ATs nas lamas da plataforma sul (PL100S), mas no sedimento do cânion norte na isóbata de 700 m (C700N) a distribuição é mais heterogênea. Para os demais polígonos, as medianas de ATs variam entre $\approx 0,04$ e 1,70 $\mu\text{g g}^{-1}$ (Figura IV.12.3).

Os mapas detalhados de distribuição espacial revelam que os sedimentos arenosos e carbonáticos da plataforma sul têm muitas amostras com ATs nas faixas 1,31–2,60 $\mu\text{g g}^{-1}$ e 2,61–7,60 $\mu\text{g g}^{-1}$, assim como amostras de sedimentos arenosos da plataforma norte (Figura IV.12.3.2-1). Interessante notar que no talude norte a 700 m, as amostras mais ao sul têm ATs mais altos (faixa 2,61–16,7 $\mu\text{g g}^{-1}$; Figura IV.12.3.2-3) em comparação com as demais posicionadas mais ao norte do mesmo polígono. Destacam-se, também, as amostras no cânion norte a 700 m, com mais de 70% nessa faixa de ATs mais alta, entre 2,61–16,7 $\mu\text{g g}^{-1}$ (Figura IV.12.3.2-4).

Para os *n*-alcanos, destacam-se as medianas de concentração abaixo de 0,6–0,4 $\mu\text{g g}^{-1}$ ou inferior, mas os polígonos no sul (PL100S e C700S), no centro (T400C) e no norte (PA100N, PC100N e T400N) têm sedimentos com *n*-alcanos na faixa 1,0–2,0 $\mu\text{g g}^{-1}$ (Figura IV.12.3.2-1). É interessante observar nos mapas de distribuição espacial que a totalidade ou, ao menos, a maioria das estações em cada um desses polígonos com mais *n*-alcanos têm concentrações semelhantes, como nos sedimentos lamosos da área sul (PL100S e C700S; Figuras IV.12.3.2-5 e IV.12.3.2-7). Na área norte, os dois polígonos sobre a plataforma apresentam um gradiente de *n*-alcanos no sentido norte-sul, ou seja, com as estações se distanciando da foz do Rio Paraíba do Sul (Figura IV.12.3.2-5). Também há maior acúmulo relativo de *n*-alcanos a 400 m no talude do polígono norte e do polígono central, com prevalência de estações nas faixas 0,41–1,10 e 1,11–3,43 $\mu\text{g g}^{-1}$ (Figura IV.12.3.2-6). Interessante observar, ainda, que no cânion sul, com todas as amostras na isóbata de 700 m (C700S), as amostras mais ao ‘sul’ dessa região têm

n-alcanos na faixa 0,11–0,40 µg g⁻¹, contrastando com a faixa 1,11–3,43 µg g⁻¹ medida nas amostras ao ‘norte’ do cânion (Figura IV.12.3.2-7). Observa-se, ainda, que no cânion Almirante Câmara, todas amostras na isóbata 400 m (C400N) têm ausência ou baixas concentrações de *n*-alcanos, mas na isóbata de 700 m (C700N), a distribuição é mais heterogênea e varia em mais de uma faixa de concentração dos *n*-alcanos (Figura IV.12.3.2-7).

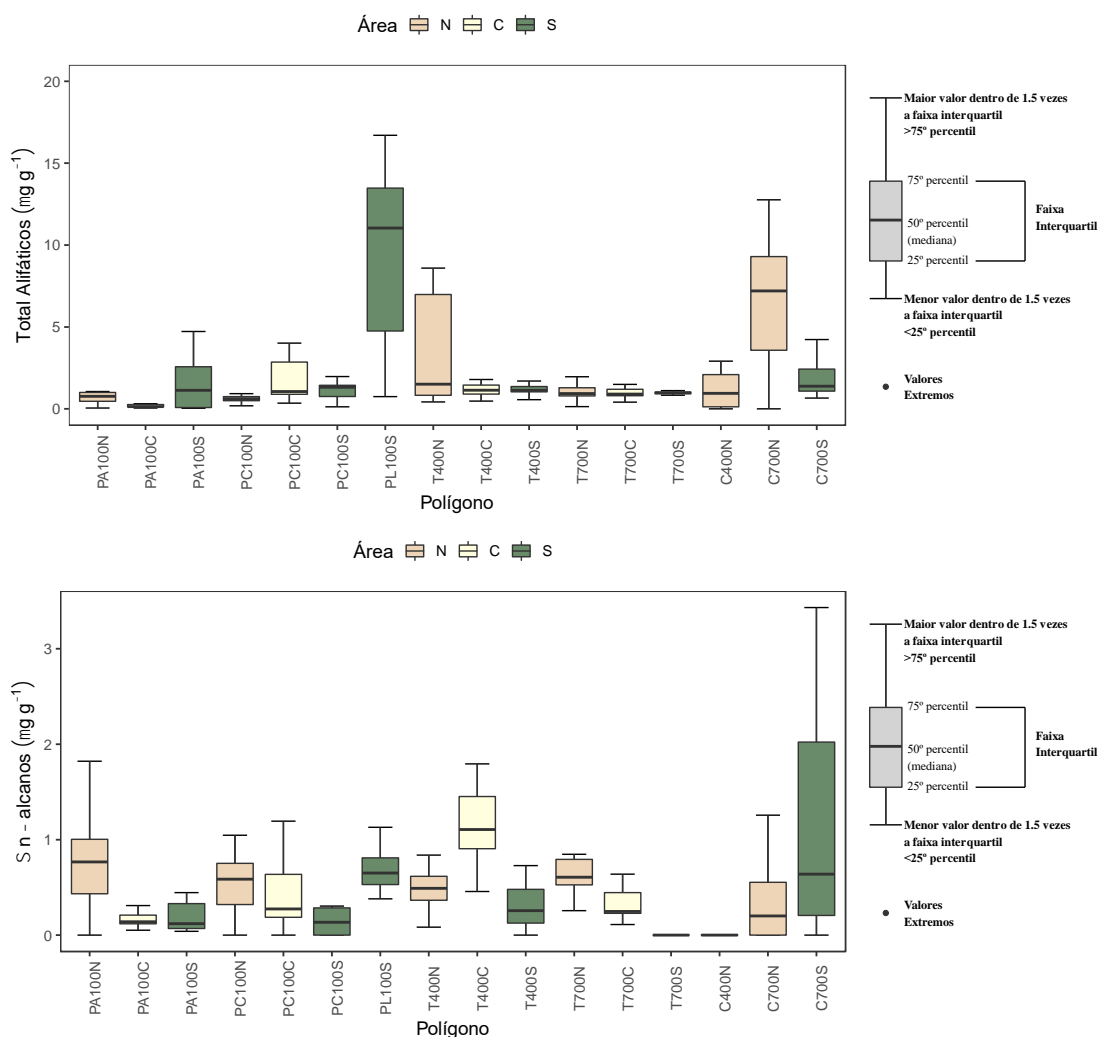
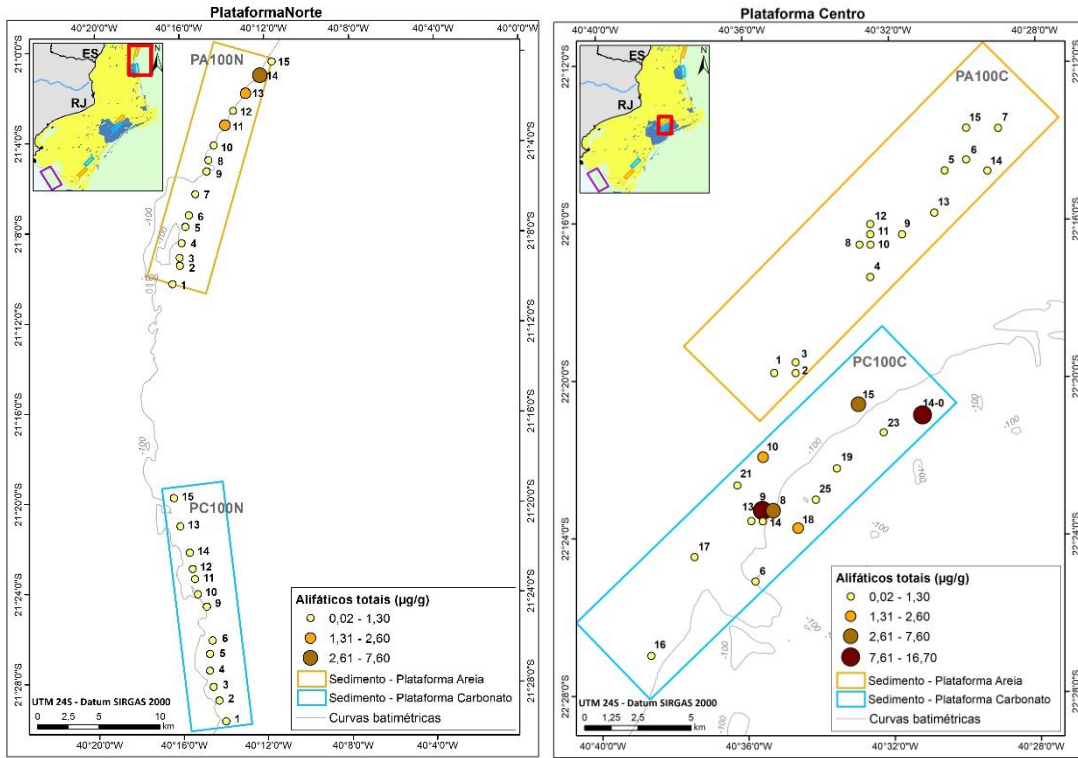
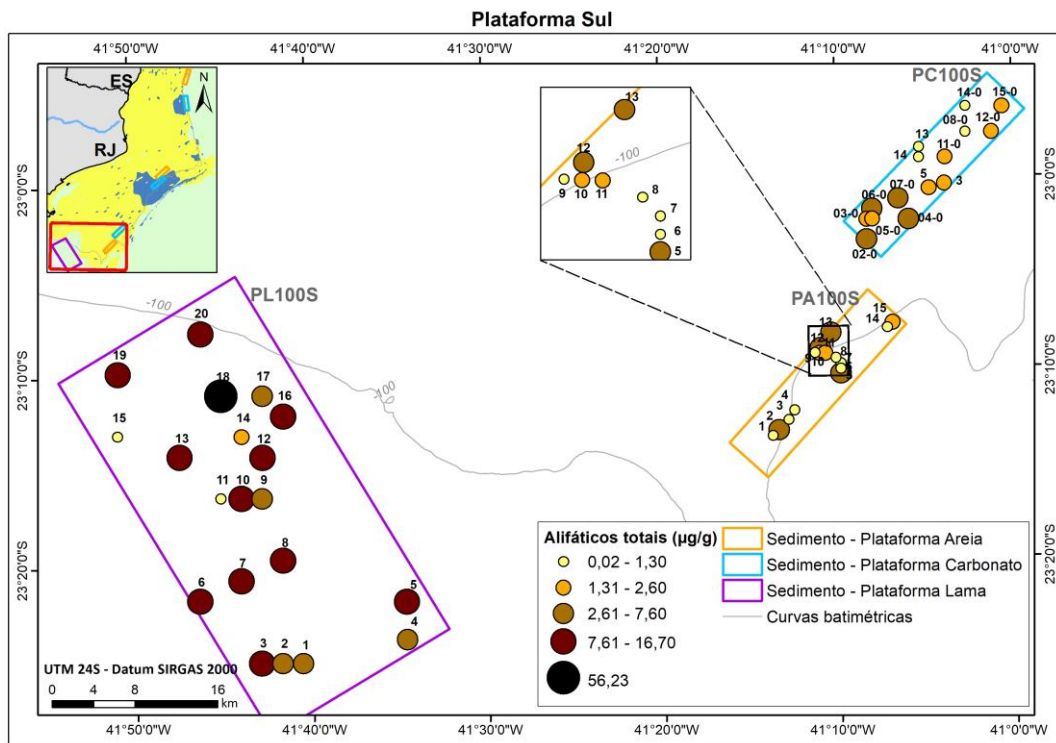


Figura IV.12.3.2-1 – Distribuição de Alifáticos Totais (painel superior) e *n*-alcanos (painel inferior), todas as províncias (plataforma, talude e cânions). Isóbata de 100 m na plataforma de faciológia arenosa (PA100), carbonática (PC100) e lamosa (PL100), e isóbatas de 400 m e 700 m no talude (T400 e T700) e cânions (C400 e C700) nas áreas (norte - N, centro - C e sul - S) no PMAR-BC01. Valores extremos foram considerados, mas omitidos da apresentação para facilitar visualização.



(a)

(b)



(c)

Figura IV.12.3.2-2 – Distribuição de alifáticos totais (ATs) nos sedimentos nas áreas Norte (a), Centro (b) e Sul (c) na plataforma do PMAR-BC01.

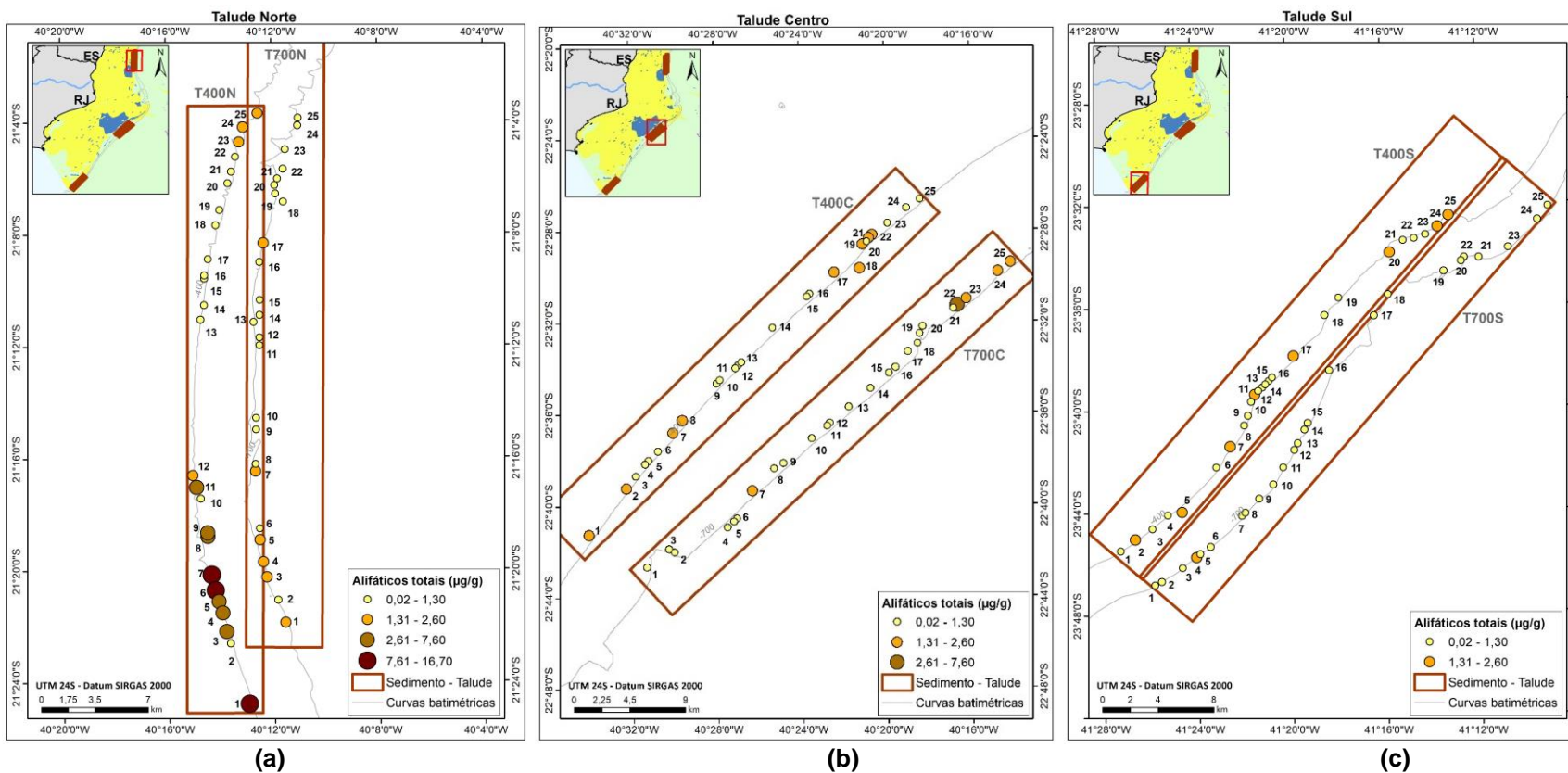


Figura IV.12.3.2-3 – Mapa de distribuição de alifáticos totais nas áreas Norte (a), Centro (b) e Sul (c) no talude do PMAR-BC01.

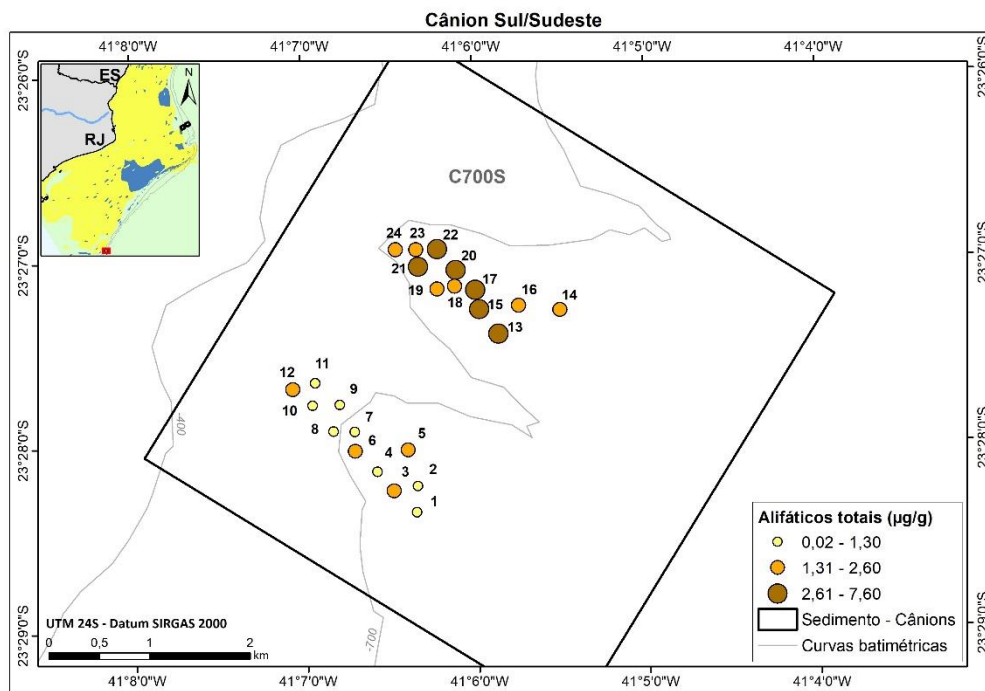
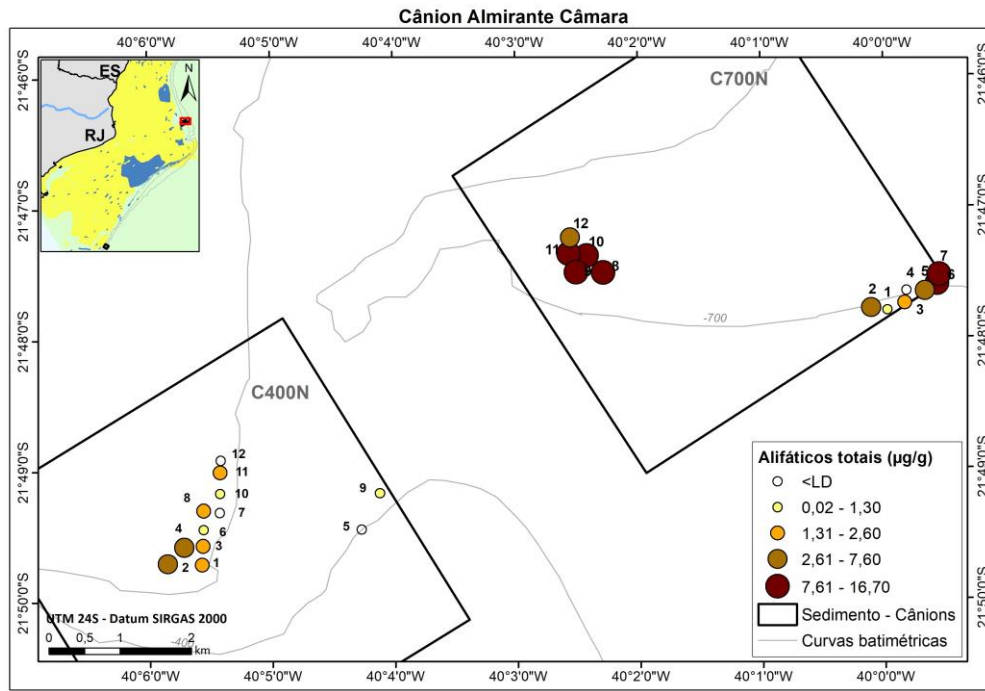
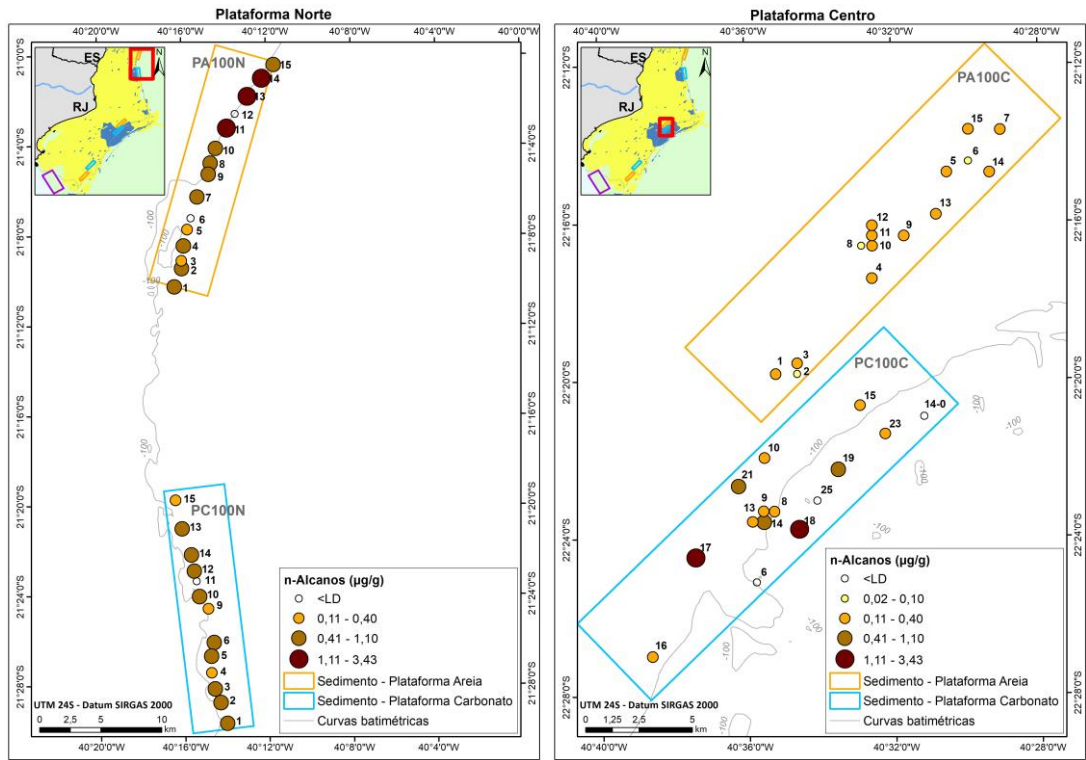
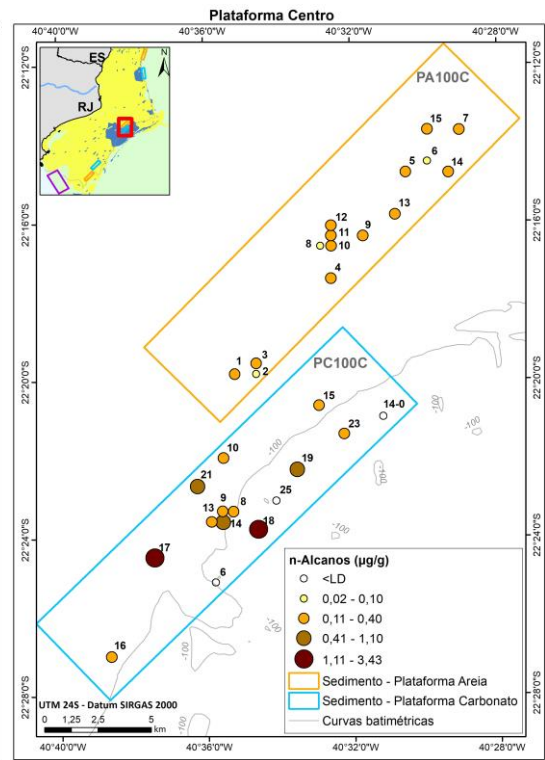


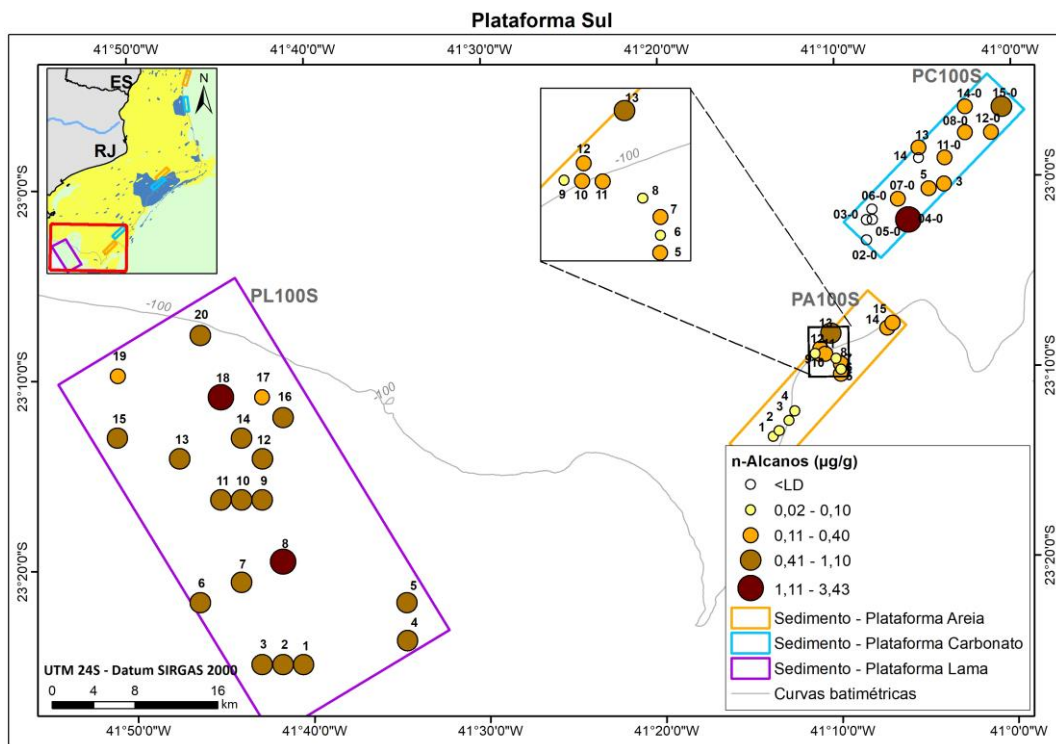
Figura IV.12.3.2-4 – Mapa de distribuição de alifáticos totais nas áreas Norte (a) e Sul (b) nos cânions do PMAR-BC01.



(a)



(b)



(c)

Figura IV.12.3.2-5 – Mapa de distribuição de n-alcenos nas áreas Norte (a), Centro (b) e Sul (c) na plataforma do PMA-BC01.

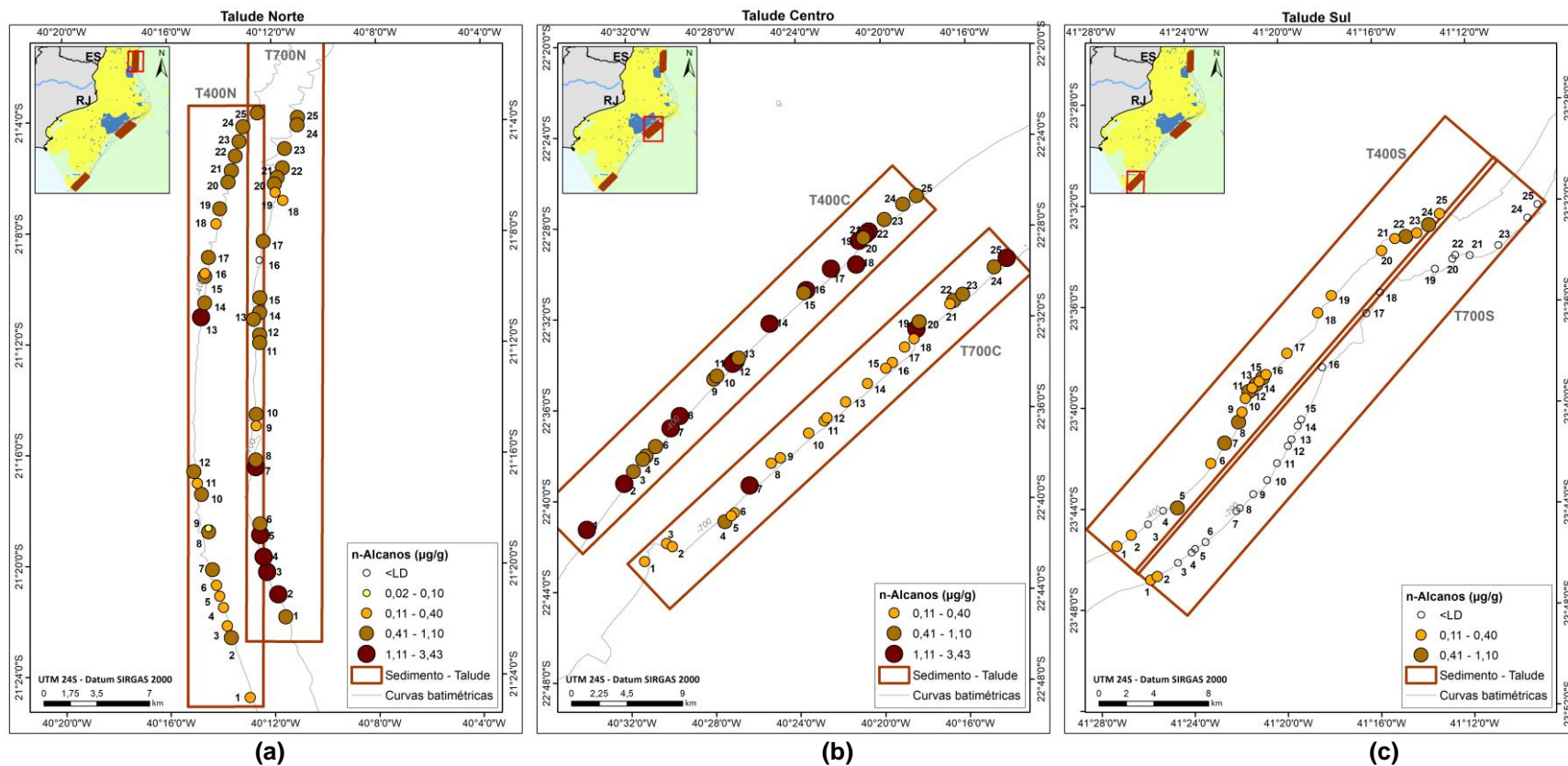
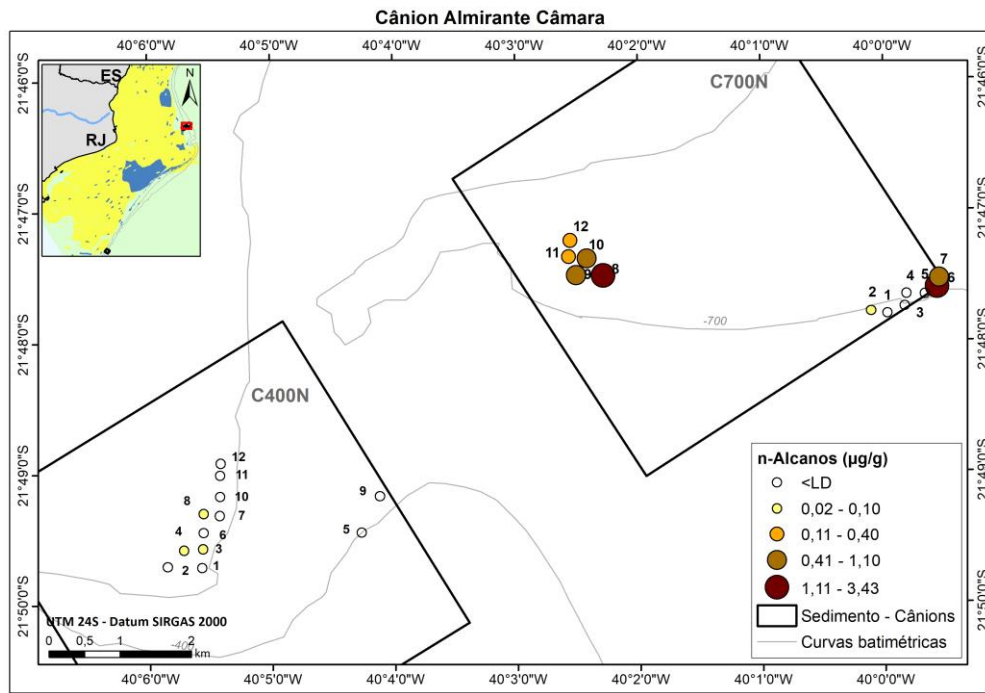
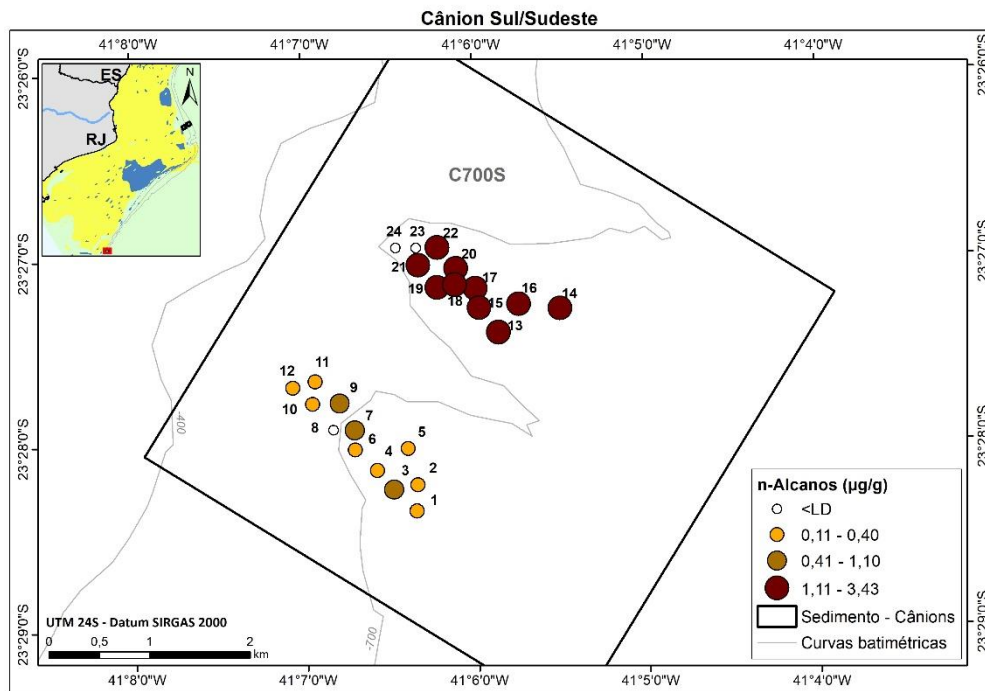


Figura IV.12.3.2-6– Mapa de distribuição de n-alcenos nas áreas Norte (a), Centro (b) e Sul (c) no talude do PMAR-BC01.



(a)



(b)

Figura IV.12.3-2-7 – Mapa de distribuição de n-alcenos nas áreas Norte (a) e Sul (b) nos cânions do PMAR-BC01.

As duas frações, resolvida (HRP) e não resolvida (MCNR), dos hidrocarbonetos alifáticos, têm suas distribuições entre polígonos apresentados na Figura IV.12.3.2-8. As concentrações e a distribuição espacial de HRP são muito semelhantes às descritas para alifáticos totais (ATs) e, conseqüentemente, a MCNR — que representa a diferença entre ATs e HRP — foi medida em concentrações baixas em quase todas as amostras. De fato, os mapas de distribuição da MCNR revelam que apenas nos polígonos de lama (PL100S) e areia (PA100S) na plataforma sul a MCNR foi detectada em níveis entre 5-10 $\mu\text{g g}^{-1}$ (Figura IV.12.3.2-9). Mas, mesmo nesse caso — e em praticamente todas as amostras do talude e cânions, com MCNR entre <LQ e 1,60 $\mu\text{g g}^{-1}$ (Figuras IV.12.3.2-10 e IV.12.3.2-11) —, a feição identificada como MCNR no cromatograma é bem suave (cromatogramas no ANEXO IV.12.7-1) e não é condizente com a feição usual da MCNR em sedimentos cronicamente impactados por resíduos de óleo (ABOUL-KASSIM; SIMONEITT, 1995; COLOMBO; BARREDA; BILOS; CAPPELLETTI *et al.*, 2005).

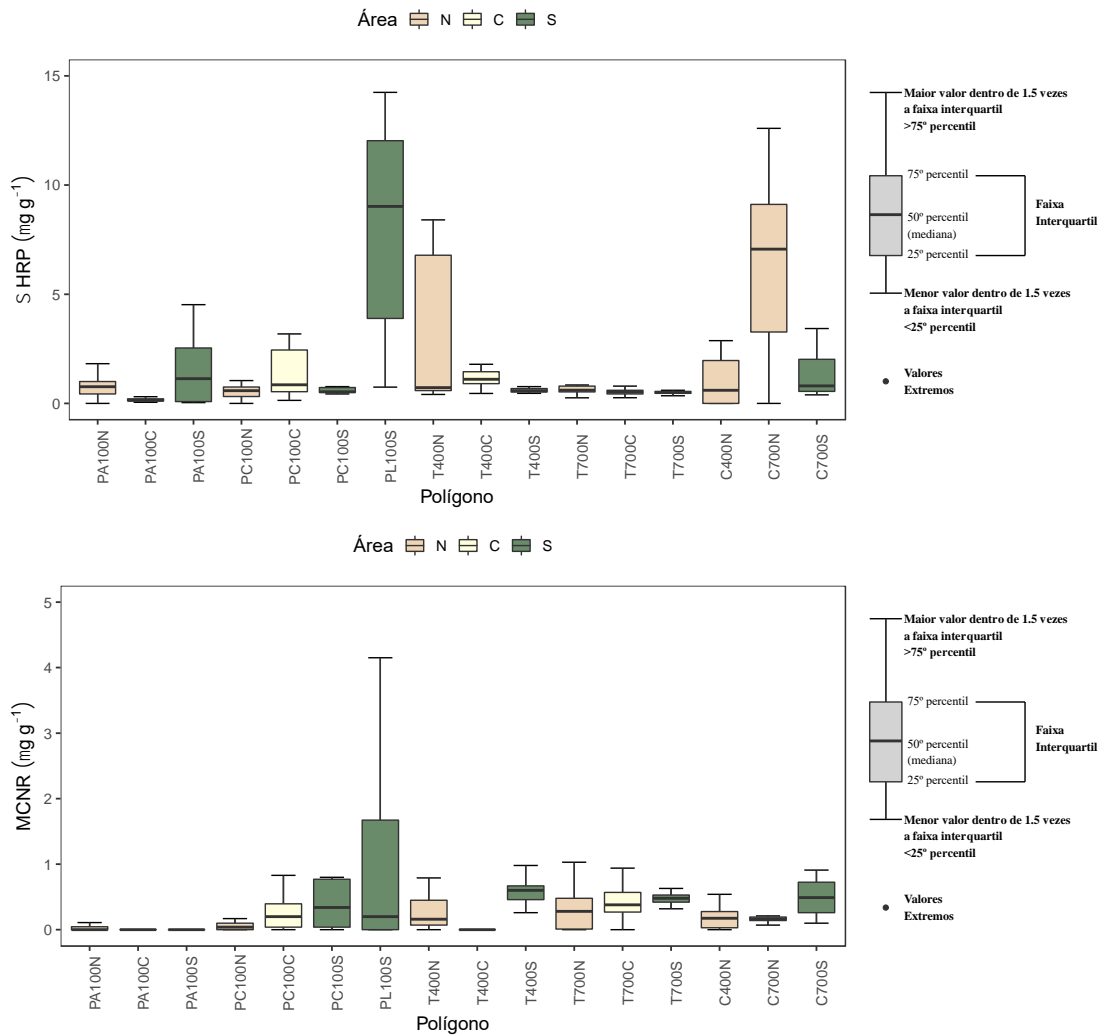


Figura IV.12.3.2-8 – Distribuição de Hidrocarbonetos Resolvidos (painel superior) e MCNR (painel inferior) considerando todas as províncias (plataforma, talude e cânions). Isóbata de 100 m na plataforma de faciológia arenosa (PA100), carbonática (PC100) e lamosa (PL100), e isóbatas de 400 m e 700 m no talude (T400 e T700) e cânions (C400 e C700) nas áreas (norte - N, centro - C e sul - S) nos sedimentos coletados no PMAR-BC01. Valores extremos foram considerados, mas omitidos da apresentação para facilitar visualização

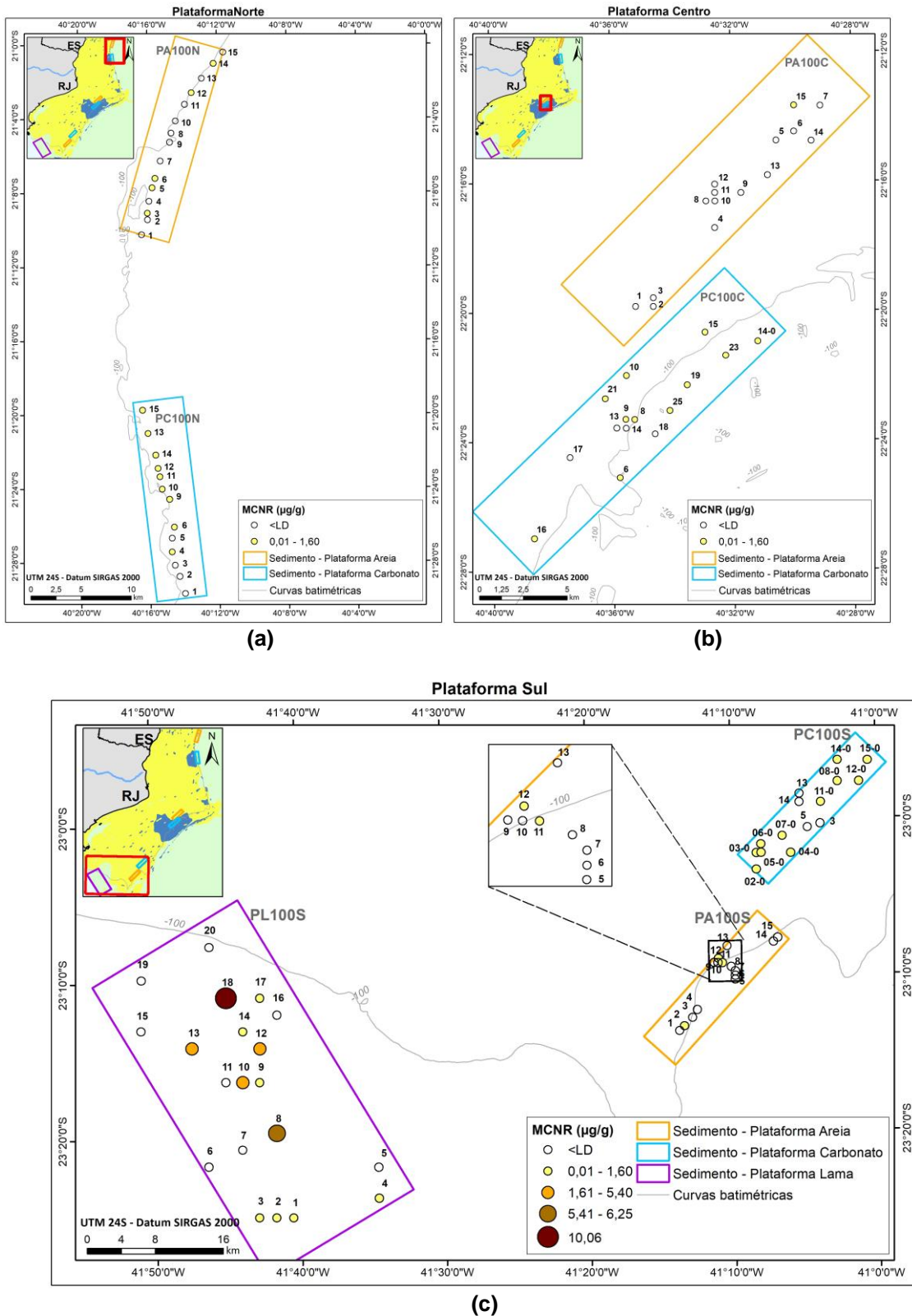


Figura IV.12.3.2-9– Mapa de distribuição de MCNR nas áreas Norte (a), Centro (b) e Sul (c) na plataforma do PMAR-BC01.

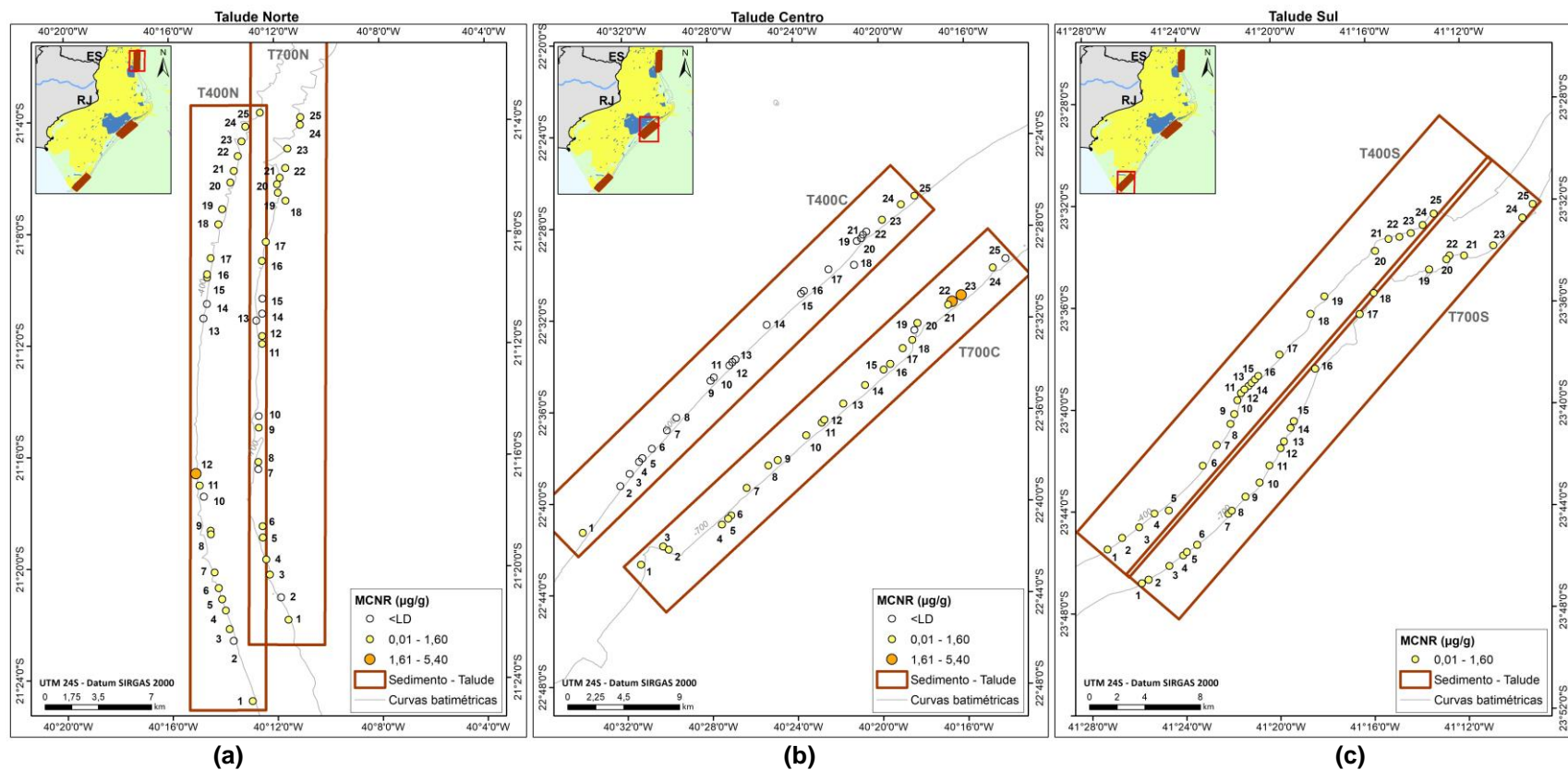
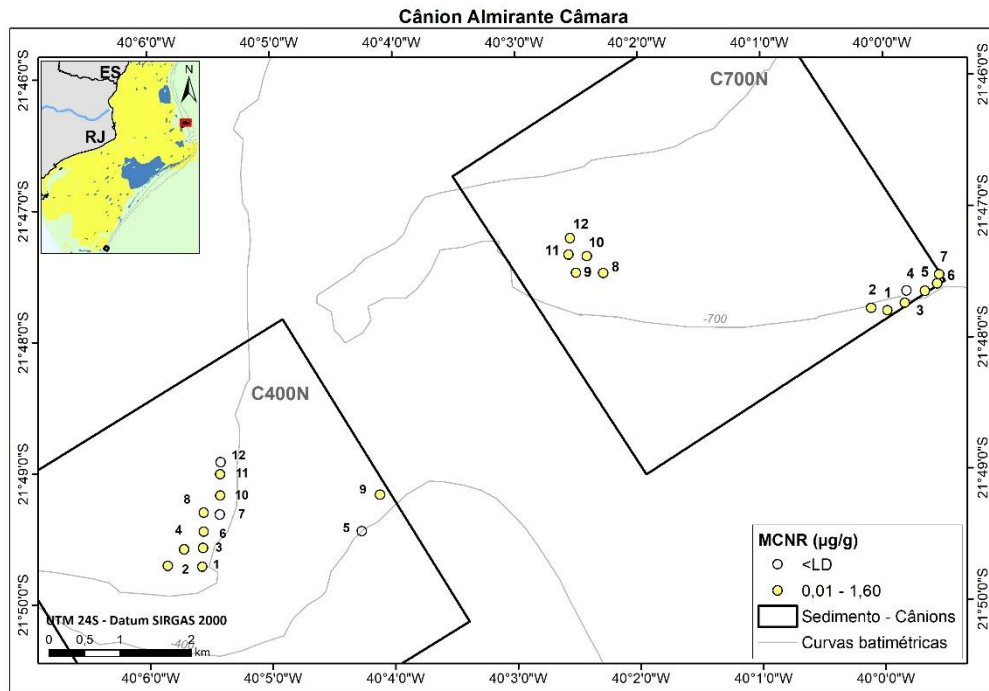
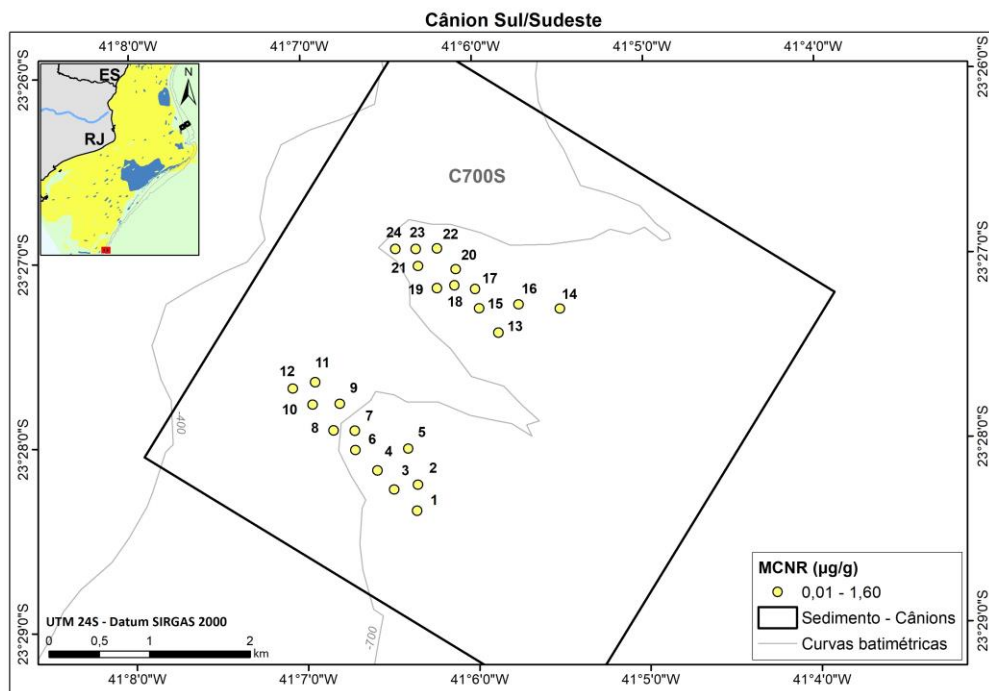


Figura IV.12.3.2-10 – Mapa de distribuição de MCNR nas áreas Norte (a), Centro (b) e Sul (c) talude do PMAR-BC01.



(a)



(b)

Figura IV.12.3.2-11 – Mapa de distribuição de MCNR nas áreas Norte (a) e Sul (b) nos cânions do PMAR-BC01.

IV.12.3.3 – Distribuição de hidrocarbonetos totais de petróleo (HTP)

A metodologia utilizada para determinar os hidrocarbonetos totais de petróleo (HTP) envolve a análise do extrato combinado das frações de HPAs e alifáticos. Dessa forma, o HTP pode ter um padrão de distribuição diferente do observado em cada fração isolada. No caso dos sedimentos da primeira campanha do PMAR-BC, o HTP teve maior mediana na fácies lamosa (PL100S) sobre a plataforma sul ($13,6 \mu\text{g g}^{-1}$; $0,75\text{--}118 \mu\text{g g}^{-1}$; Tabela IV.12.3.3-1), o que repete resultados observados para HPAs e AT. Em segundo lugar, nos sedimentos carbonáticos da plataforma central (PC100C) e no cânion norte na isóbata de 700 m (C700N), as concentrações medianas de HTP ficam na faixa de $10\text{--}11 \mu\text{g g}^{-1}$, sendo um padrão não observado com as demais variáveis entre os hidrocarbonetos (HPAs e ATs). Tirando os polígonos citados, nos demais sedimentos as medianas de HTP ficam sistematicamente abaixo de $5 \mu\text{g g}^{-1}$ (Figura IV.12.3.3-1).

Os mapas de distribuição espacial de HTP confirmam a prevalência de estações com HTP mais elevados em todos os polígonos sobre a plataforma (Figura IV.12.3.3-2). No polígono do talude norte a 400 m, observa-se que as estações mais ao sul desse polígono apresentam consistentemente HTP nas duas faixas com limites em $6,11$ e $38,1 \mu\text{g g}^{-1}$ (Figura IV.12.3.3-3), o que é consistente com o mesmo mapa para os alifáticos totais (Figura IV.12.3.2-3) e indica um local de deposição de hidrocarbonetos nessas estações. O mesmo é válido para as amostras de sedimento a 700 m do cânion norte (Figura IV.12.3.3-4), o que também é igual ao que é observado para alifáticos totais nessa amostra (Figura IV.12.3.2-4).

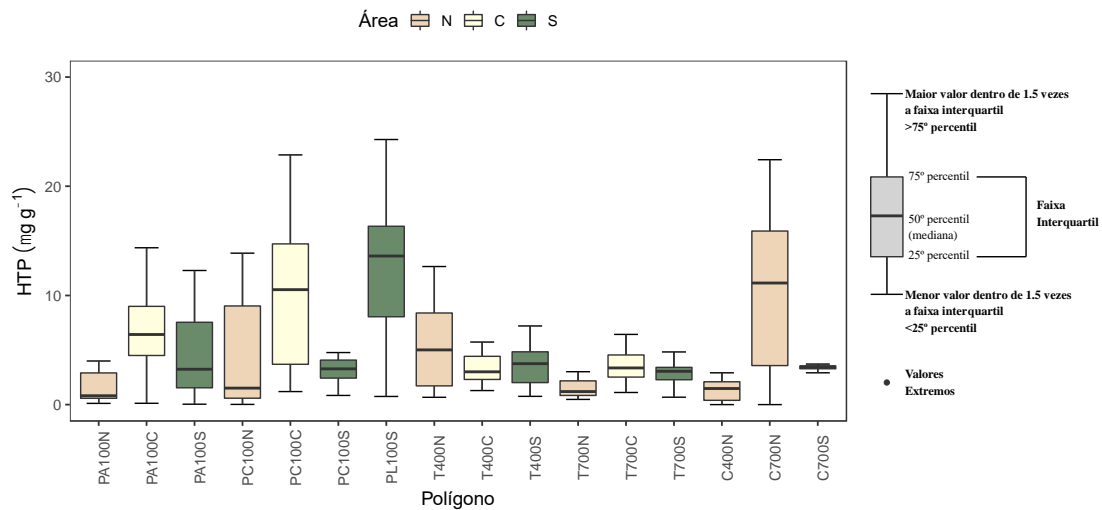


Figura IV.12.3.3-1 – Distribuição de HTP considerando todas as províncias (plataforma, talude e cânions). Isóbata de 100 m na plataforma de faciologia arenosa (PA100), carbonática (PC100) e lamosa (PL100), e isóbatas de 400 m e 700 m no talude (T400 e T700) e cânions (C400 e C700) nas áreas (norte - N, centro - C e sul - S) nos sedimentos coletados no PMAR-BC01. Valores extremos foram considerados, mas omitidos da apresentação para facilitar visualização.

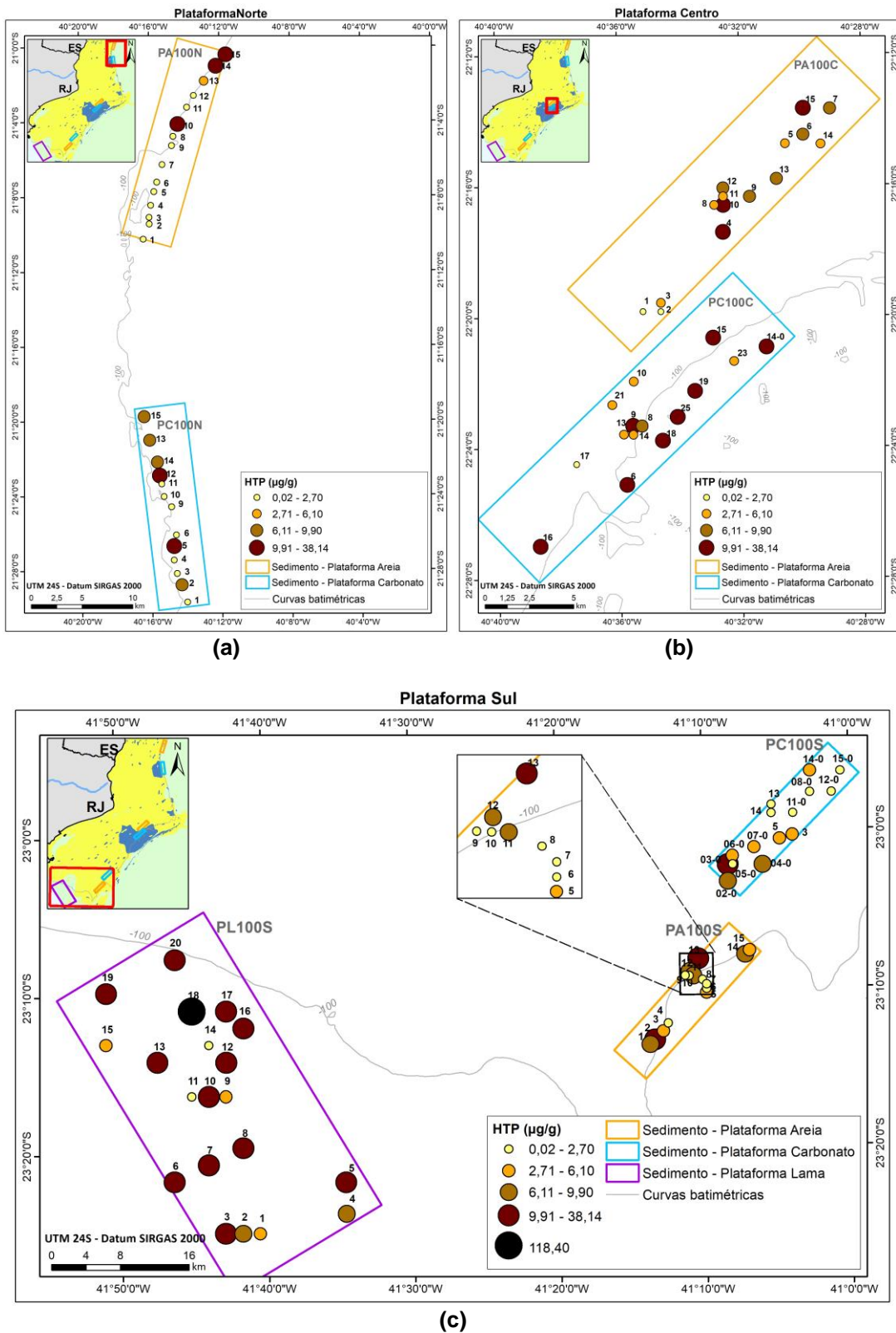


Figura IV.12.3.3-2 – Mapa de distribuição de HTP nas áreas Norte (a), Centro (b) e Sul (c) na plataforma do PMAR-BC01.

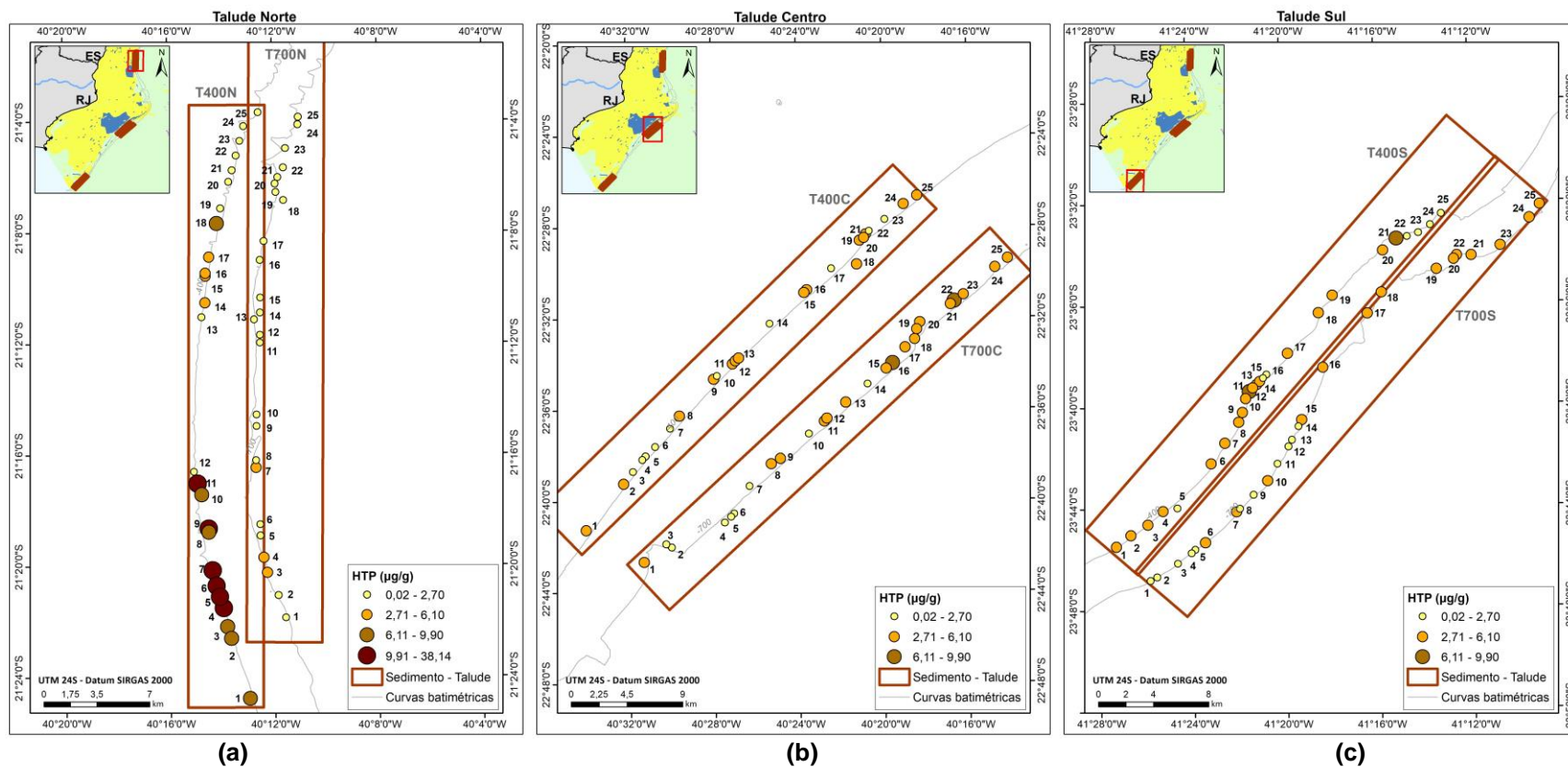
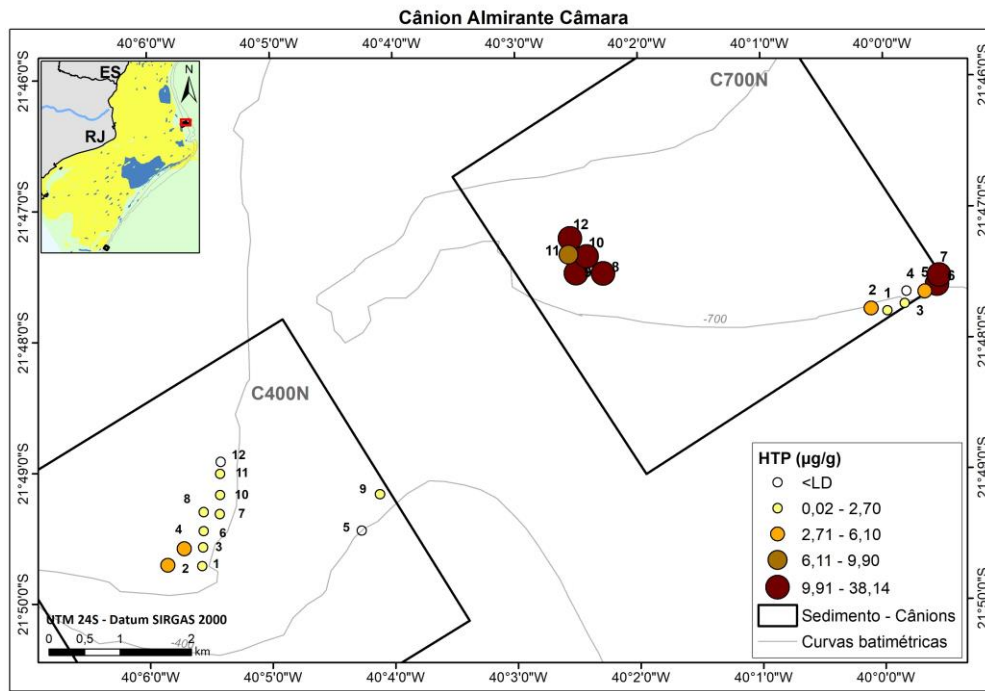
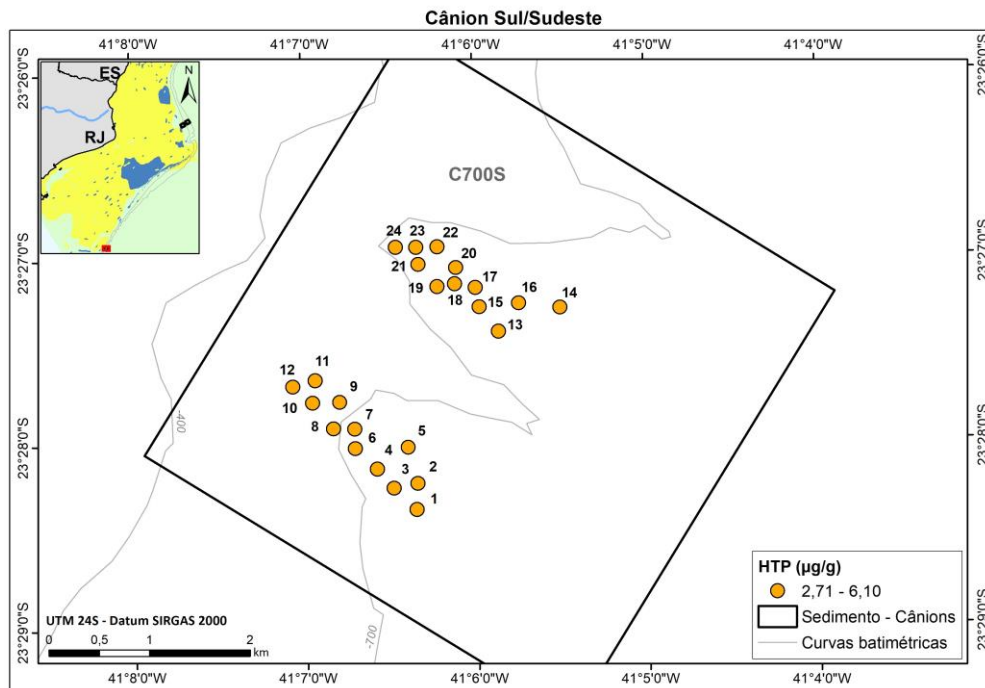


Figura IV.12.3.3-3 – Mapa de distribuição de HTP nas áreas Norte (a), Centro (b) e Sul (c) no talude do PMAR-BC01.



(a)



(b)

Figura IV.12.3.3-4 – Mapa de distribuição de HTP nas áreas Norte (a) e Sul (b) nos cânions do PMAR-BC01.

IV.12.3.4 – Distribuição de biomarcadores de petróleo (hopanos e esteranos)

Os hopanos apresentam a seguinte distribuição sobre a plataforma, talude e cânions (Tabela IV.12.3.4-1): (i) menores concentrações em sedimentos de faciologia arenosa (faixa 46-56 ng g⁻¹); (ii) valores intermediários (66-86 ng g⁻¹) na faciologia carbonática; (iii) maiores concentrações (100 ≈ 170 ng g⁻¹) nas lamas de plataforma e do talude; (iv) sedimentos nos cânions têm valores semelhantes aos do talude, i.e., na faixa de 100-200 ng g⁻¹. Destaque para os polígonos localizados na isóbata de 700 m na área sul – talude a 700 m (T700S) e cânion a 700 m (C700S) –, com níveis semelhantes e altos (150–200 ng g⁻¹) de hopanos (Figura IV.12.3.4-1).

Os mapas de distribuição de hopanos revelam que o conjunto de amostras de cada polígono apresenta resultados muito semelhantes entre si (Figuras IV.12.3.4-2 a IV.12.4.4-4). Essa tendência é consistente com o padrão de concentração apresentado acima – i.e., que os hopanos têm distribuição associada com a sedimentologia regional.

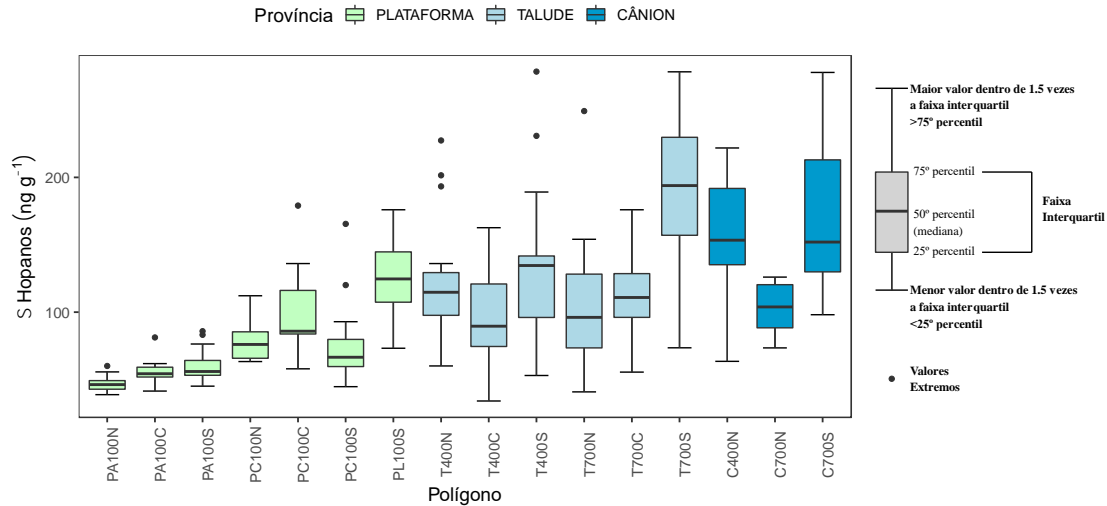


Figura IV.12.3.4-1 – Distribuição de hopanos considerando todas as províncias (plataforma, talude e cânions). Isóbata de 100 m na plataforma de faciologia arenosa (PA100), carbonática (PC100) e lamosa (PL100), e isóbatas de 400 m e 700 m no talude (T400 e T700) e cânions (C400 e C700) nas áreas (norte - N, centro - C e sul - S) nos sedimentos coletados no PMAR-BC01. Valores extremos foram considerados, mas omitidos da apresentação para facilitar visualização.

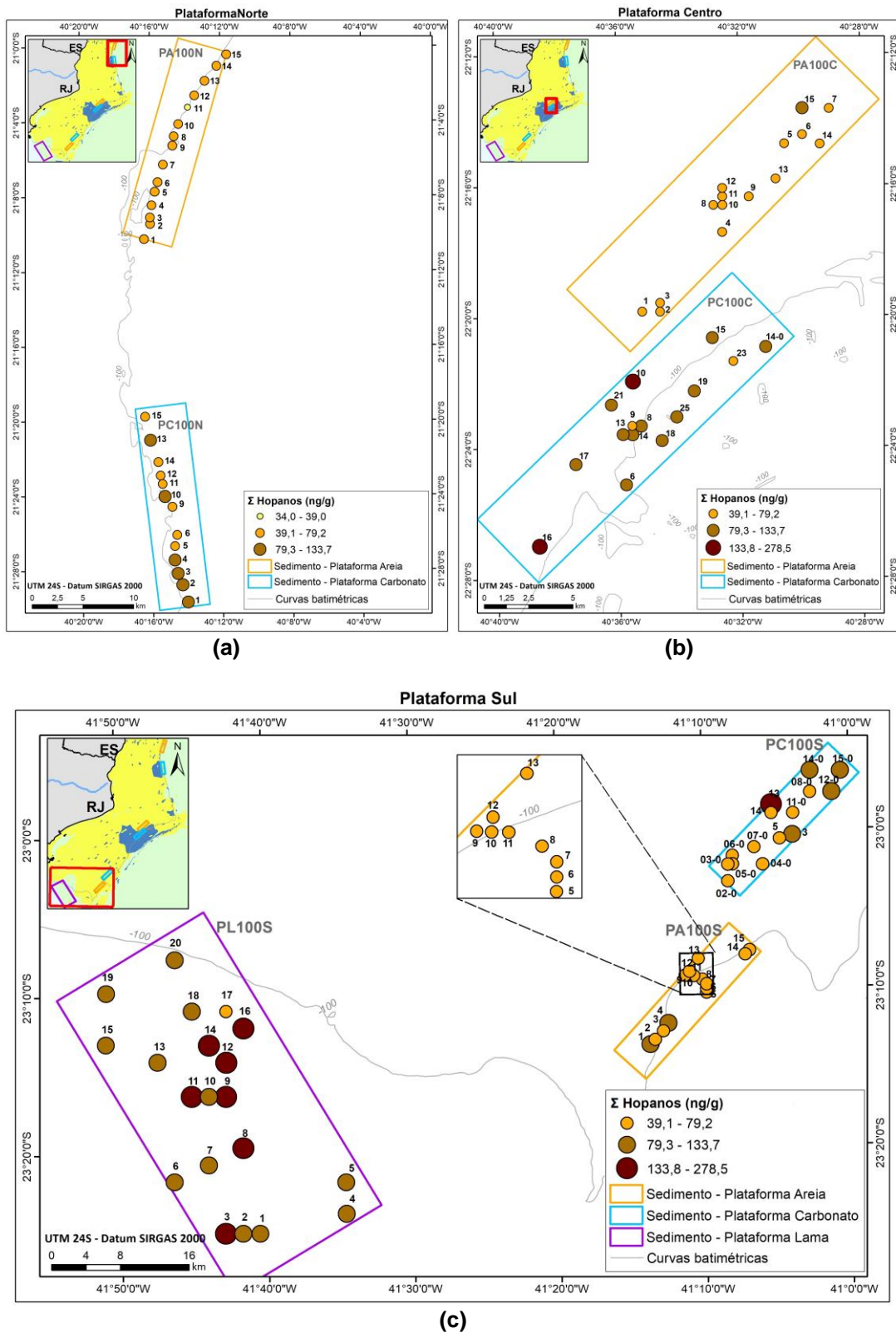


Figura IV.12.3.4-2 – Mapa de distribuição de hopanos nas áreas Norte (a), Centro (b) e Sul (c) na plataforma do PMAR-BC01.

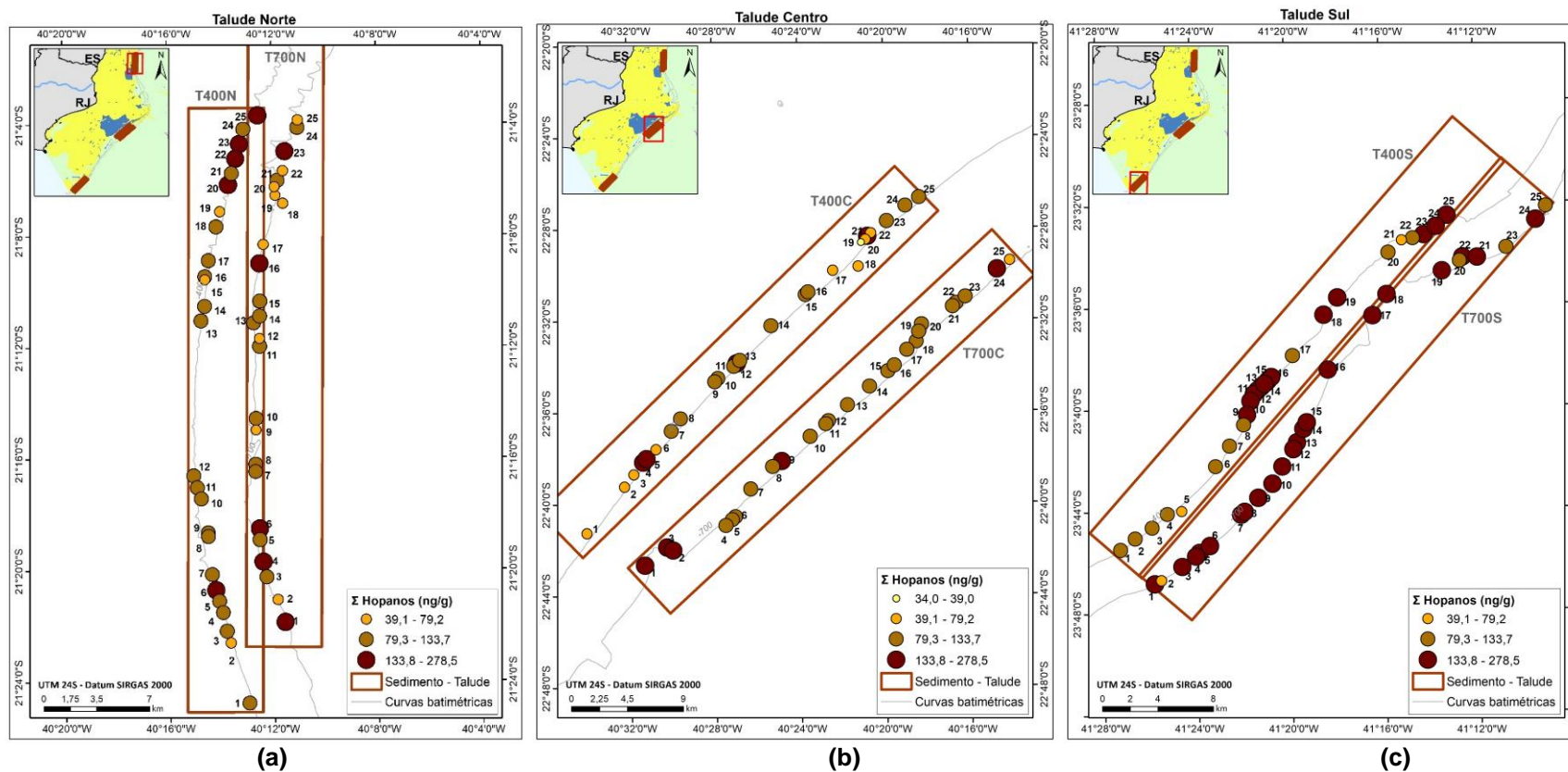


Figura IV.12.3.4-3 – Mapa de distribuição de hopanos nas áreas Norte (a), Centro (b) e Sul (c) no talude do PMAR-BC01.

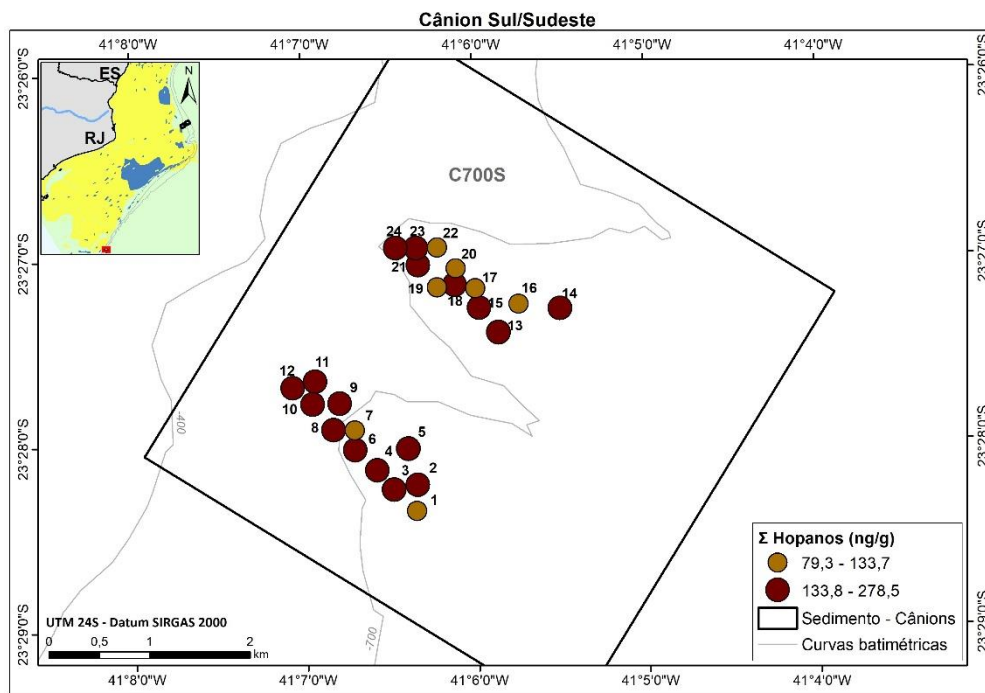
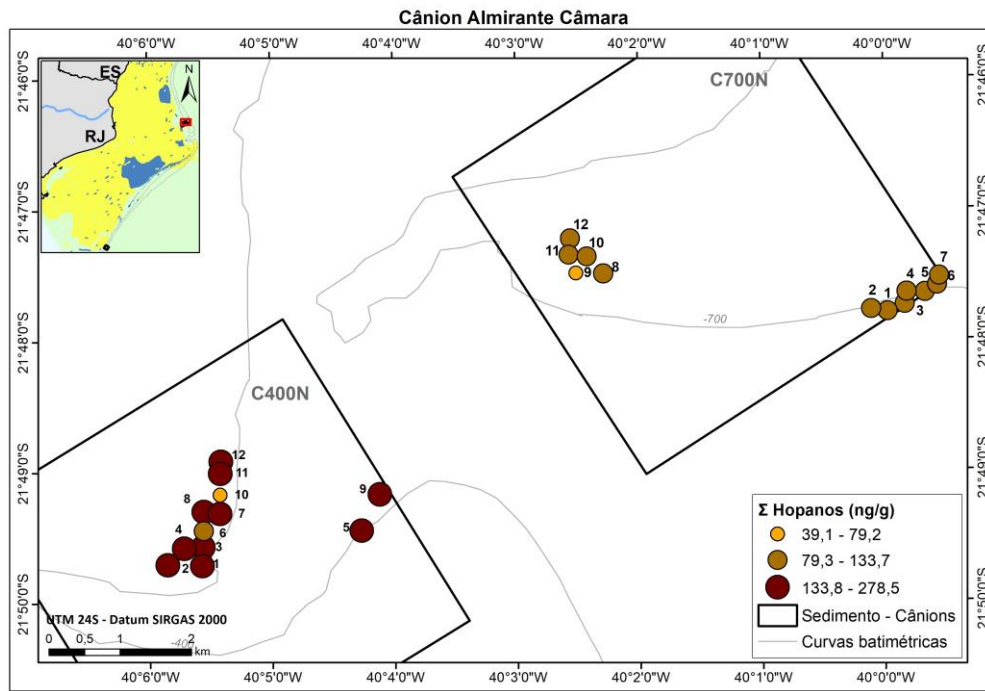


Figura IV.12.3.4-4 – Mapa de distribuição de hopanos nas áreas Norte (a) e Sul (b) nos cânions do PMAR-BC01.

Os esteranos se encontram em concentrações inferiores aos hopanos, mas apresentam o mesmo padrão de distribuição, ou seja, em concentrações semelhantes de acordo com o tipo de sedimento e local de cada polígono. Sobre as areias na plataforma, com medianas em torno de 15-20 ng g⁻¹, em carbonatos na plataforma fica na faixa de 20-25 ng g⁻¹, e na lama de plataforma sul e em todo o talude e cânions, os esteranos variam entre 25-40 ng g⁻¹ (Figura IV.12.3.4-5). Os mapas de distribuição espacial confirmam a presença de esteranos na lama da plataforma sul e no carbonato na plataforma central (Figura IV.12.3.4-6). No talude, em todas as amostras na isóbata de 700 m na área sul (T400S) os esteranos também são altos, e na área norte nas duas isóbatas (T400N e T700N) há prevalência de estações nos dois níveis mais altos (14,9 a 53,2 ng g⁻¹; Figura IV.12.3.4-7). Nos cânions, com as maiores concentrações de esteranos (Figura IV.12.3.4-5), o mapa de distribuição espacial correspondente mostra predomínio de amostras na faixa 25-53 ng g⁻¹ (Figura IV.12.3.4-8).

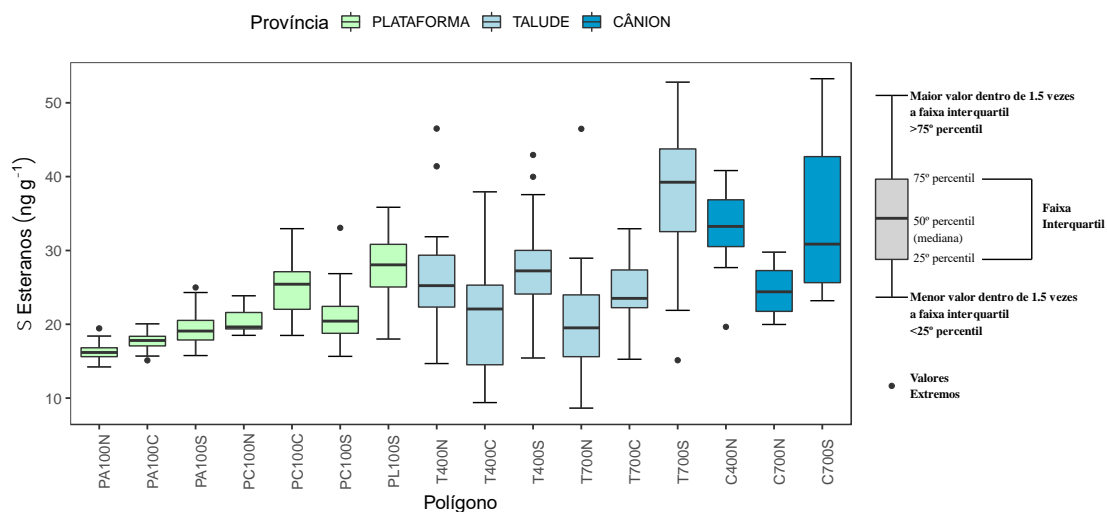


Figura IV.12.3.4-5 – Distribuição de esteranos considerando todas as províncias (plataforma, talude e cânions). Isóbata de 100 m na plataforma de facilogia arenosa (PA100), carbonática (PC100) e lamosa (PL100), e isóbatas de 400 m e 700 m no talude (T400 e T700) e cânions (C400 e C700) nas áreas (norte - N, centro - C e sul - S) nos sedimentos coletados no PMAR-BC01. Valores extremos foram considerados, mas omitidos da apresentação para facilitar visualização.

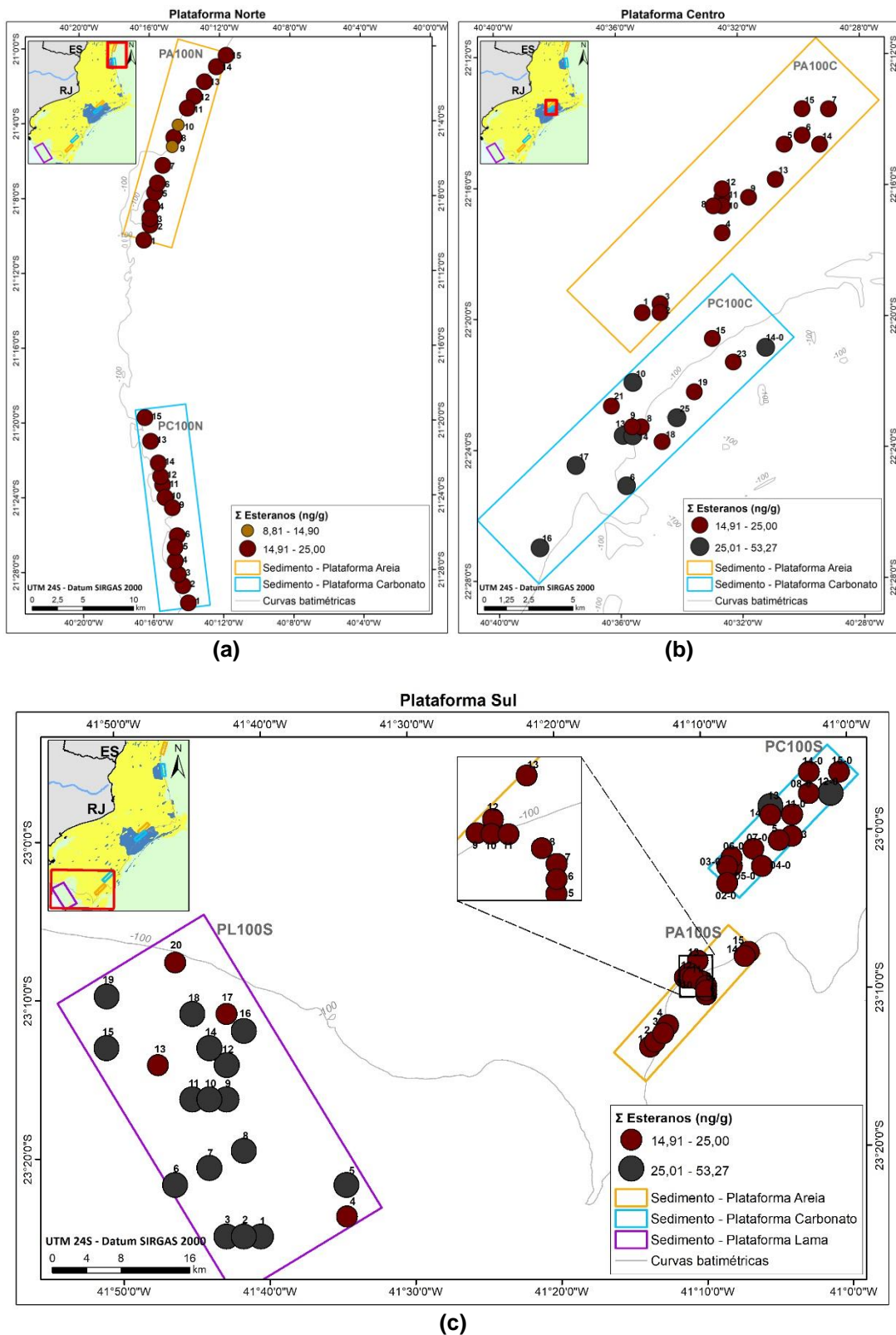


Figura IV.12.3.4-6 – Mapa de distribuição de esteranos nas áreas Norte (a), Centro (b) e Sul (c) na plataforma do PMAR-BC01.

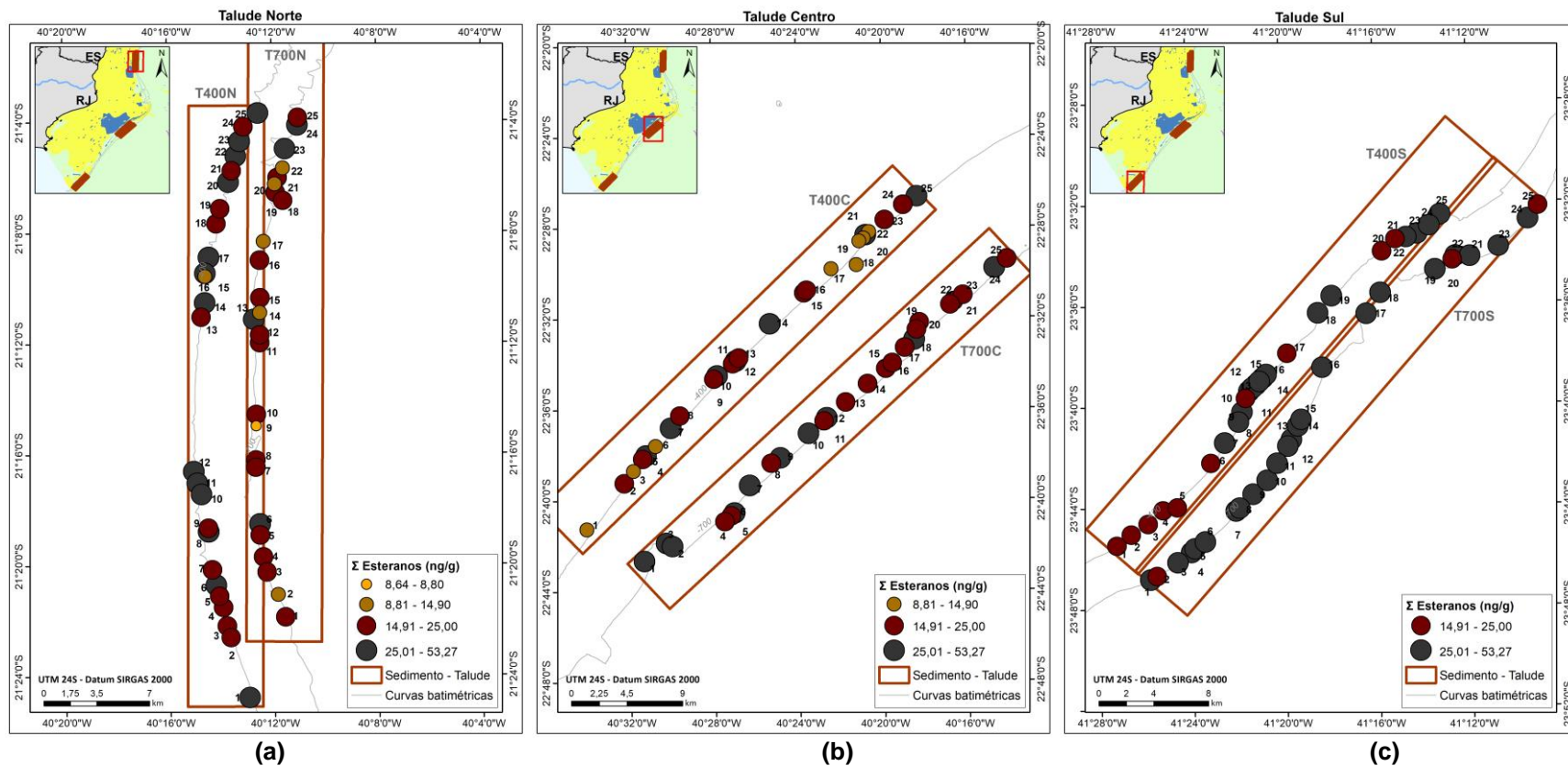


Figura IV.12.3.4-7 – Mapa de distribuição de esteranos nas áreas Norte (a), Centro (b) e Sul (c) no talude do PMAR-BC01.

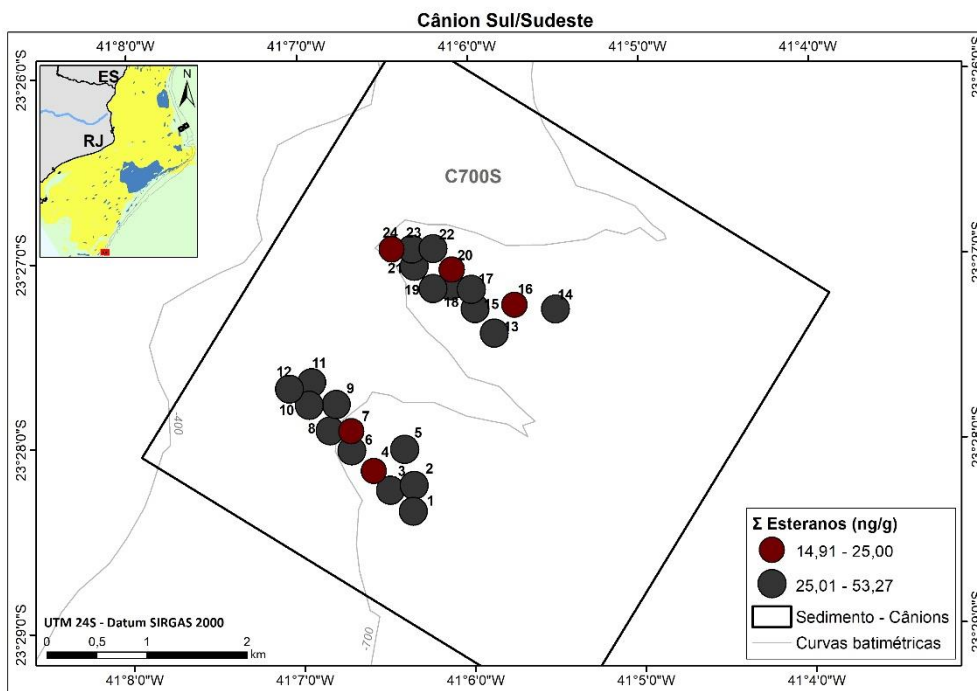
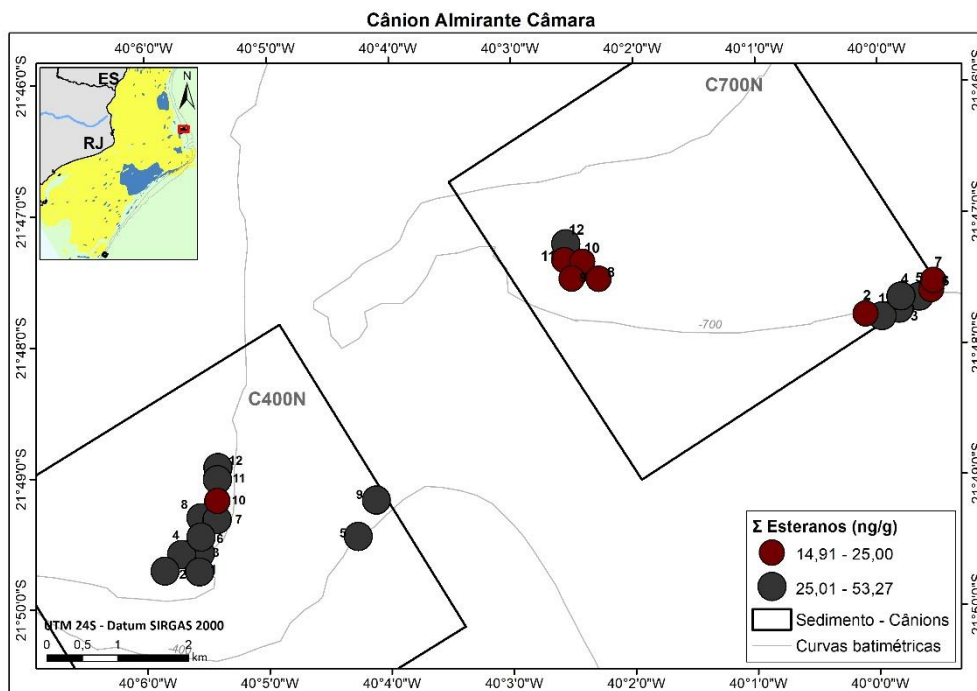


Figura IV.12.3.4-8 – Mapa de distribuição de esteranos nas áreas Norte (a) e Sul (b) nos cânions do PMAR-BC01.

IV.12.3.5 – Análises estatísticas multivariadas com hidrocarbonetos (HPA, alifáticos e HPT) e biomarcadores (hopanos e esteranos) do PMAR-BC

A avaliação estatística exploratória e inferencial dos resultados obtidos na 1ª campanha do PMAR-BC (detalhes no item IV.12.2.3) foi realizada considerando dois conjuntos de variáveis: (i) grupo 1, hidrocarbonetos (Σ 16HPAs, Σ 37HPAs, ATs, MCNR e HTP); e (ii) grupo 2, biomarcadores (hopanos e esteranos). Para cada conjunto de variáveis, foram comparados os resultados das amostras individuais contidas nos diversos polígonos definidos na plataforma, talude e cânions pelos fatores área (norte, centro e sul), fácies (lama, areia e carbonato) e isóbatas (100, 400 e 700 m).

Os resultados da comparação completa pela análise inferencial (PERMDISP e PERMANOVA) multivariada do grupo 1 (Σ 16HPAs, Σ 37HPAs, ATs, MCNR e HTP) estão apresentados nas Tabelas IV.12.3.5-1 e IV.12.3.5-2. Observa-se que em mais de 70% das comparações entre os dezesseis polígonos definidos (7 na plataforma, 6 no talude e 3 nos cânions) os resultados PERMDISP foram significativos, mostrando que as nuvens de dados representam dispersões distintas ($p < 0,05$). Ainda nessa tabela, os resultados PERMANOVA multivariados correspondentes mostraram prevalência ainda maior do que 70% de diferença significativa ($p < 0,05$) entre os polígonos par a par, com exceção do polígono PNA (Plataforma Norte Arenoso), que mostrou semelhança com todos os polígonos de plataforma, talude ou cânions, menos com o PSL (Plataforma Sul Lamoso). Assim, os resultados PERMDISP e PERMANOVA com o conjunto de orgânicos 1 (HPAs, ATs, MCRN e HTP) revelaram uma complexa distribuição de orgânicos no sedimento do PMAR-BC. As hipóteses nulas formuladas para o PMAR-BC podem ser refutadas ou aceitas de forma aleatória entre províncias, áreas, fácies e isóbatas e, assim, podem ser melhor avaliadas em conjunto com a análise exploratória multivariada (NMDS), detalhada em seguida.

Tabela IV.12.3.5-1 – PERMDISP e PERMANOVA para os dados do grupo de variáveis de orgânicos “1” – HTP, MCNR, AT, 16HPAs e 37HPAs (multivar) da 1ª Campanha do PMAR-BC, agrupados nos diferentes polígonos de plataforma

Polígonos	PERMDISP - PAIRWISE COMPARISONS		PERMANOVA - PAIR-WISE TESTS			
	t	Pperm	t	Pperm	Uniques	PMC
PNA e PNC	1.6633	0.405	1.1091	0.119	999	0.282
PNA e PSA	0.91437	0.986	0.22325	0.998	999	0.894
PNA e PSC	1.4813	0.529	1.0856	0.456	994	0.31
PNA e PSL	0.79521	0.572	1.8941	0.004	999	0.033
PNA e TC4	1.9539	0.161	0.89435	0.568	998	0.344
PNA e TC7	2.4373	0.001	1.6589	0.001	997	0.081
PNA e TN4	1.8323	0.318	1.6092	0.001	996	0.109
PNA e TN7	2.5207	0.001	1.5283	0.001	998	0.125
PNA e TS4	2.6054	0.001	1.7137	0.001	997	0.097
PNA e TS7	2.7541	0.001	1.7025	0.001	999	0.096
PNC e PSA	4.5805	0.001	2.8223	0.001	998	0.009
PNC e PSC	1.6573	0.185	1.6608	0.017	999	0.051
PNC e PSL	3.2393	0.001	2.8761	0.001	999	0.003
PNC e TC4	0.75661	0.779	1.7308	0.055	998	0.082
PNC e TC7	0.85092	0.551	2.2656	0.003	999	0.015
PNC e TN4	5.2402	0.001	2.3087	0.014	999	0.016
PNC e TN7	2.9393	0.02	2.6529	0.002	998	0.003
PNC e TS4	4.1954	0.001	3.7518	0.001	999	0.001
PNC e TS7	8.1312	0.001	3.6862	0.001	998	0.001
PCA e PCC	2.8638	0.012	2.2041	0.002	999	0.007
PCA e PNA	1.6912	0.262	0.97292	0.559	996	0.321
PCA e PNC	0.91234	0.52	1.7078	0.05	999	0.055
PCA e PSA	4.0035	0.002	2.2988	0.017	998	0.026
PCA e PSC	1.0864	0.504	2.0839	0.005	999	0.014
PCA e PSL	3.3514	0.001	2.9203	0.001	999	0.003
PCA e TC4	0.43552	0.905	1.3971	0.127	999	0.155
PCA e TC7	1.5837	0.216	3.4986	0.001	999	0.001
PCA e TN4	3.1523	0.014	2.8456	0.002	998	0.002
PCA e TN7	3.15	0.002	3.995	0.001	998	0.001
PCA e TS4	3.984	0.001	4.7707	0.001	999	0.001
PCA e TS7	5.8763	0.001	5.0276	0.001	999	0.001
PCC e PNA	1.3268	0.942	1.2831	0.001	998	0.189
PCC e PNC	4.2689	0.001	2.2735	0.005	998	0.011
PCC e PSA	2.0845	0.073	2.8733	0.001	998	0.003
PCC e PSC	0.91106	0.491	1.6995	0.028	999	0.033
PCC e PSL	2.883	0.001	2.6312	0.001	999	0.003
PCC e TC4	0.93604	0.648	2.5242	0.001	997	0.004
PCC e TC7	4.5839	0.002	3.0987	0.001	997	0.001
PCC e TN4	0.84505	0.504	1.4174	0.133	998	0.126
PCC e TN7	7.6869	0.001	4.1192	0.001	999	0.001
PCC e TS4	8.468	0.001	3.5576	0.001	999	0.001
PCC e TS7	10.595	0.001	4.0354	0.001	999	0.001
PSA e PSC	2.4502	0.118	2.4316	0.012	998	0.014
PSA e PSL	2.3365	0.013	2.4009	0.001	999	0.005
PSA e TC4	2.267	0.132	1.5456	0.127	999	0.135
PSA e TC7	5.8539	0.001	4.1271	0.001	998	0.001
PSA e TN4	3.3445	0.001	3.4765	0.001	998	0.001
PSA e TN7	7.441	0.001	3.9569	0.001	998	0.001
PSA e TS4	7.9067	0.001	4.5299	0.001	999	0.001
PSA e TS7	8.9324	0.001	4.5788	0.001	998	0.001
PSC e PSL	3.066	0.001	2.7231	0.001	999	0.004
PSC e TC4	0.28803	0.91	1.6192	0.073	999	0.105
PSC e TC7	2.4666	0.056	1.5967	0.026	996	0.063
PSC e TN4	0.6512	0.625	0.99504	0.328	999	0.357
PSC e TN7	3.4427	0.002	1.9373	0.003	999	0.017
PSC e TS4	3.9477	0.001	1.9614	0.001	998	0.01
PSC e TS7	4.9582	0.001	2.1581	0.001	999	0.013
PSL e TC4	3.9223	0.001	3.5175	0.001	999	0.001
PSL e TC7	4.6453	0.001	3.9076	0.001	998	0.001
PSL e TN4	3.883	0.001	3.4622	0.001	999	0.001
PSL e TN7	4.7703	0.001	4.0111	0.001	998	0.001
PSL e TS4	4.8788	0.001	3.9136	0.001	996	0.001
PSL e TS7	5.0711	0.001	4.0276	0.001	998	0.001

Legenda: PNA, PNC, PCA, PCC, PSA, PSC e PSL = plataforma norte arenosa, norte carbonática, centro arenosa, centro carbonática, sul arenosa, sul carbonática e sul lamosa, respectivamente. TN4, TN7, TC4, TC7, TS4 e TS7 = talude norte 400m, norte 700m, centro 400m, centro 700m, sul 400m e sul 700m, respectivamente.

Tabela IV.12.3.5-2 – PERMDISP e PERMANOVA para os dados do grupo de variáveis de orgânicos “1” – HTP, MCNR, AT, 16HPAs e 37HPAs (multivar) da 1ª Campanha do PMAR-BC, agrupados nos diferentes polígonos de talude e cânions

Polígonos	PERMDISP - PAIRWISE COMPARISONS		PERMANOVA - PAIR-WISE TESTS			
	t	Pperm	t	Pperm	Uniques	PMC
CN4 e CN7	4.2158	0.003	3.5806	0.002	997	0.001
CN4 e CS7	1.9395	0.098	4.4976	0.001	999	0.001
CN4 e PCA	1.0748	0.392	2.5711	0.002	998	0.001
CN4 e PCC	3.8659	0.008	2.994	0.001	998	0.002
CN4 e PNA	1.6294	0.475	0.76527	0.986	998	0.453
CN4 e PNC	0.42152	0.737	2.7403	0.001	999	0.001
CN4 e PSA	4.3724	0.001	1.9212	0.06	999	0.051
CN4 e PSC	1.7092	0.197	1.4468	0.107	999	0.129
CN4 e PSL	3.1493	0.002	2.575	0.001	998	0.005
CN4 e TC4	0.85439	0.709	0.85469	0.525	999	0.417
CN4 e TC7	0.42492	0.765	3.2403	0.001	999	0.001
CN4 e TN4	4.6637	0.004	2.6365	0.003	999	0.005
CN4 e TN7	1.4591	0.227	2.8058	0.001	999	0.001
CN4 e TS4	2.3548	0.026	5.0027	0.001	999	0.001
CN4 e TS7	4.375	0.001	5.2912	0.001	999	0.001
CN7 e CS7	8.2089	0.001	4.7058	0.001	999	0.001
CN7 e PCA	3.5078	0.003	3.6655	0.001	999	0.001
CN7 e PCC	1.1686	0.269	1.8688	0.041	996	0.037
CN7 e PNA	1.014	0.995	1.3176	0.008	998	0.201
CN7 e PNC	4.616	0.001	3.6652	0.002	998	0.001
CN7 e PSA	0.95478	0.424	2.9491	0.002	999	0.002
CN7 e PSC	1.6381	0.165	2.4417	0.004	997	0.005
CN7 e PSL	2.3528	0.027	1.9633	0.004	998	0.026
CN7 e TC4	1.4423	0.336	3.2469	0.002	999	0.001
CN7 e TC7	5.1313	0.001	4.6534	0.001	999	0.001
CN7 e TN4	2.2959	0.038	2.3033	0.015	998	0.017
CN7 e TN7	7.8019	0.001	5.4585	0.001	997	0.001
CN7 e TS4	8.4084	0.001	5.2074	0.001	998	0.001
CN7 e TS7	10.011	0.001	5.6609	0.001	998	0.001
CS7 e PCA	3.6187	0.001	4.6368	0.001	998	0.001
CS7 e PCC	8.2814	0.001	3.2579	0.001	998	0.001
CS7 e PNA	2.5021	0.001	1.6686	0.001	997	0.11
CS7 e PNC	4.0593	0.001	3.4079	0.001	999	0.001
CS7 e PSA	7.6028	0.001	4.3686	0.001	999	0.001
CS7 e PSC	3.6406	0.001	1.4654	0.037	997	0.124
CS7 e PSL	4.7164	0.001	3.7986	0.001	999	0.001
CS7 e TC4	1.8751	0.029	3.095	0.001	999	0.005
CS7 e TC7	0.96291	0.53	1.0987	0.293	999	0.265
CS7 e TN4	10.783	0.001	2.3134	0.015	995	0.011
CS7 e TN7	0.78014	0.468	3.5847	0.001	999	0.001
CS7 e TS4	1.1841	0.28	1.9006	0.023	999	0.029
CS7 e TS7	6.0999	0.001	2.6693	0.001	999	0.003
TC4 e TC7	1.4363	0.306	2.8948	0.001	999	0.002
TC4 e TN4	0.83943	0.683	2.722	0.001	999	0.003
TC4 e TN7	1.7774	0.166	2.3882	0.001	998	0.016
TC4 e TS4	2.1028	0.005	3.3001	0.001	998	0.003
TC4 e TS7	2.6829	0.001	3.1651	0.001	997	0.003
TC7 e TN4	5.3524	0.001	2.6209	0.002	998	0.003
TC7 e TN7	0.63402	0.699	2.331	0.003	999	0.011
TC7 e TS4	1.4442	0.26	0.64818	0.64	999	0.599
TC7 e TS7	2.96	0.001	0.86891	0.439	999	0.411
TN4 e TN7	9.7894	0.001	3.4122	0.001	998	0.001
TN4 e TS4	10.925	0.001	2.9797	0.004	999	0.002
TN4 e TS7	14.214	0.001	3.3388	0.002	997	0.001
TN7 e TS4	1.7121	0.108	4.1316	0.001	999	0.001
TN7 e TS7	5.6985	0.001	3.2405	0.001	998	0.001
TS4 e TS7	3.5356	0.001	2.3968	0.007	998	0.004

Legenda: PNA, PNC, PCA, PCC, PSA, PSC e PSL = plataforma norte arenosa, norte carbonática, centro arenosa, centro carbonática, sul arenosa, sul carbonática e sul lamosa, respectivamente. TN4, TN7, TC4, TC7, TS4 e TS7 = talude norte 400m, norte 700m, centro 400m, centro 700m, sul 400m e sul 700m, respectivamente. CN4, CN7 e CS7 = cânion norte 400m, norte 700m e sul 700m, respectivamente.

Em relação ao conjunto orgânicos 2 (hopanos e esteranos), os resultados PERMDISP e PERMANOVA (Tabelas IV.12.3.5-3 e IV.12.3.5-4), apresentam maior número de comparações pareadas não significativas (PERMDISP, $p > 0,05$) entre as nuvens de dados em cada polígono. A PERMANOVA mostra a alta prevalência de comparações par a par significativas ($p < 0,05$). Assim, também com o grupo orgânicos 2, as hipóteses formuladas no projeto podem ser melhor avaliadas com base na análise exploratória bivariada (hopanos e esteranos), detalhadas em seguida.

Tabela IV.12.3.5-3 – PERMDISP e PERMANOVA para os dados do grupo de variáveis de orgânicos “2” – esteranos e hopanos (bivar) da 1ª Campanha do PMAR-BC, agrupados nos diferentes polígonos da plataforma

Polígonos	PERMDISP - PAIRWISE COMPARISONS		PERMANOVA - PAIR-WISE TESTS			
	t	Pperm	t	Pperm	Uniques	PMC
PNA e PNC	2,3998	0,029	7,6546	0,001	998	0,001
PNA e PSA	2,423	0,072	3,8652	0,001	998	0,001
PNA e PSC	2,7472	0,002	3,7394	0,001	999	0,002
PNA e PSL	4,2351	0,001	10,98	0,001	996	0,001
PNA e TC4	5,1936	0,001	4,1699	0,001	999	0,001
PNA e TC7	4,0753	0,001	8,4976	0,001	999	0,001
PNA e TN4	3,5437	0,001	6,2656	0,001	999	0,001
PNA e TN7	3,6778	0,002	3,9967	0,001	998	0,002
PNA e TS4	3,3433	0,003	6,4961	0,001	999	0,001
PNA e TS7	5,0032	0,001	9,2838	0,001	999	0,001
PNC e PSA	0,24105	0,845	2,875	0,006	997	0,008
PNC e PSC	1,6553	0,245	0,27537	0,83	997	0,821
PNC e PSL	2,5429	0,016	5,8714	0,001	997	0,001
PNC e TC4	3,9143	0,002	1,2961	0,195	998	0,201
PNC e TC7	2,5809	0,019	3,9957	0,001	998	0,003
PNC e TN4	2,6143	0,027	3,2473	0,002	999	0,004
PNC e TN7	2,7964	0,003	1,5772	0,106	999	0,142
PNC e TS4	2,5267	0,022	3,7258	0,001	997	0,004
PNC e TS7	4,0542	0,001	6,7282	0,001	999	0,001
PCA e PCC	3,5187	0,001	6,0215	0,001	997	0,001
PCA e PNA	0,79046	0,472	2,9475	0,003	999	0,002
PCA e PNC	1,6409	0,132	5,1139	0,001	999	0,001
PCA e PSA	1,7701	0,158	1,8473	0,064	999	0,068
PCA e PSC	2,4826	0,012	2,6331	0,004	998	0,011
PCA e PSL	3,8102	0,002	9,5946	0,001	998	0,001
PCA e TC4	4,9247	0,001	3,3595	0,002	999	0,002
PCA e TC7	3,7167	0,002	7,2636	0,001	998	0,001
PCA e TN4	3,3479	0,002	5,4618	0,001	998	0,001
PCA e TN7	3,4989	0,002	3,3048	0,002	998	0,001
PCA e TS4	3,1768	0,003	5,7763	0,001	998	0,001
PCA e TS7	4,8308	0,001	8,6934	0,001	998	0,001
PCC e PNA	3,8857	0,001	7,2547	0,001	998	0,001
PCC e PNC	2,4094	0,03	2,906	0,003	998	0,009
PCC e PSA	2,3353	0,034	4,7613	0,001	999	0,001
PCC e PSC	0,22754	0,833	2,3175	0,029	999	0,032

Polígonos	PERMDISP - PAIRWISE COMPARISONS		PERMANOVA - PAIR-WISE TESTS			
	t	Pperm	t	Pperm	Uniques	PMC
PCC e PSL	0,22501	0,824	2,2713	0,018	998	0,022
PCC e TC4	1,889	0,077	1,056	0,297	998	0,279
PCC e TC7	0,032821	0,965	1,1341	0,263	999	0,248
PCC e TN4	1,1129	0,355	1,2146	0,23	999	0,229
PCC e TN7	1,4335	0,185	1,328	0,194	999	0,171
PCC e TS4	1,2541	0,251	1,9013	0,073	999	0,058
PCC e TS7	2,7927	0,012	5,32	0,001	998	0,001
PSA e PSC	1,6135	0,284	1,6751	0,093	997	0,118
PSA e PSL	2,4443	0,016	8,0749	0,001	998	0,001
PSA e TC4	4,0173	0,001	2,7493	0,006	998	0,006
PSA e TC7	2,5373	0,023	6,1224	0,001	999	0,001
PSA e TN4	2,6876	0,013	4,7553	0,001	998	0,001
PSA e TN7	2,894	0,001	2,8647	0,005	999	0,004
PSA e TS4	2,6143	0,015	5,144	0,001	998	0,001
PSA e TS7	4,2439	0,001	8,139	0,001	995	0,001
PSC e PSL	0,070875	0,952	4,8117	0,002	997	0,001
PSC e TC4	1,9691	0,087	1,3244	0,19	998	0,2
PSC e TC7	0,29679	0,824	3,5368	0,002	997	0,001
PSC e TN4	1,2425	0,35	3,1523	0,005	998	0,005
PSC e TN7	1,5436	0,208	1,6701	0,105	998	0,081
PSC e TS4	1,3695	0,233	3,6816	0,001	999	0,002
PSC e TS7	2,8436	0,006	6,8096	0,001	996	0,001
PSL e TC4	2,401	0,014	3,0132	0,004	999	0,008
PSL e TC7	0,29394	0,755	1,7556	0,096	998	0,078
PSL e TN4	1,4599	0,145	0,67284	0,541	998	0,53
PSL e TN7	1,8191	0,051	2,8024	0,01	998	0,01
PSL e TS4	1,6025	0,109	0,48449	0,627	998	0,654
PSL e TS7	3,3872	0,004	4,6154	0,001	999	0,001

Legenda: PNA, PNC, PCA, PCC, PSA, PSC e PSL = plataforma norte arenosa, norte carbonática, centro arenosa, centro carbonática, sul arenosa, sul carbonática e sul lamosa, respectivamente. TN4, TN7, TC4, TC7, TS4 e TS7 = talude norte 400m, norte 700m, centro 400m, centro 700m, sul 400m e sul 700m, respectivamente.

Tabela IV.12.3.5-4 – PERMDISP e PERMANOVA para os dados do grupo de variáveis de orgânicos “2” – esteranos e hopanos (bivar) da 1ª Campanha do PMAR-BC, agrupados nos diferentes polígonos do talude e cânions

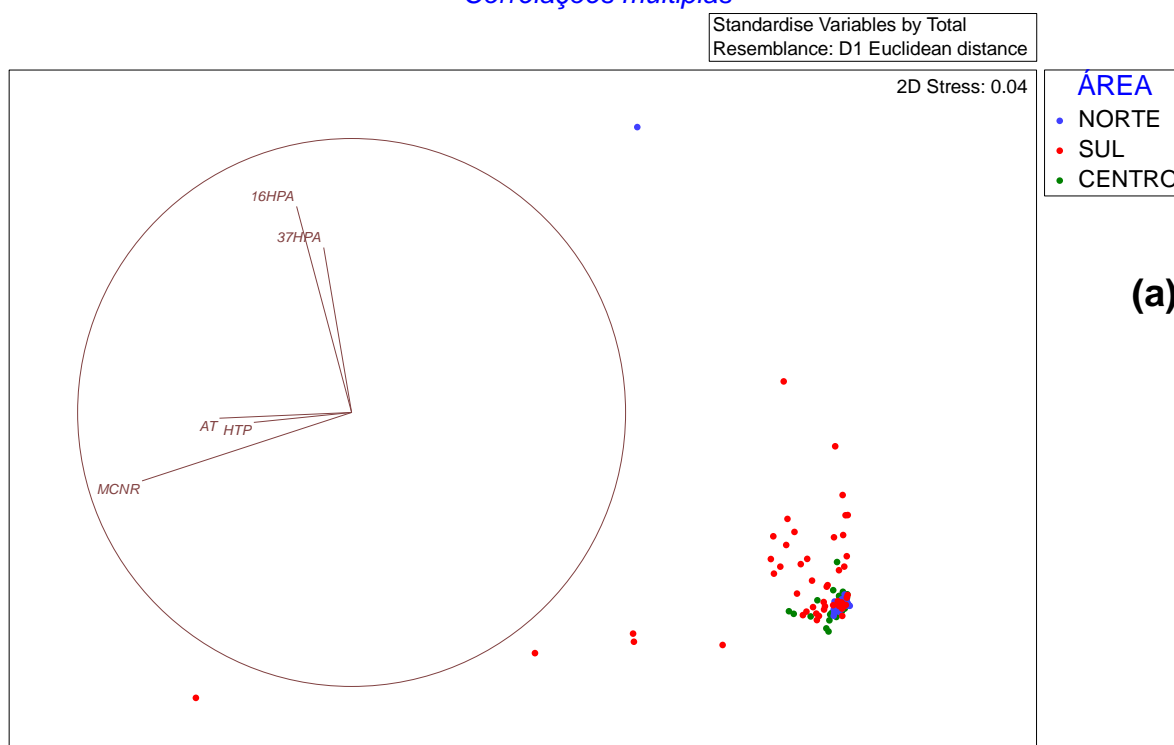
Polígonos	PERMDISP - PAIRWISE COMPARISONS		PERMANOVA - PAIR-WISE TESTS			
	t	Pperm	t	Pperm	Uniques	PMC
CN4 e CN7	2,3581	0,014	4,1285	0,002	998	0,001
CN4 e CS7	1,5533	0,156	0,34933	0,764	999	0,758
CN4 e PCA	4,2218	0,001	9,201	0,001	997	0,001
CN4 e PCC	1,4429	0,139	4,1717	0,001	998	0,001
CN4 e PNA	4,4779	0,001	10,061	0,001	998	0,001
CN4 e PNC	3,3102	0,001	6,6162	0,001	998	0,001
CN4 e PSA	3,3636	0,003	8,2231	0,001	999	0,001
CN4 e PSC	1,4692	0,189	5,8449	0,001	995	0,001
CN4 e PSL	1,8543	0,062	3,0007	0,007	998	0,007
CN4 e TC4	0,11236	0,917	4,6308	0,001	998	0,001
CN4 e TC7	1,6745	0,109	4,2404	0,001	999	0,001
CN4 e TN4	0,26009	0,819	2,8804	0,006	998	0,007
CN4 e TN7	0,097679	0,934	4,2049	0,001	998	0,001
CN4 e TS4	0,004979	0,997	2,001	0,056	999	0,055
CN4 e TS7	1,3123	0,215	1,507	0,127	999	0,143
CN7 e CS7	3,957	0,003	3,721	0,002	999	0,003
CN7 e PCA	3,5135	0,005	8,6067	0,001	996	0,001
CN7 e PCC	1,1759	0,306	0,2382	0,878	998	0,854
CN7 e PNA	4,2667	0,001	10,57	0,001	999	0,001
CN7 e PNC	1,7897	0,102	4,0338	0,001	999	0,002
CN7 e PSA	1,4924	0,2	6,3122	0,001	998	0,001
CN7 e PSC	0,70084	0,656	2,6206	0,016	999	0,01
CN7 e PSL	1,1182	0,281	2,2519	0,03	998	0,038
CN7 e TC4	2,8431	0,007	1,0451	0,295	997	0,291
CN7 e TC7	1,2886	0,226	0,91124	0,359	999	0,348
CN7 e TN4	1,812	0,114	1,0213	0,349	998	0,308
CN7 e TN7	2,044	0,027	1,2091	0,225	998	0,233
CN7 e TS4	1,8252	0,079	1,6787	0,095	999	0,088
CN7 e TS7	3,2804	0,001	4,8616	0,001	999	0,001
CS7 e PCA	5,8305	0,001	7,5247	0,001	999	0,001
CS7 e PCC	3,3047	0,006	4,0775	0,001	998	0,001
CS7 e PNA	6,0442	0,001	8,1368	0,001	997	0,001
CS7 e PNC	4,8888	0,001	5,5934	0,001	999	0,001
CS7 e PSA	5,101	0,001	6,9554	0,001	999	0,001
CS7 e PSC	3,3065	0,011	5,6209	0,001	999	0,001
CS7 e PSL	4,007	0,001	3,1385	0,005	999	0,004
CS7 e TC4	1,9376	0,098	5,3044	0,001	998	0,001
CS7 e TC7	4,0403	0,001	4,4645	0,001	999	0,001
CS7 e TN4	2,1382	0,084	3,4926	0,003	998	0,003
CS7 e TN7	1,6204	0,163	4,9998	0,001	999	0,001
CS7 e TS4	1,6698	0,153	2,6167	0,014	998	0,011
CS7 e TS7	0,062495	0,954	1,3513	0,171	997	0,182
TC4 e TC7	2,2479	0,032	1,8233	0,077	999	0,068
TC4 e TN4	0,4729	0,685	2,1088	0,041	999	0,038
TC4 e TN7	0,013784	0,992	0,67137	0,541	997	0,543
TC4 e TS4	0,10632	92	2,837	0,003	998	0,009
TC4 e TS7	1,6688	0,101	6,7467	0,001	999	0,001
TC7 e TN4	1,3487	0,241	0,693	0,539	998	0,502
TC7 e TN7	1,7583	0,088	1,6917	0,098	999	0,097
TC7 e TS4	1,5429	0,159	1,585	0,127	999	0,117
TC7 e TS7	3,4633	0,001	6,0413	0,001	999	0,001
TN4 e TN7	0,41481	0,715	2,0182	0,042	999	0,046
TN4 e TS4	0,29171	0,783	0,85287	0,393	998	0,393
TN4 e TS7	1,9046	0,071	4,9598	0,001	997	0,001
TN7 e TS4	0,10436	0,939	2,6482	0,012	999	0,009
TN7 e TS7	1,4439	0,158	6,3765	0,001	999	0,001
TS4 e TS7	1,5013	0,144	4,0425	0,001	995	0,001

Legenda: PNA, PNC, PCA, PCC, PSA, PSC e PSL = plataforma norte arenosa, norte carbonática, centro arenosa, centro carbonática, sul arenosa, sul carbonática e sul lamosa, respectivamente. TN4, TN7, TC4, TC7, TS4 e TS7 = talude norte 400m, norte 700m, centro 400m, centro 700m, sul 400m e sul 700m, respectivamente. CN4, CN7 e CS7 = cânion norte 400m, norte 700m e sul 700m, respectivamente.

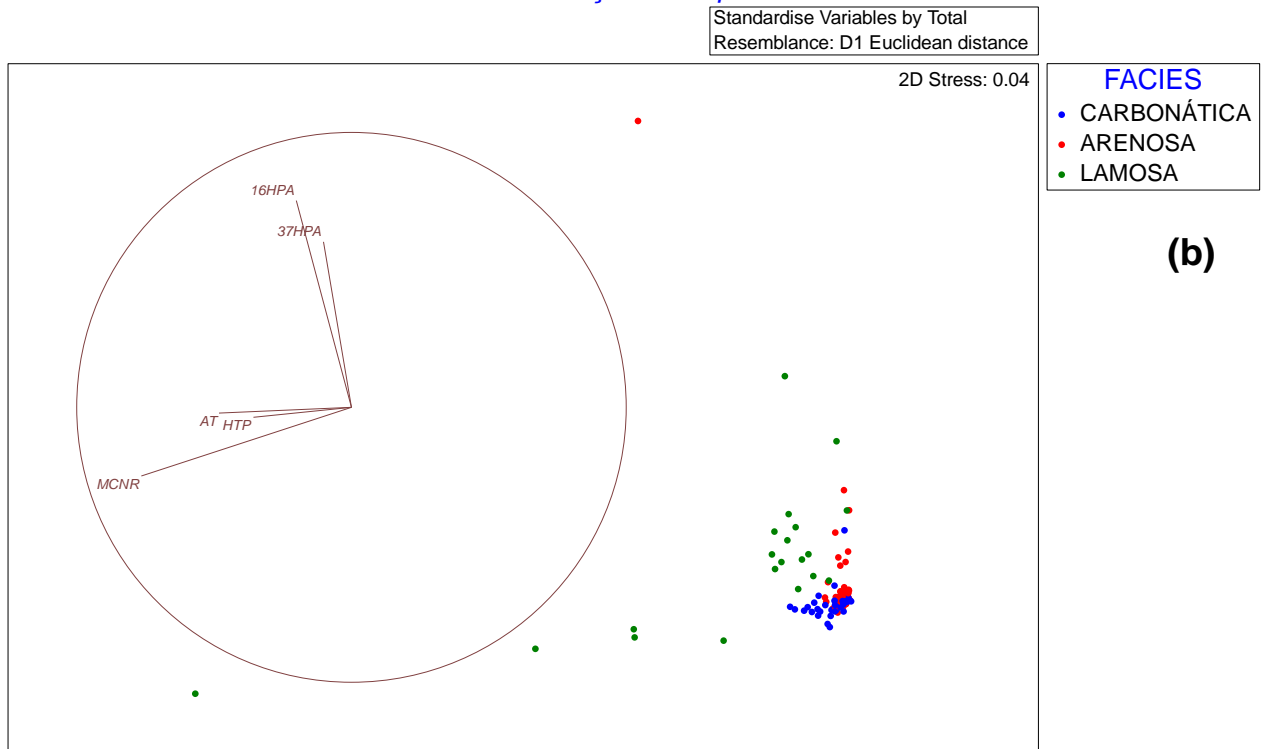
A. Plataforma continental

No conjunto de variáveis 'hidrocarbonetos' considerando todos os polígonos analisados, observam-se dois conjuntos de vetores (i.e., variáveis): um é formado pelos dois somatórios de HPAs ($\Sigma 16$ e $\Sigma 37$), e o outro pela junção AT+MCNR com HRP (Figura IV.12.3.5-1). Nessa distribuição é nítida a separação das amostras segundo as áreas de amostragem, com as amostras da área sul (pontos vermelhos na Figura IV.12.3.5-1a) deslocadas das demais áreas (norte e central) por influência de HPAs e AT, MCNR e HTP. Além disso, há clara separação das amostras em relação às facies sedimentares (Figura IV.12.3.5-1b), com destaque para a maior influência dos dois conjuntos de vetores sobre as amostras de lama (pontos verdes). As amostras arenosas tendem a ser mais influenciadas pelo vetor 16HPA+37HPA, enquanto as amostras carbonáticas apresentam alguma separação devido às variáveis AT, HTP e MCNR (Figuras IV.12.3.5-1b e 1-c).

Correlações múltiplas



Correlações múltiplas



Zoom 3x - Correlações múltiplas

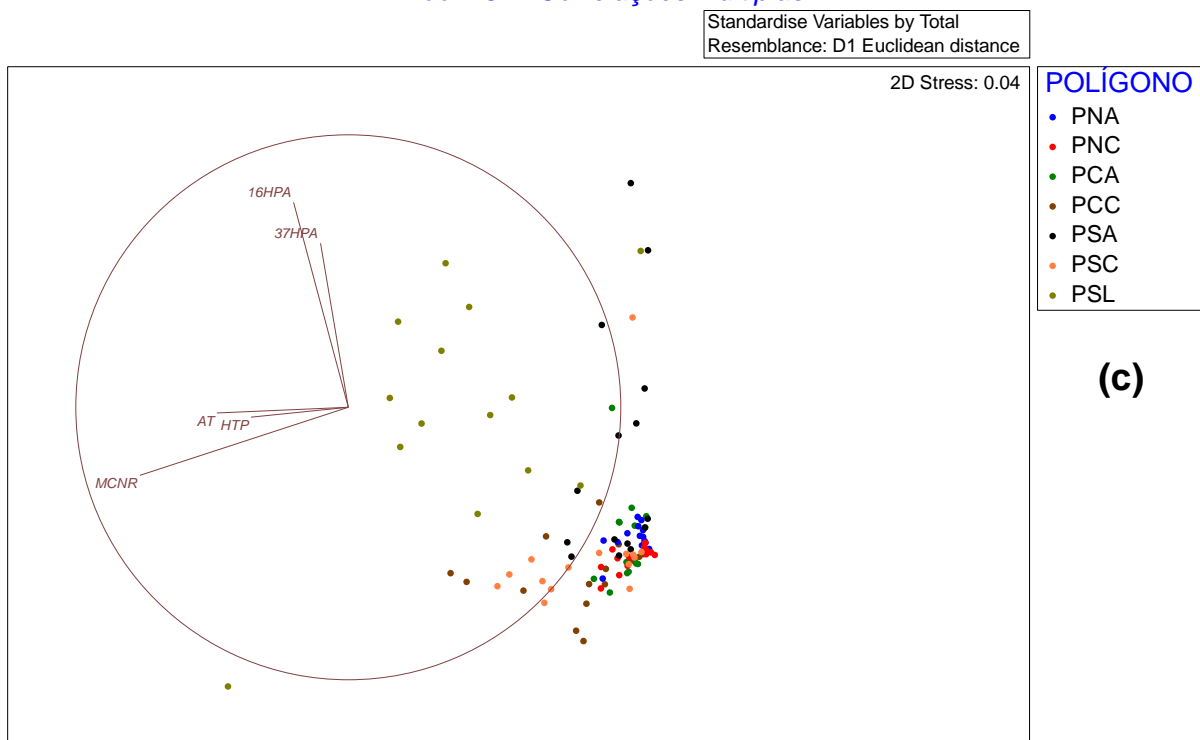


Figura IV.12.3.5-1 – Representação NMDS para polígonos sobre a plataforma e variáveis HPAs, ATs, MCNR e HTP em (a) relação às áreas de coleta, (b) fácies sedimentares e (c) destaque dos polígonos da plataforma (com ampliação de 3x).

Portanto, considerando PERMDISP+PERMANOVA (Tabela IV.12.3.5-1) e o NMDS, podemos afirmar para o grupo 1 (hidrocarbonetos) em relação às hipóteses nulas estabelecidas para o PMAR-BC, o seguinte:

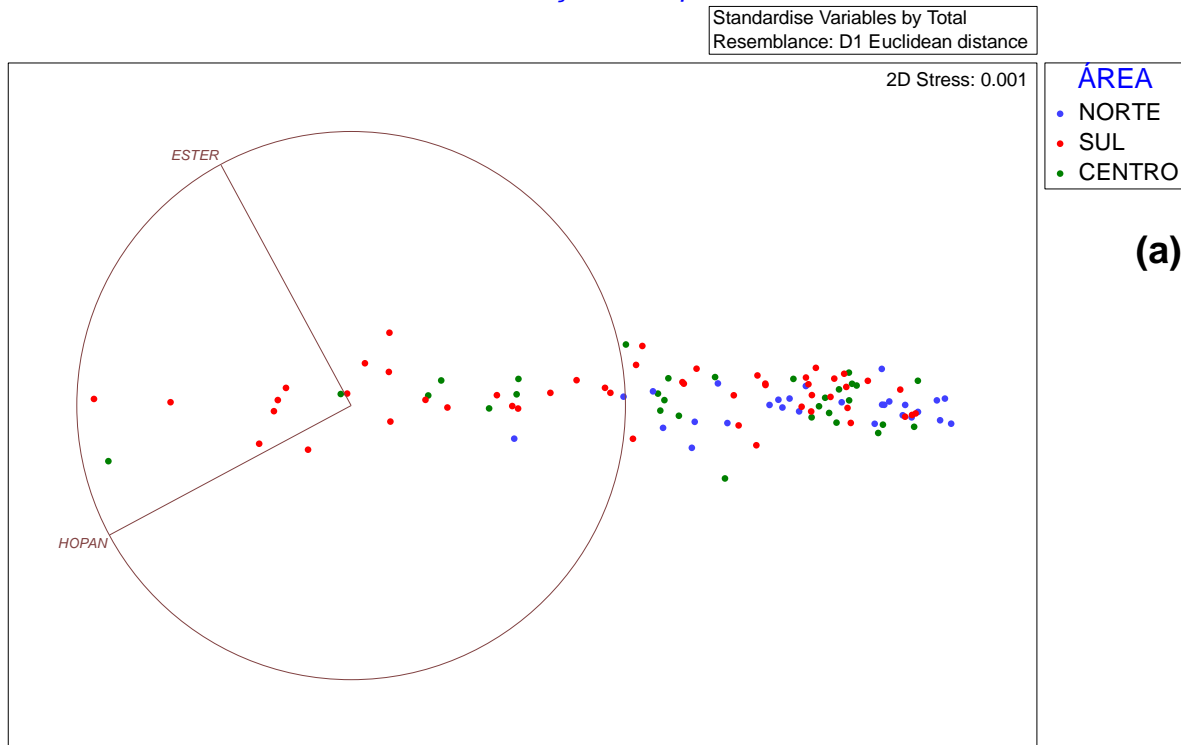
- A fácies arenosa sobre a plataforma sul é diferente do centro, mas a faciologia arenosa entre as áreas centro e norte e entre sul e norte não há diferença. A dispersão NMDS (Figura IV.12.3.5-1) mostra que as amostras arenosas da plataforma sul se deslocam em direção aos HPAs. Isso é consistente com as concentrações mais elevadas de HPAs na areia sobre a plataforma sul (Figura IV.12.3.1-1);
- A fácies lamosa sobre a plataforma sul é diferente das facies arenosa e carbonáticas das região sul, central e norte da plataforma, assim como sobre os polígonos no talude e nos cânions. ATs, MCNR e HTP são as variáveis que mais contribuem para essa distinção. Essa diferença sobre a lama na plataforma sul se dá pelas concentrações mais altas de $\Sigma 37$ HPAs (Figura IV.12.3.1-1), ATs (Figura IV.12.3.2-1) e HTP (Figura IV.12.3.3-1) nessas amostras.
- A fácies carbonática na plataforma no centro é diferente do carbonato no sul e ao norte ($p < 0,05$), mas o carbonato entre norte e sul são iguais. Nesse caso, a diferenciação é devido à distribuição de ATs (Figura IV.12.3.2-1) e HTP (Figura IV.12.3.3-1).

Em relação ao grupo 2, de biomarcadores (hopanos e esteranos), sobre a plataforma (Tabela IV.12.3.5-3), observa-se que as duas variáveis contribuem em direção ao mesmo quadrante no plano dimensional definido pela análise NMDS (Figura IV.12.3.5-2), sendo que as amostras se orientam no sentido da resultante entre os dois vetores. Isso sugere que há influência semelhante entre as duas variáveis sobre as amostras. Nesse caso, há pouca separação das amostras entre as áreas de coleta (Figura IV.12.3.5-2a), sendo mais aparente a influência da fácies sedimentar separando as amostras no plano horizontal (Figura IV.12.3.5-2b), com as amostras arenosas mais à direita, seguida das amostras carbonáticas e com a maioria das amostras de lama posicionadas à esquerda.

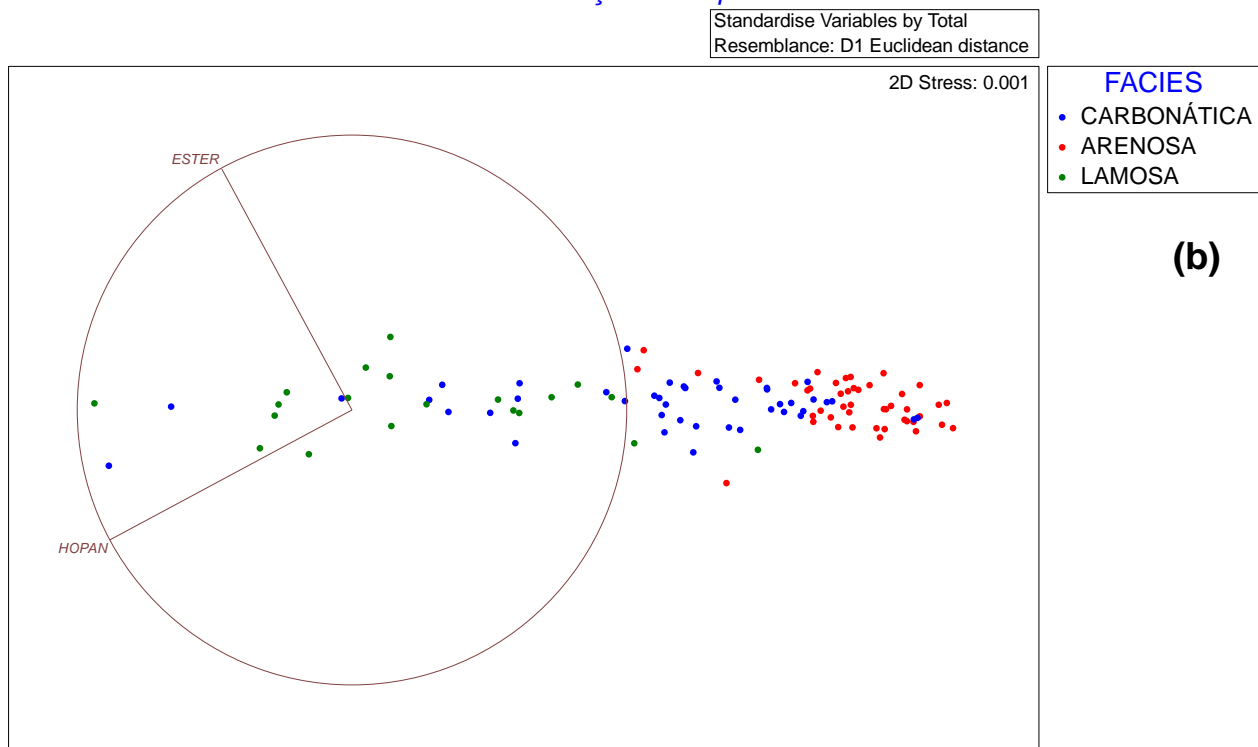
Considerando, assim, os resultados de PERMDISP+PERMANOVA (Tabela IV.12.3.5-2) e do NMDS (Figura IV.12.3.5-2) do grupo de biomarcadores (2:hopanos e esteranos) para os polígonos de plataforma frente às hipóteses nulas do PMAR-BC pode-se afirmar que::

- Na fácies arenosa sobre a plataforma, apenas não há diferença entre as áreas central e sul, mas ambas são diferentes da plataforma norte. Destaque as amostras arenosas sobre a plataforma são as que apresentam os menores teores de hopanos (Figura IV.12.3.4-1) e esteranos (Figura IV.12.3.4-5).
- Na fácies carbonática, o polígono na plataforma central é diferente do sul e norte, enquanto que os carbonatos do sul e do centro são semelhantes. Os carbonatos da plataforma central têm as maiores concentrações de hopanos (Figura IV.12.3.4-2) e esteranos (Figura IV.12.3.5-2).
- Na fase lamosa encontram -se as amostras mais influenciadas por hopanos e esteranos (Figura IV.12.3.4-1), com as maiores concentrações (Tabela IV.12.3-1) de ambas variáveis e com diferença significativa ($p < 0,05$) tanto para a areia como o carbonato na região sul da plataforma.

Correlações múltiplas



Correlações múltiplas



Correlações múltiplas

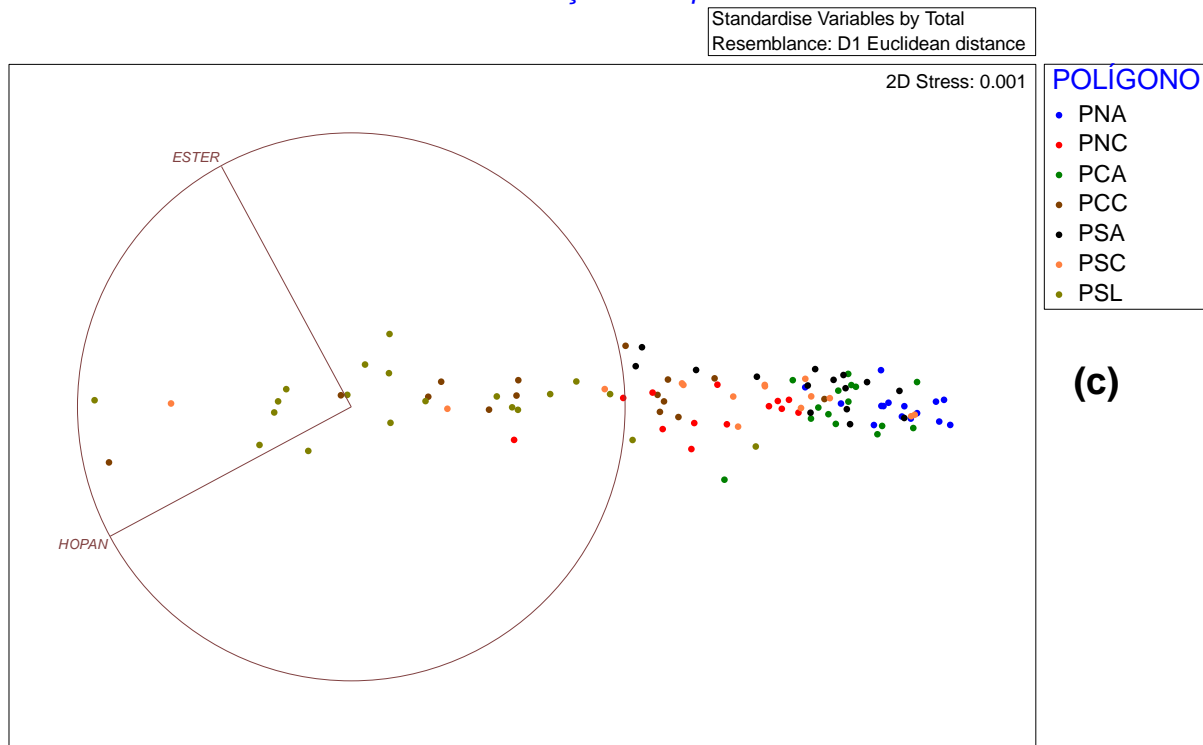


Figura IV.12.3.5-2 – Representação NMDS para polígonos sobre a plataforma e variáveis hopanos e esteranos em (a) relação às áreas de coleta, (b) fácies sedimentares e (c) polígonos da plataforma.

B. Talude e cânions

Em relação à comparação estatística para as amostras no talude, o resultado obtido pelo NMDS é diferente em relação ao da plataforma. No talude, as variáveis $\Sigma 16$ HPAs e $\Sigma 37$ HPAs são vetores distintos, assim como a MCNR se desagrupou de AT e HTP. Com isso, as amostras passam a ser orientadas apenas pelo $\Sigma 37$ HPAs e em outra direção, por AT e HTP (Figura IV.12.3.5-3). Nesse caso, as amostras da região sul ficam agrupadas, mas entre as amostras de norte e do centro, há um grupo mais influenciado pelo $\Sigma 37$ HPAs e outro por AT e HTP (Figura IV.12.3.5-3a). Quando essas amostras são plotadas em relação aos polígonos, pode-se observar que em direção ao vetor $\Sigma 37$ HPAs estão orientadas mais fortemente as amostras do talude central a 400 m, e na direção de AT e HTP

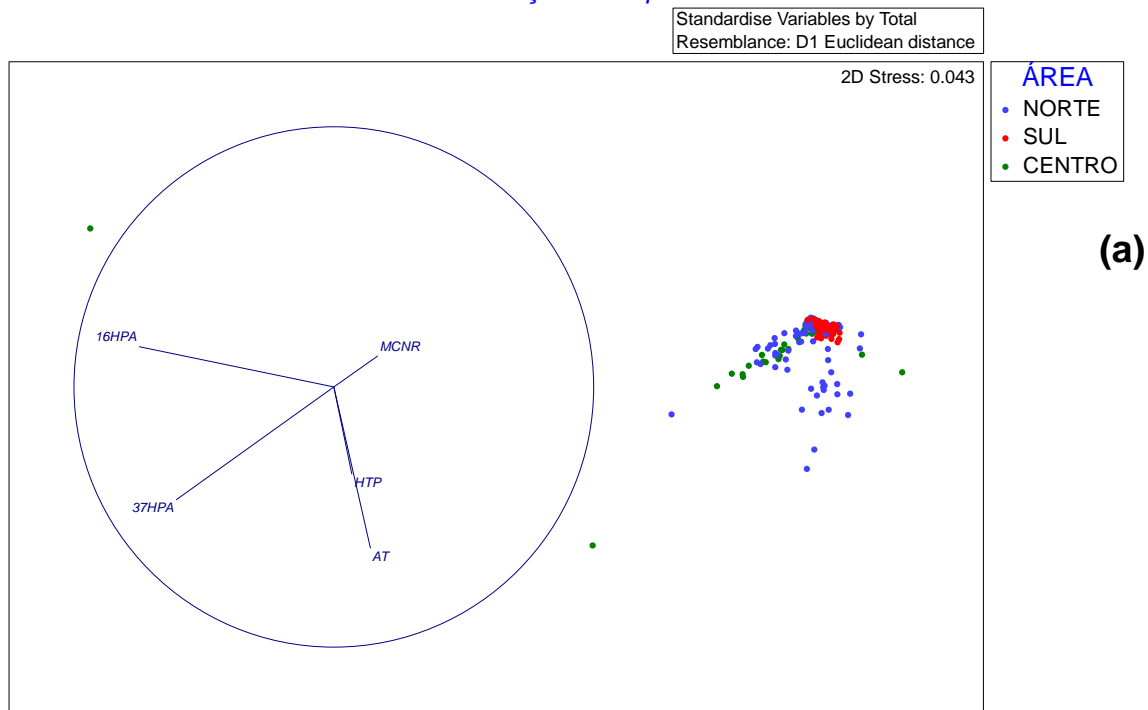
encontram-se as amostras do talude norte a 400m e do canion norte a 700m (Figura IV.12.3.5-3b).

Considerando esses resultados de NMDS (Figura IV.12.3.5-3) e os obtidos pelo PERMDISP+PERMANOVA (Tabela IV.12.3.5-2) do grupo de hidrocarbonetos 1 (HPAs, AT, MCNR e HTP) para o conjunto dos polígonos nas duas isóbatas do talude, podemos afirmar em relação às hipóteses nulas estabelecidas no PMAR-BC:

- Na isóbata de 400m, os polígonos ao norte, centro e ao sul são diferentes entre si. As amostras do talude central a 400 m têm as maiores medianas de $\sum 37\text{HPAs}$ (24,3 ng g⁻¹; Tabela IV.12.3-1), o que justifica a orientação dessas amostras em direção ao vetor 37HPA no NMDS (Figura IV.12.3.5-3b). Nessa mesma figura, as amostras do talude a 400 m tem orientação para os ATs, e, embora nessas amostras a mediana de AT seja semelhante à dos outros polígonos, há também a maior dispersão (0,42–8,59 ng g⁻¹; Tabela IV.12.3-1).
- Na isóbata de 700 m, os polígonos no sul e central são semelhantes, mas o polígono norte é diferente (Tabela IV.12.3.5-1), sendo que essas amostras são influenciadas pelo vetor 37HPA (Figura IV.12.3.5-3b).

A comparação entre talude e cânions revela que todos os polígonos são diferentes entre si (PERMDISP+PERMANOVA; Tabela IV.12.3.5-1). Podemos observar que o cânion a 700m na área norte, com as maiores concentrações de ATs, se separa no NMDS em direção ao AT e formam um grupo com as amostras do talude norte a 400 m (Figura IV.12.3.5-3b). Portanto, considerando as hipóteses nulas para comparar os polígonos entre talude e cânions, podemos afirmar que há diferenças significativas entre as amostras de talude e do cânion para um mesma profundidade e região.

Correlações múltiplas



Agrupamentos significativos (p<=0.05)

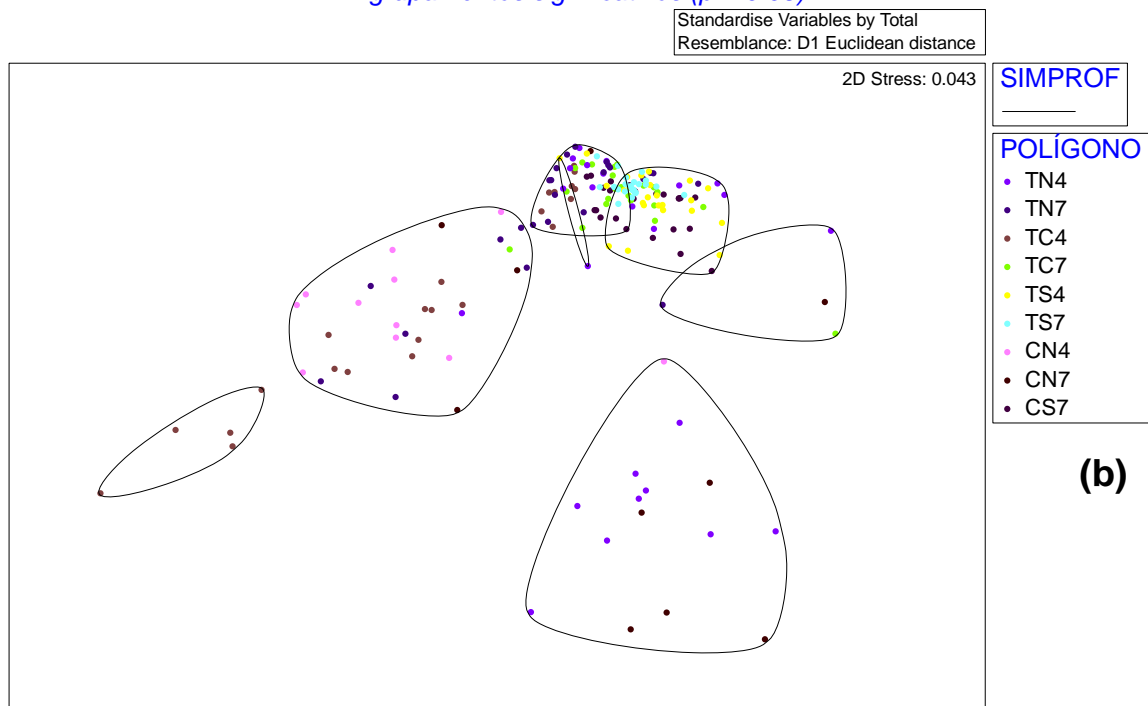
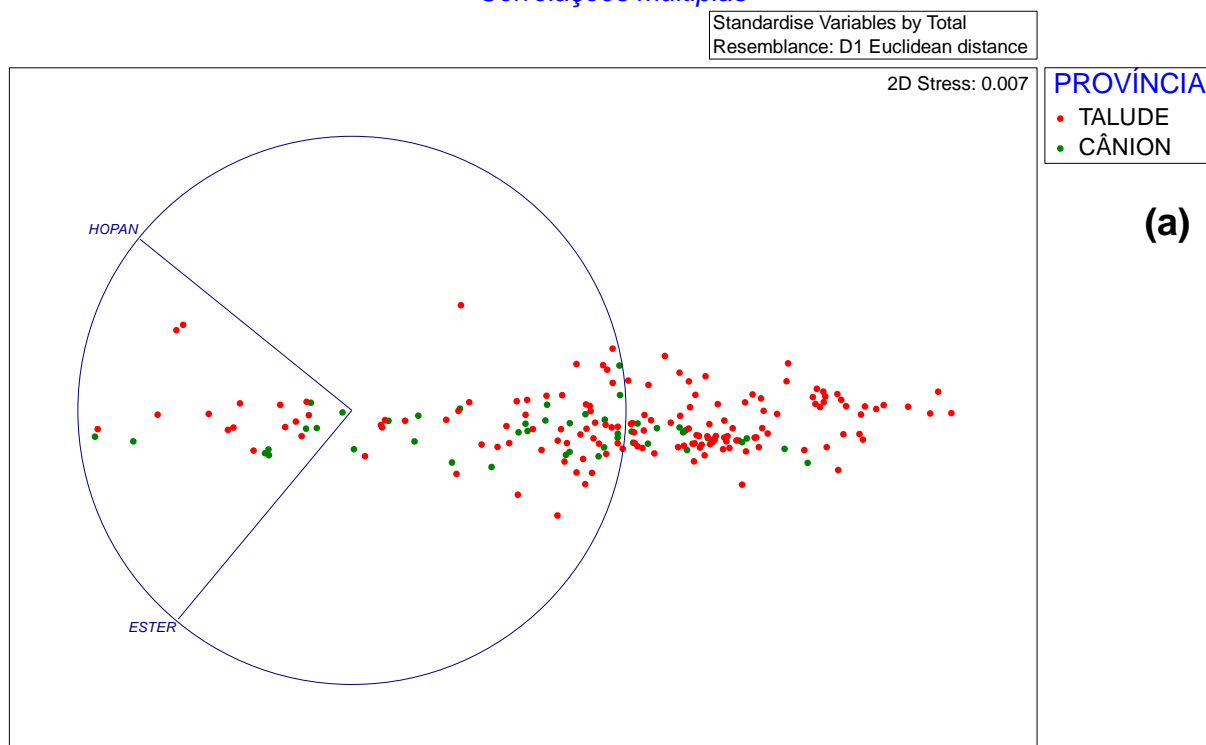


Figura IV.12.3.5-3 – Representação NMDS para polígonos sobre o talude e cânions e variáveis HPAs, ATs, MCNR e HTP em (a) relação às áreas de coleta e (b) destaque dos agrupamentos significativos (SIMPROF) dos polígonos de talude e cânions (com ampliação de 3x).

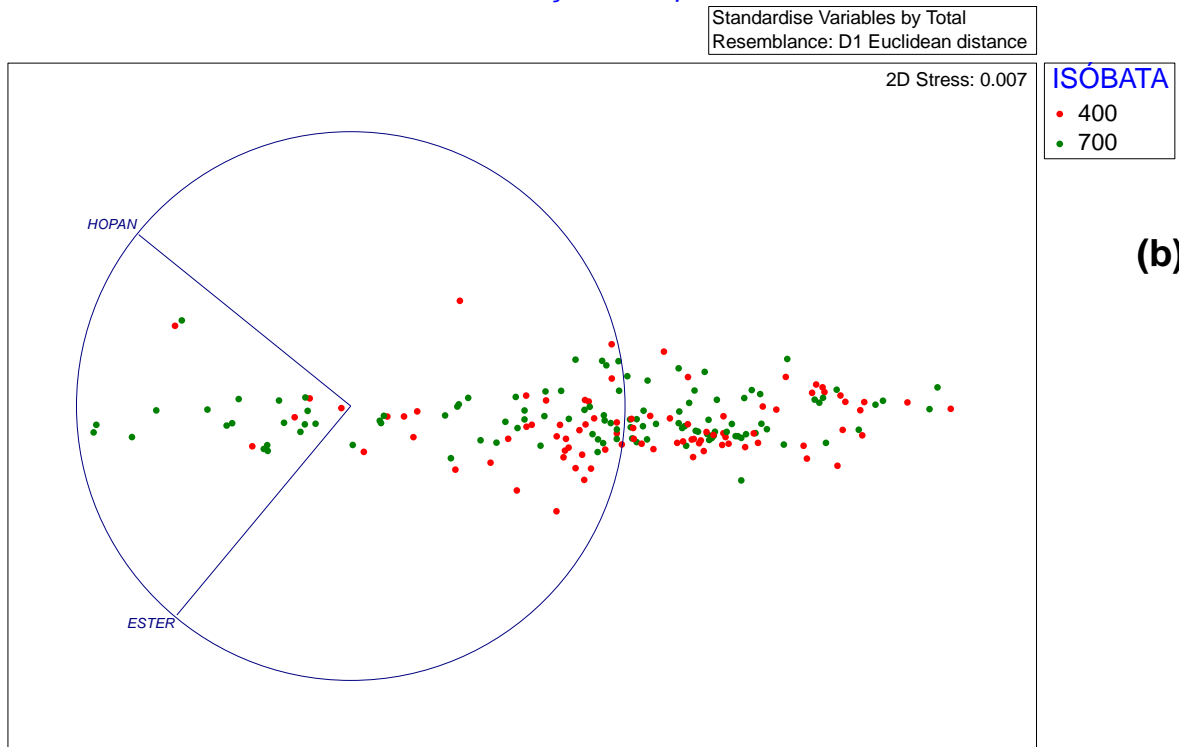
Para grupo 2 de biomarcadores (hopanos e esteranos) no talude, observa-se um resultado semelhante ao da plataforma, i.e., com uma clara orientação no eixo horizontal, com vetores representados por hopanos e esteranos orientados na mesma direção e maior influência dessas variáveis sobre as amostras da área sul (Figura IV.12.3.5-4a). Obseva-se, ainda, que as amostras a 700 m são mais influenciadas pelos hopanos e esteranos em comparação com as amostras de 400m (Figura IV.12.3.5-4b). Isto é consistente com as maiores concentrações de biomarcadores em relação ao aumento da profundidade no talude, principalmente a 700m no sul (Tabela IV.12.3-1). Portanto, a hipótese nula do PMAR sobre não haver diferença nos biomarcadores entre as isóbatas no talude não se verifica.

Já a comparação entre taludes e cânions para biomarcadores, os resultados PEMRDISP+PERMANOVA (Tabela IV.12.3.5-4) revelam que apenas a 700m na região norte os sedimentos do cânion e do talude são semelhantes em relação aos biomarcadores.

Correlações múltiplas



Correlações múltiplas



Correlações múltiplas

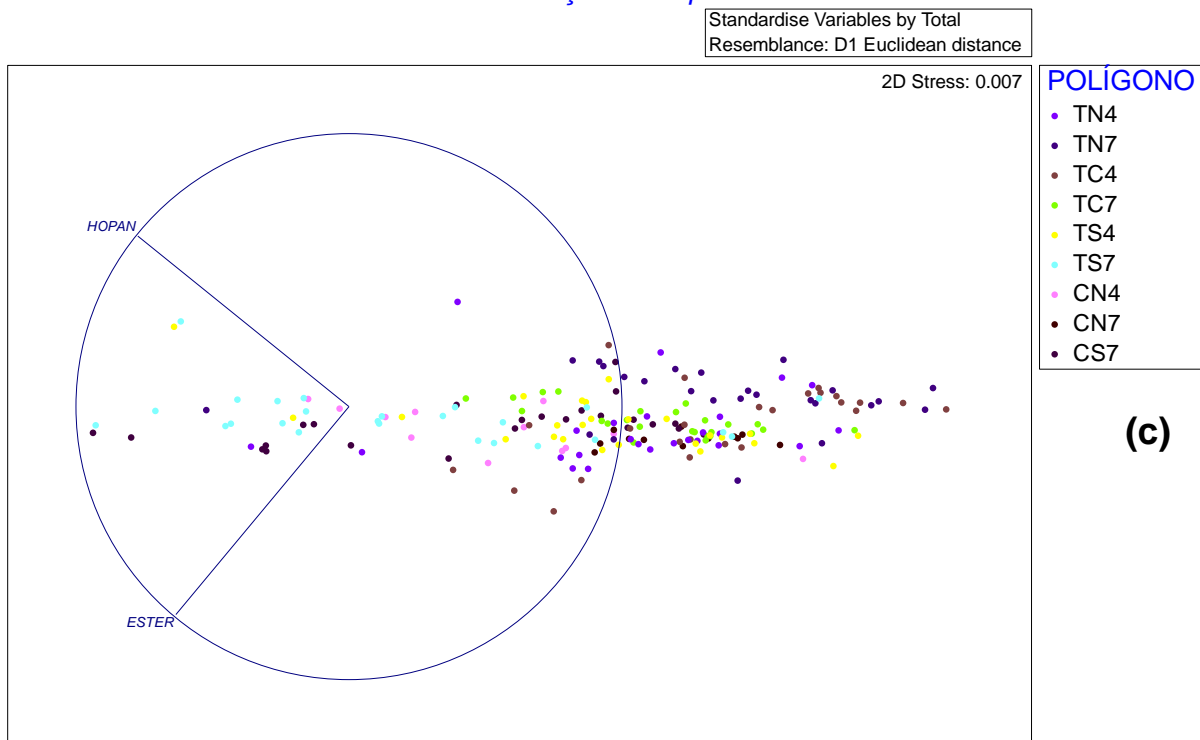


Figura IV.12.3.5-4 – Representação NMDS para polígonos sobre a talude e cânions e variáveis hopanos e esteranos em (a) relação às áreas de coleta, (b) isóbatas e (c) polígonos do talude e cânions.

IV.12.3.6– Comparação entre os projetos PMAR-BC e PCR-BC

Os resultados obtidos nos dois projetos — PCR-BC campanha ‘período chuvoso’ e PMAR-BC 1ª campanha — foram analisados por métodos estatísticos exploratórios e inferenciais em relação às isóbatas e fácies sedimentares correspondentes (detalhes Capítulo III, item III.3.2 – MÉTODO DE TRATAMENTO DE DADOS). As variáveis foram divididas, como já descrito no item IV.12.3.5, em um grupo de hidrocarbonetos (Σ 16HPAs, Σ 37HPAs, ATs, MCNR e HTP) e outro grupo com biomarcadores (hopanos e esteranos).

IV.12.3.6.1 – Variáveis de hidrocarbonetos (grupo 1: HPA, AT, MCNR e HTP)

Os resultados da comparação completa pela análise inferencial (PERMDISP e PERMANOVA) multivariada com os orgânicos do grupo 1 (HPAs, AT, MCNR e HTP) estão apresentados na Tabela IV.12.3.6.1-1 e os resultados são detalhados logo após a tabela.

Tabela IV.12.3.6.1-1 – PERMDISP e PERMANOVA para os dados do grupo de variáveis de orgânicos “1” – HTP, MCNR, AT, 16HPAs e 37HPAs (multivar) agrupados nos diferentes polígonos dos projetos PMAR-BC e PCR-BC: províncias (plataforma - P, talude - T e cânion - C), áreas (norte - N, centro - C, sul - S) e fácies (arenosa - A, carbonática - C e lamosa - L) ou isóbatas (400m - 4 e 700 m - 7).

Polígonos	PERMDISP - PAIRWISE COMPARISONS		PERMANOVA - PAIR-WISE TESTS			
	t	Pperm	t	Pperm	Uniques	PMC
CN4 e CN4'	1,2609	0,141	17,582	0,08	13	0,001
CN7 e CN7'	2,1897	0,081	4,342	0,083	13	0,001
PCA e PCA'	3,7121	0,036	2,5954	0,002	887	0,012
PCC e PCC'	0,31535	0,776	2,2825	0,001	568	0,006
PNA e PNA'	0,31577	1	0,69459	0,125	136	0,5
PNC e PNC'	2,5689	0,203	2,9211	0,014	105	0,002
PSA e PSA'	2,0184	0,094	0,2701	0,952	136	0,918
PSC e PSC'	0,14849	0,936	1,8629	0,022	136	0,051
PSL e PSL'	0,62741	0,608	2,4079	0,055	229	0,009
TC4 e TC4'	0,11675	0,991	3,6915	0,01	864	0,002
TC7 e TC7'	7,1127	0,001	5,4536	0,001	977	0,001
TN4 e TN4'	10,154	0,001	8,2236	0,004	335	0,001
TN7 e TN7'	15,493	0,002	10,347	0,006	331	0,001
TS4 e TS4'	27,565	0,001	10,241	0,001	858	0,001
TS7 e TS7'	13,201	0,001	14,288	0,001	855	0,001

As siglas com apóstrofes (') representam os polígonos do PCR-BC.

A. Hidrocarbonetos na plataforma

Considerando os resultados obtidos pelo PERMDISP+PERMANOVA (Tabela IV.12.3.6.1-1) do grupo de hidrocarbonetos (1: HPAs, AT, MCNR e HTP) para o conjunto dos polígonos de plataforma nos dois projetos (PMAR-BC e PCR-BC), podemos afirmar em relação às hipóteses nulas:

- Na fácies arenosa sobre a plataforma, a comparação da dispersão dos dados (PERMDISP) revelou que apenas na área central as nuvens de dispersão de dados são distintas entre os dois projetos. No teste pareado para esses polígonos (PCA e PCA'), a PERMANOVA confirma que também há um efeito de localização entre os polígonos arenosos dos dois projetos. Não há diferença na dispersão na nuvem de dados entre as areias do norte e do sul para os dois projetos, assim como a PERMANOVA na comparação pareada PNA–PNA' e PSA–PSA' mostra que não há diferença de localização e, portanto, nesses dois casos a hipótese nula de não haver diferença entre os polígonos na fácies arenosa é válida para as regiões norte e sul.
- Na fácies carbonática sobre a plataforma, as nuvens de dispersão dos dados (PERMDISP) são estatisticamente semelhantes nas comparações para as regiões norte, central e sul. Já os resultados PERMANOVA mostram que na fácies carbonato no sul, os dois projetos são semelhantes para as variáveis orgânicas do grupo 1, mas nos carbonatos das regiões central e norte há diferença significativa de localização entre os polígonos de fácies carbonática dos dois projetos.
- Na fácies lamosa sobre a plataforma, com dados apenas para a região sul, a PERMDISP deu resultado não significativo, mas para a PERMANOVA o resultado foi significativo, ou seja, há diferença entre os grupos que, no caso em particular, pode decorrer da localização das malhas amostrais entre os dois projetos

B. Hidrocarbonetos no talude e cânions

Considerando os resultados obtidos pelo PERMDISP+PERMANOVA (Tabela IV.12.3.6.1-1) do grupo de hidrocarbonetos (1: HPAs, AT, MCNR e HTP) para o conjunto dos polígonos de talude e cânions nos dois projetos (PMAR-BC e PCR-BC), podemos afirmar em relação às hipóteses nulas:

- Na isóbata de 400 m no talude, a região central tem polígonos com nuvem de dispersão semelhante, mas nas áreas sul e norte há diferença significativa entre a dispersão da nuvem de dados (PERMDISP; Tabela IV.12.3.6.1-1). Mas, a análise PERMANOVA revela que nas três regiões os polígonos são distintos nos dois projetos (a $p < 0,05$).
- Na isóbata de 700 m sobre o talude, tanto a PERMDISP quanto a PERMANOVA mostra que nas regiões norte, centro e sul os resultados de PMAR-BC e PCR-BC são estatisticamente distintos na comparação pareada entre polígonos correspondentes.
- Nos cânions, somente com dados nos dois projetos na região norte, as nuvens de dados têm dispersão semelhantes a 400m e a 700m (PERMDISP), mas pela PERMANOVA os resultados de hidrocarbonetos nos cânions a 400m e a 700m são distintos entre os dois projetos, e a hipótese nula formulada tem que ser rejeitada.

A análise exploratória por NMDS para as variáveis do grupo orgânico 1 (HPAs, AT, MCNR e HTP) nos dois projetos (PMAR-BC x PCR-BC), incluindo todas as províncias, fácies e profundidades (Figura IV.12.3.6.1-1), permite complementar os dados de PERMDISP e PERMANOVA. Os dois grupos de amostras são bem separados, com as amostras PMAR-BC mais agrupadas, exceto pelo polígono PL100S, enquanto os polígonos definidos para o PCR são mais espalhados no plano bidimensional. Além disso, como já observado considerando apenas as amostras PMAR-BC, os HPAs ($\Sigma 16$ e $\Sigma 37$) foram um vetor enquanto AT, MCNR e HTP foram outro vetor, com direção diferente. Interessante observar os polígonos sobre a lama da plataforma na região sul. No projeto PMAR, ponto azul na Figura IV.12.3.6.1-1, o PL100S está direcionado para

o vetor com AT, MCNR e HTP, enquanto que as amostras do polígono equivalente no PCR (amostras A03 e A04) são mais influenciadas pelo vetor com $\Sigma 16\text{HPAs}$ e $\Sigma 37\text{HPAs}$ e se localizam distantes na parte superior à direita. Destaca-se também que as amostras ‘deslocadas’ no plano do NMDS são do talude e canions, tanto a 400 quanto a 700 m, e ocorrem devido à influência tanto dos HPAs quanto de alifáticos e HTP.

PMAR + PCR Orgânicos 1 STD - Polígonos Correlações múltiplas

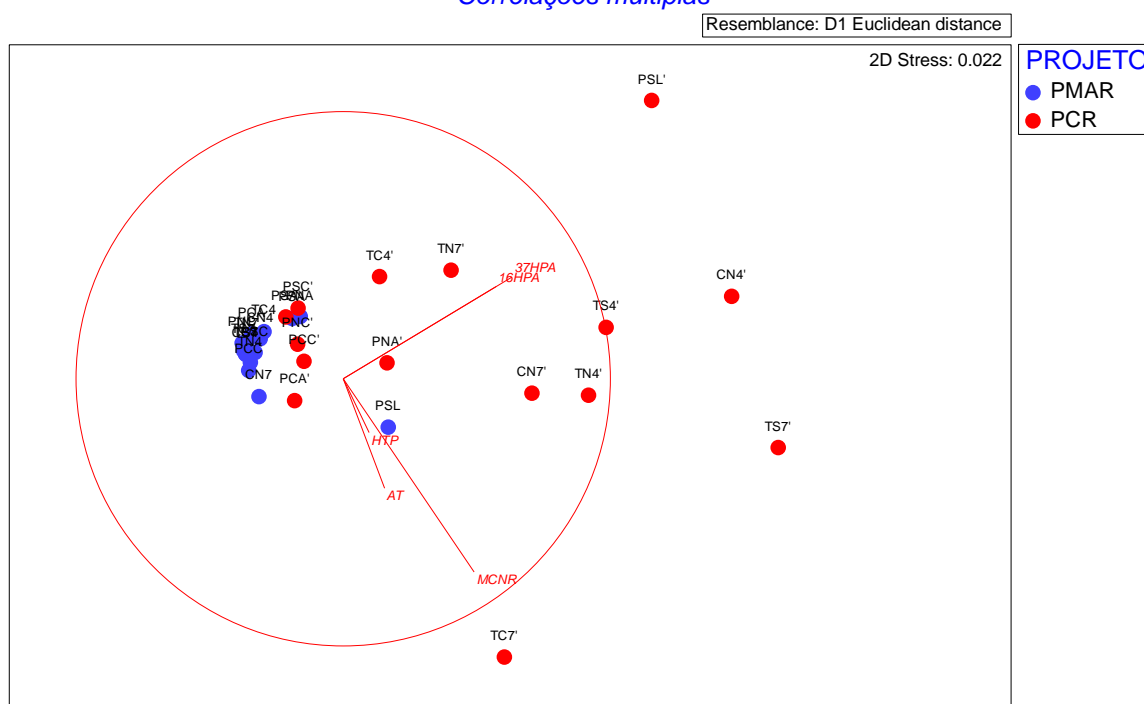


Figura IV.12.3.6.1-1 – NMDS (correlações múltiplas) para comparação entre **polígonos** de PMAR-BC e PCR-BC do conjunto de hidrocarbonetos (16HPA, 37HPA, AT, MCNR, HTP).

IV.12.3.6.2 – Variáveis de biomarcadores (grupo 2: hopanos e esteranos)

Os resultados da comparação completa pela análise inferencial (PERMDISP e PERMANONA) multivariada com os orgânicos do grupo 2 (hopanos e esteranos) estão apresentados na Tabela IV.12.3.6.2-1 e os resultados são detalhados logo após a tabela.

Tabela IV.12.3.6.2-1 – PERMDISP e PERMANOVA para os dados do grupo de variáveis de orgânicos “2” – esteranos e hopanos (bivar) agrupados nos diferentes polígonos dos projetos PMAR-BC e PCR-BC: províncias (plataforma - P, talude - T e cânion - C), áreas (norte - N, centro - C, sul - S) e fácies (arenosa - A, carbonática - C e lamosa - L) ou isóbatas (400m - 4 e 700 m - 7).

Polígonos	PERMDISP - PAIRWISE COMPARISONS		PERMANOVA - PAIR-WISE TESTS			
	t	Pperm	t	Pperm	Uniques	PMC
CN4 e CN4'	1,3509	0,156	2,8796	0,084	13	0,005
CN7 e CN7'	1,8144	0,073	12,909	0,065	13	0,001
PCA e PCA'	2,6658	0,02	7,1184	0,001	883	0,001
PCC e PCC'	0,54292	0,751	5,5192	0,004	566	0,001
PNA e PNA'	3,6364	0,004	8,8356	0,009	136	0,001
PNC e PNC'	0,090735	0,971	8,8639	0,01	105	0,001
PSA e PSA'	0,57964	0,816	4,3106	0,01	136	0,001
PSC e PSC'	0,50711	0,793	2,3826	0,035	136	0,021
PSL e PSL'	1,2093	0,384	3,4225	0,001	228	0,006
TC4 e TC4'	1,1868	0,366	1,991	0,055	866	0,054
TC7 e TC7'	1,7948	0,119	4,5659	0,002	984	0,001
TN4 e TN4'	1,265	0,216	1,7772	0,1	335	0,074
TN7 e TN7'	2,9177	0,032	0,96254	0,316	330	0,341
TS4 e TS4'	0,28007	0,833	1,5886	0,109	849	0,098
TS7 e TS7'	2,0926	0,034	3,0641	0,007	861	0,01

As siglas com apóstrofes (') representam os polígonos do PCR-BC.

A. Biomarcadores na plataforma

Considerando os resultados obtidos pelo PERMDISP+PERMANOVA (Tabela IV.12.3.6.2-1) do grupo de biomarcadores (2: hopanos e esteranos) para o conjunto dos polígonos de plataforma nos dois projetos (PMAR-BC e PCR-BC), podemos afirmar em relação às hipóteses nulas:

- Na fácies arenosa sobre a plataforma, os polígonos das áreas norte e central têm nuvens de dispersão de dados que são distintas (PERMDISP) entre os dois projetos, mas na região sul as duas nuvens são semelhantes. Os resultados PERMANOVA nas três regiões são distintas entre si, a $p < 0,05$.
- Na fácies carbonática sobre a plataforma, em todas as três áreas a nuvem de dispersão de dados são semelhantes, mas o resultados dos dois projetos são estatisticamente diferentes entre si (PERMANOVA, $p < 0,05$).
- A fácies lamosa da região sul repete o mesmo resultado da fácies carbonática, ou seja, nuvens de dados semelhantes mas com diferença estatística entre os dos projetos.

B. Biomarcadores no talude e cânions

Considerando os resultados obtidos pelo PERMDISP+PERMANOVA (Tabela IV.12.3.6.2-1) do grupo de biomarcadores (2: hopanos e esteranos) para o conjunto dos polígonos de talude e cânions nos dois projetos (PMAR-BC e PCR-BC), podemos afirmar em relação às hipóteses nulas:

- No talude a 400 m, as regiões norte, central e sul têm a mesma nuvem de dispersão de dados, e a PERMANOVA confirma que os conjuntos pareados nos dois projetos são semelhantes entre si. Portanto, as distribuições de biomarcadores no talude a 400 m confirma a hipótese nula, de não haver diferença entre PMAR-BC e PCR-BC.
- No talude a 700 m, as nuvens de dados nas regiões norte e sul são semelhantes entre os dois projetos, mas não na região central. A PERMANOVA revela que nos polígonos central e sul os dois projetos têm resultados de biomarcadores distintos, mas não na região norte.
- Nos cânions, tanto a 400 m quanto a 700 m, somente na região norte, as nuvens de dados têm dispersão semelhantes entre os dois projetos, mas em ambos os casos os resultados de biomarcadores são distintos (PERMANOVA, $p < 0,05$).

O resultado de NMDS para os biomarcadores (hopanos e esteranos) complementa os resultados da inferência estatística (PERMDISP e PERMANOVA), como mostrado Figura IV.12.3.6.2-1. Interessante observar que as estações se distribuem em uma linha horizontal que acompanha a direção dos vetores hopanos e esteranos. Além disso, nos dois conjuntos de amostras se observa a formação de grupos significativos (análise SIMPROF, $p < 0,05$) com amostras de cada projeto, mas ambas tendo a mesma influência crescente de biomarcadores entre províncias (talude/cânion > plataforma), sedimentos (lama > areia \approx carbonato) e com aumento da profundidade (elipses com linhas pretas na Figura IV.12.3.6.2-1).

PMAR + PCR Orgânicos 2 STD - Polígonos
Agrupamentos significativos ($p < 0.05$)

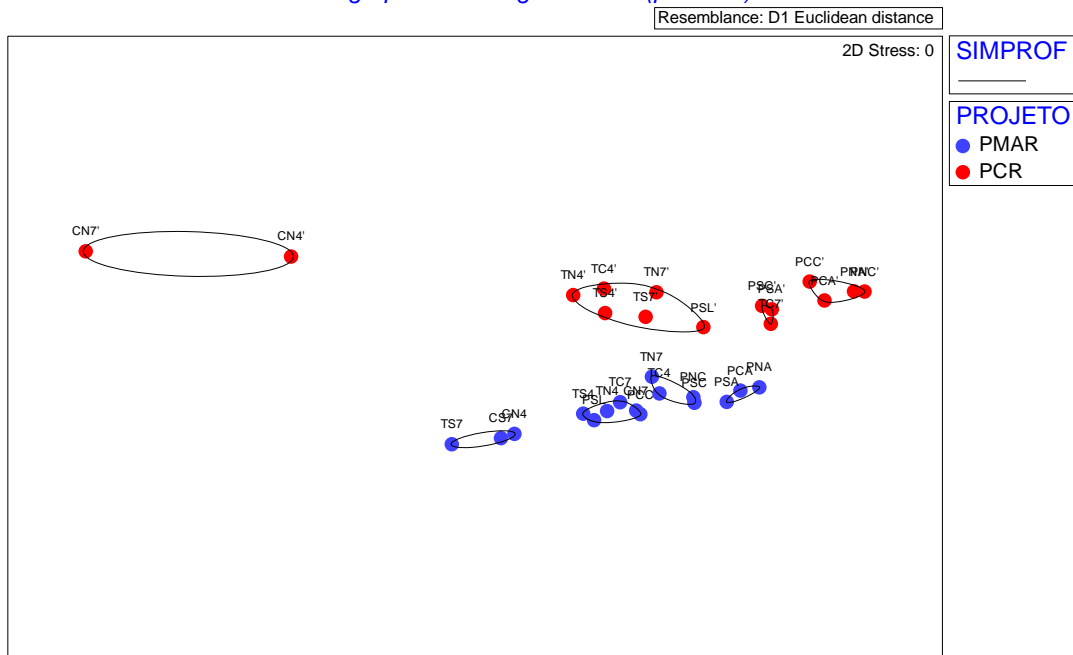


Figura IV.12.3.6.2-1 – N-MDS (correlações múltiplas) para comparação entre polígonos de PMAR-BC e PCR-BC para biomarcadores (hopanos e esteranos). Agrupamentos significativos (SIMPROF, $p < 0,05$) como elipses em preto.

IV.12.4 – DISCUSSÃO

IV.12.4.1 – Avaliação da contaminação por hidrocarbonetos e qualidade do sedimento

As faixas de concentração de hidrocarbonetos (poliaromáticos, alifáticos, HTP) e biomarcadores (hopanos e esteranos) para os sedimentos da 1ª coleta do PMAR-BC estão apresentados na Tabela IV.12.4.1-1 considerando todo o conjunto de amostras ($n = 306$) e separado por fácies sedimentares (lama, carbonato e areia). Também são apresentados nessa tabela os resultados de outros projetos em escala regional na Bacia de Campos (PCR-BC e Projeto Águas Profundas) e em bacias sedimentares no NE do país.

Os resultados do PMAR-BC ajudam a consolidar o conhecimento sobre a presença de hidrocarbonetos e biomarcadores em sedimentos de diversos estudos no Brasil, revelando que há níveis gerais baixos de hidrocarbonetos orgânicos em escala regional na margem continental do país. Entre os HPAs, a mediana global do PMAR-BC para $\sum 37$ HPAs ($1,13 \text{ ng g}^{-1}$) é uma ordem de grandeza inferior aos valores das duas campanhas do PCR-BC (projeto Habitats), respectivamente 32,3 e 37,7 ng g^{-1} (Tabela IV.12.4.1-1). O mesmo se mantém pelo agrupamento das fácies sedimentares, exceto para areia, com $\sum 37$ HPAs = 8,71 ng g^{-1} (i.e., uma ordem de grandeza abaixo da mediana no PCR-BC). Essa diferença entre PMAR-BC e PCR-BC aparenta estar associada ao posicionamento das malhas amostrais. No PCR-BC, as maiores concentrações de HPAs — $\sum 37$ HPAs na faixa 116-261 ng g^{-1} (WAGENER; FARIAS; MOLINA; SCOFIELD, 2017) – são medidas sobre as isóbatas de 400 e 1000 m ao longo do talude, tanto na porção sul (transectos B e C), quanto na porção norte (transectos H e I). Essas regiões não foram amostradas no PMAR-BC.

Ao contrário dos HPAs, para os hidrocarbonetos alifáticos (totais, MCNR e n -alcanos) e HTP, as concentrações medianas dessas variáveis são semelhantes entre PMAR-BC e PCR-BC, ou seja, AT = 1,06 $\mu\text{g g}^{-1}$, n -alcanos = 0,36 $\mu\text{g g}^{-1}$ e HTP = 3,39 $\mu\text{g g}^{-1}$. A exceção foi a MCNR, com mediana no PMAR-BC (0,17 $\mu\text{g g}^{-1}$) inferior ao PCR-BC (1,99-4,18 $\mu\text{g g}^{-1}$). Por fim, as concentrações de biomarcadores

(hopanos e esteranos) foram um pouco mais elevados no PMAR-BC ($127 \mu\text{g g}^{-1}$) do que no PCR-BC ($20,3 - 48,3 \mu\text{g g}^{-1}$) (Tabela IV.12.4.1-1).

Outra comparação possível com os dados do PMAR-BC 1ª campanha são os sedimentos na plataforma interna de Sergipe-Alagoas (LOURENÇO; ARAUJO JÚNIOR; MEIRELES JÚNIOR; MACENA *et al.*, 2013). Nesse trabalho, em sedimentos rasos (<30 m) de diferentes fácies sedimentares ao redor de plataforma e em áreas de referência, o $\Sigma 37\text{HPAs}$ variou entre 31 e 127 ng g^{-1} em sedimentos lamosos e entre 17 e 84 ng g^{-1} em áreas de referência. Esses valores são semelhantes aos do PCR-BC (sedimentos entre 25 e $\approx 3000 \text{ m}$) e acima do medido no PMAR-BC. Ainda no mesmo trabalho, os níveis de alifáticos totais ocorreram em duas faixas (< $5 \mu\text{g g}^{-1}$ e $8-12 \mu\text{g g}^{-1}$; (LOURENÇO; ARAUJO JÚNIOR; MEIRELES JÚNIOR; MACENA *et al.*, 2013), que são comparáveis com os resultados de PMAR-BC e PCR-BC (Tabela IV.12.4.1-1).

As baixas concentrações de HPAs nos sedimentos do PMAR-BC são também atestadas quando os dados são comparados com concentrações de *background* (i.e., valor mediano para sedimentos sem nenhuma influência antrópica) propostas para a margem continental europeia (PÉREZ-FERNÁNDEZ; VIÑAS; BARGIELA, 2019), ou mesmo em relação a indicadores de qualidade (TEL/PEL) de sedimento adotados no Canadá¹ e no Brasil (Conama 454) (Tabela IV.12.4.1-2). Nessa tabela, nas amostras do PMAR-BC apenas naftaleno, fluoranteno, pireno, indeno(1,2,3-cd)pireno, além de C1- e C2-naftalenos, foram encontrados acima do limite de quantificação, sendo reportados valores máximos dentro do percentil 0,95 (i.e., excluindo apenas 5% dos valores máximos para cada composto, ou cerca de 15 amostras do PMAR-BC). Apenas os compostos mais leves (naftaleno, acenafteno e acenaftileno) foram detectados em níveis similares aos de background da europa e mesmo assim de uma a duas ordens de grandeza inferiores ao TEL/PEL da agência canadense, e muito menos ainda em relação ao CONAMA 454.

¹ CCME – *Canadian Council of Ministers of the Environment*. Acesso em 10/maio/2021 em [Canadian Council of Ministers of the Environment | Le Conseil canadien des ministres de l'environnement \(ccme.ca\)](http://Canadian Council of Ministers of the Environment | Le Conseil canadien des ministres de l'environnement (ccme.ca))

Tabela IV.12.4.1-1 – Hidrocarbonetos alifáticos, poliaromáticos, HTP e biomarcadores em sedimentos coletados no PMAR-BC 1ª campanha e de outras áreas oceânicas no Brasil. Medianas e faixas de concentração mínimas e máximas entre parênteses

Áreas Oceânicas	N	Hid. Alif. Totais ($\mu\text{g g}^{-1}$)	MCNR ($\mu\text{g g}^{-1}$)	n-alcanos ($\mu\text{g g}^{-1}$)	HTP ($\mu\text{g g}^{-1}$)	$\Sigma 16$ HPAs (ng g^{-1})	$\Sigma 37$ HPAs (ng g^{-1})	Σ Biomarcadores (ng g^{-1})	Referência
PMAR-BC (1ª campanha – 2019) Todas as isóbatas	306	1,06 (<LQ–16,7)	0,17 (<LQ–290)	0,36 (<LQ–3,43)	3,39 (<LQ–118)	0,59 (<LQ–290)	1,13 (<LQ–311)	127 (43,4–278)	Presente Estudo
PMAR-BC (1ª campanha – 2019) Lama (plataforma, talude e cânion)	218	1,13 (<LQ–16,7)	0,29 (<LQ–6,25)	0,45 (<LQ–3,43)	3,34 (<LQ–118)	<LQ (<LQ–116)	0,38 (<LQ–170)	151 (43,4–331)	Presente Estudo
PMAR-BC (1ª campanha – 2019) Carbonato plataforma	45	1,01 (0,02–10,9)	0,14 (<LQ–0,83)	0,29 (<LQ–1,74)	3,72 (0,02–22,9)	0,69 (<LQ–57,9)	0,96 (<LQ–57,9)	102 (60,3–212)	Presente Estudo
PMAR-BC (1ª campanha – 2019) Areia plataforma	43	0,35 (0,04–5,37)	<LQ (<LQ–1,00)	0,21 (<LQ–3,27)	3,69 (0,04–22,9)	4,76 (<LQ–290)	8,71 (1,07–311)	70,9 (54,3–110)	Presente Estudo
Bacia de Campos (RJ): PCR- BC/Habitats – Período Chuvoso	315	2,33 (0,11–124)	1,99 (0,39–89)	0,20 (<0,01–11,3)	5,92 (0,34–70)	16,9 (0,13– 155)	32,3 (0,13–268)	48,3 (<LQ - 340)	(WAGENER; FARIAS; MOLINA; SCOFIELD, 2017)
Bacia de Campos (RJ): PCR- BC/Habitats – Período Seco	140	1,54 (0,02– 35,3)	4,18 (0,39–42,5)	0,43 (0,01-12,7)	3,43 (0,55 - 316)	17,0 (0,13–382)	37,7 (0,33–599)	20,3 (<LQ - 380)	(WAGENER; FARIAS; MOLINA; SCOFIELD, 2017)
Bacia de Campos (RJ): Projeto Águas Profundas I - Região Norte - Região Sul	43	2,46 5,63 (0,85–14,1)	1,15 3,46 (0,01–11,7)	0,82 1,10 (0,38– 1,80)	–	8,5 14,5 (<1,0–693)	10,0 63,2 (<1–947)	–	(WAGENER, A. L. R.; CARREIRA, R. S.; HAMACHER, C.; SCOFIELD, A. L. <i>et al.</i> , 2005)
Bacia de Campos (RJ): Projeto Águas Profundas II - Região Norte - Região Sul	44	2,89 5,24 (0,62–15,0)	1,80 3,71 (nd– 12,0)	0,74 0,87 (0,39– 1,80)	–	8,3 13,0 (2,70–99,4)	27,9 39,3 (13,5–298)	–	(WAGENER, A. L. R.; CARREIRA, R. S.; HAMACHER, C.; SCOFIELD, A. L. <i>et al.</i> , 2005)
Bacia Potiguar (RN)	410	0,55 (<0,01–11,8)	0,17 (<0,01–10)	0,16 (<0,01– 2,90)	–	0,1 (<0,5– 474)	–	–	(WAGENER; CARREIRA; HAMACHER; SCOFIELD <i>et al.</i> , 2006)
Bacia do Ceará (RN)	171	0,41 (<0,01–1,64)	0,21 (<0,01–21)	1,06 (<0,01–22,7)	–	1,5 (< 0,3–228)	1,5 (<0,3–231)	–	(WAGENER, A. D. L. R.; CARREIRA, R. S.; HAMACHER, C.; SCOFIELD, A. D. L. <i>et al.</i> , 2005)

Tabela IV.12.4.1-2 – Valores de HPAs do PMAR-BC (mediana e faixa até 0,95 percentil) e comparação com valores de background para Europa (PÉREZ-FERNÁNDEZ; VIÑAS; BARGIELA, 2019), diretrizes canadenses (TEL e PEL) e brasileira (CONAMA)

HPAs	PMAR-BC ¹ & 1 ^a camp.	Background Costa Espanha ¹	Background OSPAR ²	Background MEDPOL ¹	TEL Canadá ^{1,*}	PEL ¹ Canadá	CONAMA ¹ n.454 (nível 1)
Parentais							
Naftaleno	<LQ (<LQ–6,77)	2,81	5	–	34,6	391	160
Acenafteno	<LQ (<LQ–1,20)	0,29	–	–	6,71	88,9	44,0
Acenaftileno	<LQ (<LQ–3,02)	0,35	–	–	5,87	128	16,0
Fluoreno	<LQ (<LQ–1,25)	1,47	–	–	21,2	144	19,0
Dibenzotiofeno	<LQ (<LQ–<LQ)	0,96	0,6	–	–	–	–
Fenantreno	<LQ (<LQ–1,22)	4,55	17	4,55	86,7	544	240
Antraceno	<LQ (<LQ–0,70)	1,20	3	0,80	46,9	245	85,3
Fluoranteno	<LQ (<LQ–0,59)	4,62	20	5,60	113	1494	600
Pireno	<LQ (<LQ–0,83)	4,23	13	10,3	–	–	665
Benzo(a)antraceno	<LQ (<LQ–0,70)	2,01	9	3,45	74,8	693	74,8
Criseno	<LQ (<LQ–1,95)	–	–	–	108	846	108
Benzo(b)fluoranteno	<LQ (<LQ–1,20)	5,44	–	–	–	–	–
Benzo(k)fluoranteno	<LQ (<LQ–1,20)	2,76	–	–	–	–	–
Benzo(a)pireno	<LQ (<LQ–1,68)	2,47	15	2,55	88,8	763	88,8
Indeno(1,2,3-cd)pireno	<LQ (<LQ–0,33)	2,26	50	1,70	–	–	–
Dibenzo(a,h)antraceno	<LQ (<LQ–0,79)	1,04	–	–	6,22	135	6,20
Benzo(g,h,i)perileno	<LQ (<LQ–1,77)	2,61	45	1,25	–	–	–
Grupos alquilados							
C1-N	<LQ (<LQ–0,46)	5,20	3,4	–	–	–	–
C2-N	<LQ (<LQ–0,44)	7,54	9,2	–	–	–	–
C3-N	<LQ (<LQ–1,16)	3,51	5,3	–	–	–	–
C1-Fen	<LQ (<LQ–0,90)	6,54	5,1	–	–	–	–
C2-Fen	<LQ (<LQ–1,08)	10,4	4,2	–	–	–	–
C3-Fen	<LQ (<LQ–0,68)	13,9	2,9	–	–	–	–
C1-DBT	<LQ (<LQ–0,40)	3,58	1,4	–	–	–	–
C2-DBT	<LQ (<LQ–0,49)	12,0	1,1	–	–	–	–
C3-DBT	<LQ (<LQ–<LQ)	5,10	0,9	–	–	–	–
C1-Flu/Pir	<LQ (<LQ–0,67)	6,88	2,7	–	–	–	–
C1-BaA/Cri	<LQ (<LQ–0,80)	5,13	2,3	–	–	–	–
C2-BaA/Cri	<LQ (<LQ–0,48)	11,8	1,1	–	–	–	–

¹ µg/kg peso seco ; ² µg/kg peso seco normalizado para TOC = 2,5%–

& LQ (limite de quantificação) varia entre 0,001 e 0,003 µg/kg

* SQG Canadá = critério qualidade sedimentos marinhos adotado no Canadá (CCME - Canadian Council of Ministers of the Environment | Le Conseil canadien des ministres de l'environnement (ccme.ca), acesso em 10/maio/2021

IV.12.4.2 – Distribuição e origem de hidrocarbonetos

As análises estatísticas exploratórias e inferenciais permitiram comparar hidrocarbonetos (HPAs, ATs, MNCR e HTP) e biomarcadores nos sedimentos dos diversos polígonos definidos para o PMAR-BC com um enfoque puramente quantitativo, ou seja, com base apenas nas concentrações totais dos compostos nas classes de poliaromáticos e alifáticos. Os resultados detalhados dessas análises foram apresentados no item IV.12.3.5, e pode-se observar que entre províncias (plataforma, talude e cânions), fácies sedimentares (areia, carbonato e lama) e áreas (norte, central e sul) há um grande mosaico de resultados, mas na maioria dos casos há mais diferença do que semelhança entre os polígonos comparados par a par sobre a plataforma ou sobre talude/cânions.

De forma complementar, utilizamos também os resultados de HPAs e *n*-alcanos individuais para o sedimento, buscando um enfoque qualitativo sobre as origens petrogênicas, pirolíticas ou biogênicas dos hidrocarbonetos. O intuito foi descobrir se os polígonos também poderiam ser diferenciados em termos de fontes de hidrocarbonetos na região estudada. A análise de agrupamento, realizada com dados normalizados (*z-score*, item IV.12.2.3), permitiu identificar três grandes grupos de estações com diferenças sutis de composição de HPAs e *n*-alcanos (Figura IV.12.4.2-1):

- Grupo A: amostras com perfil de HPAs leves (naftaleno e C1-C3-N), acenaftileno, acenafteno e fluoreno; um outro conjunto é formado pelos compostos mais pesados (IPi, DBahA e BghiPe). Em todos os casos, os compostos estão em concentrações baixas (0-2 ng g⁻¹; Figura IV.12.4.2-2). A distribuição de *n*-alcanos é irregular, com alguns compostos (e.g., *n*-C₁₂, *n*-C₁₇ e *n*-C₃₄) mais abundantes (Figura IV.12.4.2-2).
- Grupo B: HPAs fortemente marcados por naftaleno e C1-N em concentrações relativamente mais altas (≈5-20 ng g⁻¹) e diversos outros HPAs em níveis próximos ou inferiores a 1 ng g⁻¹ (Figura IV.12.4.2-2). Os *n*-alcanos têm uma distribuição com maior frequência para <*n*-C₁₇ e outra entre *n*-C₂₀ e *n*-C₃₀, mas a partir de *n*-C₃₀

(triacontano) as concentrações caem significativamente (Figura IV.12.4.2-2).

- Grupo C: observa-se que naftalenos ainda são os principais, com uma rampa decrescente C0-C1-C2-C4-naftalenos (perfil pirolítico), que também é observada nas séries alquiladas no Fen, Pi e Cri, exceto para DBT (Figura IV.12.4.2-2), mas também se observam HPAs na faixa de 4-6 anéis. Os perfis de HPAs nos grupos A e B são inconclusivos em relação à fonte, mas no grupo C os sinais apontam mistura de fontes petrogênicas e pirolíticas no sedimento (BOEHM; PIETARI; COOK; SABA, 2018; WANG; FINGAS; PAGE, 1999). Os *n*-alcanos nesse grupo têm um perfil muito confuso, sendo que a presença, por exemplo, de *n*-C₂₁ e *n*-C₃₂ “isolados”, ou seja, sem uma série homóloga de cadeias carbônicas, não é condizente com fontes biogênicas nem petrogênicas desses compostos (READMAN; FILLMANN; TOLOSA; BARTOCCI *et al.*, 2002), e parecem refletir ou mistura de fontes ou efeito de biodegradação.

Como base na descrição qualitativa de hidrocarbonetos nos três grupos descritos acima, é interessante observar a alocação das amostras do PMAR-BC em cada grupo (Tabela IV.12.4.2-1). A maior quantidade (232 de 306, ou 76% do total) de amostras é alocada no grupo B, que é influenciado pelo naftaleno e seus homólogos alquilados. A presença mais significativa desses HPAs voláteis em relação aos demais compostos com 4-6 anéis (Figura IV.12.4.2-2), mesmo após descontar o sinal (baixo) encontrado nos brancos de laboratório, sugere que pode haver alguma influência de deposição atmosférica de naftaleno durante o manuseio da amostra logo após a coleta e antes do seu congelamento. No entanto, os brancos de campo e de laboratório não foram estatisticamente diferentes entre si (teste *t*), o que não corrobora a hipótese de contaminação durante a coleta. É necessário avaliar os resultados da próxima coleta, para ver se essa tendência se confirma.

O grupo A é o segundo mais abundante (*n* = 47), com quase a metade de amostras de plataforma no centro. Isso é condizente com os testes estatísticos que indicaram que o sedimento na área central se diferencia das outras províncias na plataforma.

Por fim, há dois detaches no grupo C — o único com um sinal claro de acúmulo de hidrocarbonetos provenientes de mistura de fontes: (i) as concentrações de HPAs são as mais altas entre todas as amostras do PMAR-BC, e (ii) o grupo C é quase exclusivamente formado por amostras de plataforma da região sul. Os resultados das estatísticas exploratórias e inferenciais apontaram que a fácies lama na região sul é um local claro de acúmulo de compostos orgânicos, sejam naturais ou antrópicos (petrogênico ou pirolítico). O acúmulo de matéria orgânica nas lamas de plataforma próximas a Cabo Frio é um aspecto já apontados em diversos trabalhos (CORDEIRO; BELEM; BOULOUBASSI; RANGEL *et al.*, 2014; CORDEIRO; WAGENER; CARREIRA, 2018; YOSHINAGA; SUMIDA; WAKEHAM, 2008), e os dados do PMAR-BC de forma consistente mostram que isso também ocorre para hidrocarbonetos.

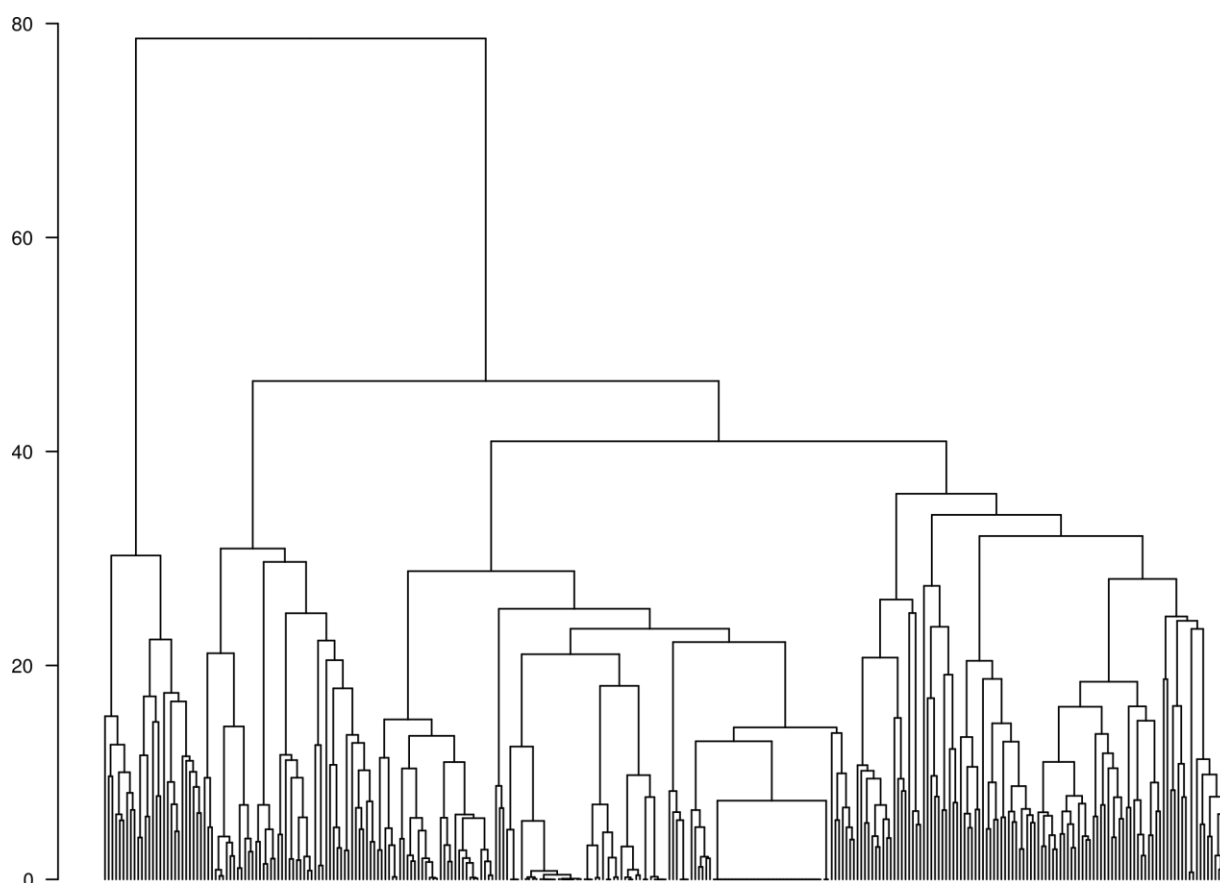


Figura IV.12.4.2-1 – Resultado da análise de agrupamento considerando as concentrações de alifáticos – *n*-alcanos individuais (*n*-C₁₀ a *n*-C₄₀), pristano e fitano – e HPAs individuais (parentais e alquilados) em todas as amostras de **sedimento** coletadas na campanha PMAR-BC01.

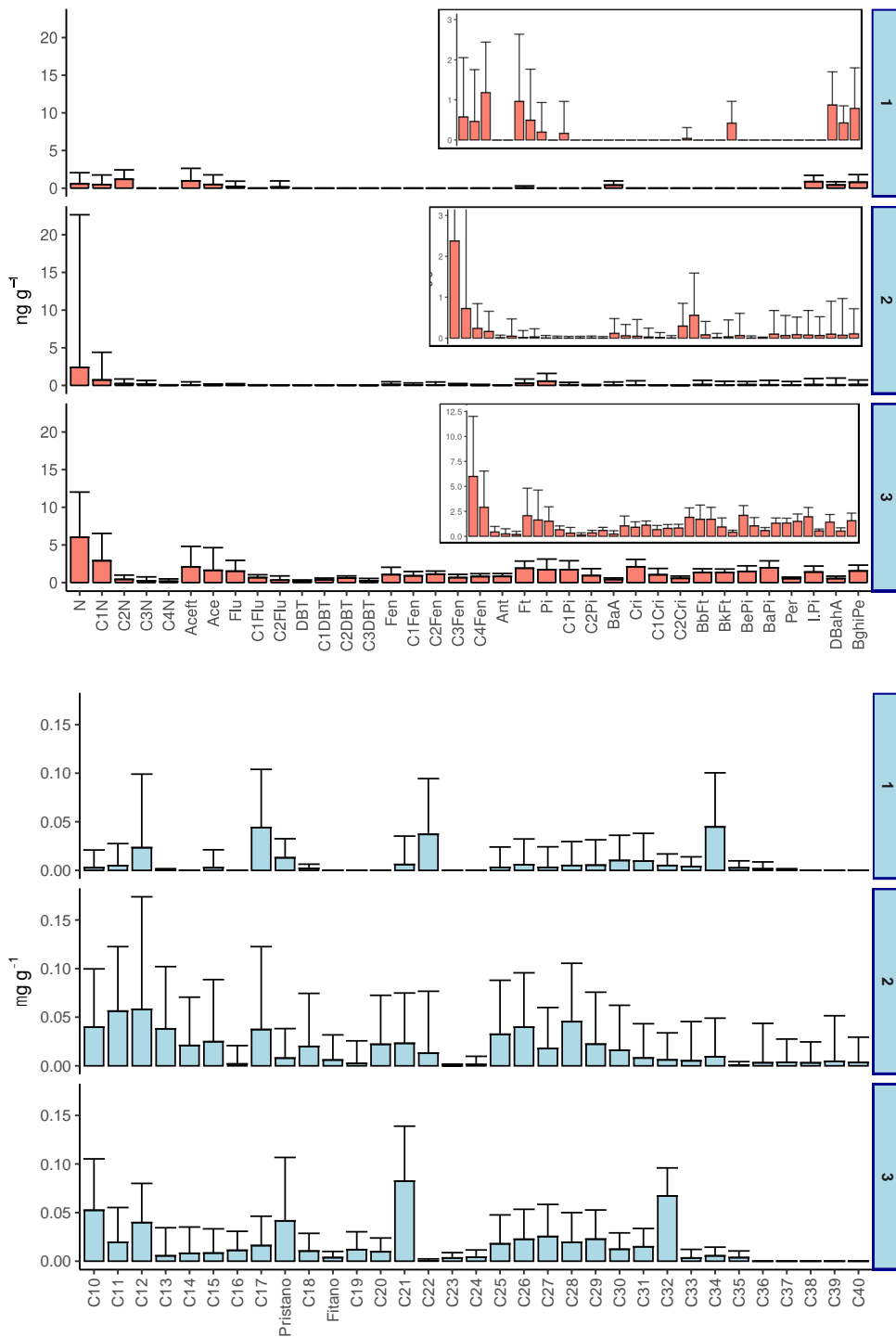


Figura IV.12.4.2-2 – Perfis de distribuição de HPAs individuais (a) e de n-alcenos e isoprenóides (b) com os 3 grupos definidos na análise de agrupamento considerando as concentrações individuais de hidrocarbonetos em todas as amostras de sedimento do PMAR-BC/campanha 1 (ver Figura IV.12.4.2–1).

Tabela IV.12.4.2-1 – Contagem das observações obtidas pela análise de agrupamento apresentada na Figura IV.12.4.2-1

Áreas	Grupo A (n=47)			Grupo B (n=232)			Grupo C (n=27)		
Norte		Cânion	16		Cânion	8		Cânion	0
	16	Plataforma	0	86	Plataforma	28	0	Plataforma	0
		Talude	0		Talude	50		Talude	0
Centro	22	Plataforma	21	57	Plataforma	9	1	Plataforma	0
		Talude	1		Talude	48		Talude	1
Sul		Cânion	1		Cânion	23		Cânion	0
	9	Plataforma	8	89	Plataforma	16	26	Plataforma	26
		Talude	0		Talude	50		Talude	0
Σ 37 HPAs ng g ⁻¹	6,59 ± 7,22 - $\bar{x} \pm s$ 4,99 (0,38-38,5) – mediana e range			5,62 ± 25,78 - $\bar{x} \pm s$ 0,34 (<LQ-311) – mediana e range			43,2 ± 21,1 - $\bar{x} \pm s$ 41,3 (11,3-92,1) – mediana e range		
Σ Alcanos µg g ⁻¹	0,24 ± 0,38 - $\bar{x} \pm s$ 0,14 (<LQ-2,01) – mediana e range			0,59 ± 0,61 - $\bar{x} \pm s$ 0,45 (<LQ-3,43) – mediana e range			0,54 ± 0,45 - $\bar{x} \pm s$ 0,53 (<LQ-2,01) – mediana e range		

IV.12.4.3 – Distribuição e origem de biomarcadores

Os biomarcadores, ou marcadores moleculares de petróleo, tais como hopanos e esteranos, são compostos orgânicos encontrados em sedimentos, rochas sedimentares e petróleos. São formados a partir de moléculas biológicas presentes nas membranas celulares de algas e bactérias procariontes (KILLOPS; KILLOPS, 2005). Estas moléculas de origem biológicas são portadoras de alta estabilidade química e estrutural, sofrem pequenas transformações durante os processos de evolução da matéria orgânica sedimentar, diagênese, catagênese e maturação (KILLOPS; KILLOPS, 2005). Estas modificações geralmente envolvem perda de funcionalidade, eliminação de ramificações alquílicas e conversões estereoquímicas. Após este processo gera a formação de famílias de compostos, como a dos hopanos e esteranos.

Estes compostos são utilizados, entre as diversas aplicações, para se obter informações sobre a matéria orgânica geradora do petróleo, seu grau de maturação e/ou nível de biodegradação, normalmente através de razões entre conjuntos específicos de compostos (PETERS; MOLDOWAN, 1993). Os biomarcadores são utilizados na caracterização da qualidade da matéria orgânica presente na rocha-geradora, das condições do ambiente deposicional e da temperatura de geração

do petróleo, fornecendo informações importantes para o estabelecimento de correlações do tipo óleo-óleo e óleo-rocha geradora (PETERS; MOLDOWAN, 1993; TISSOT; WELTE, 1984).

As várias razões entre biomarcadores, quando utilizadas com viés ambiental, buscam caracterizar a origem da fonte petrogênica no ambiente em avaliação. Nos sedimentos estudados, os índices escolhidos entre biomarcadores selecionados não permitiram segregar as amostras em diferentes grupos (Figura IV.12.4.3-1). Desta forma, as indicações sobre a variação de concentração de biomarcadores em relação a profundidade e granulometria, discutidas no item IV.12.3.6-2, não podem ser atribuídas de forma categórica a mais de uma fonte/aporte de petróleo, e parecem refletir de forma consistente a influência de fatores naturais sobre a distribuição desses compostos.

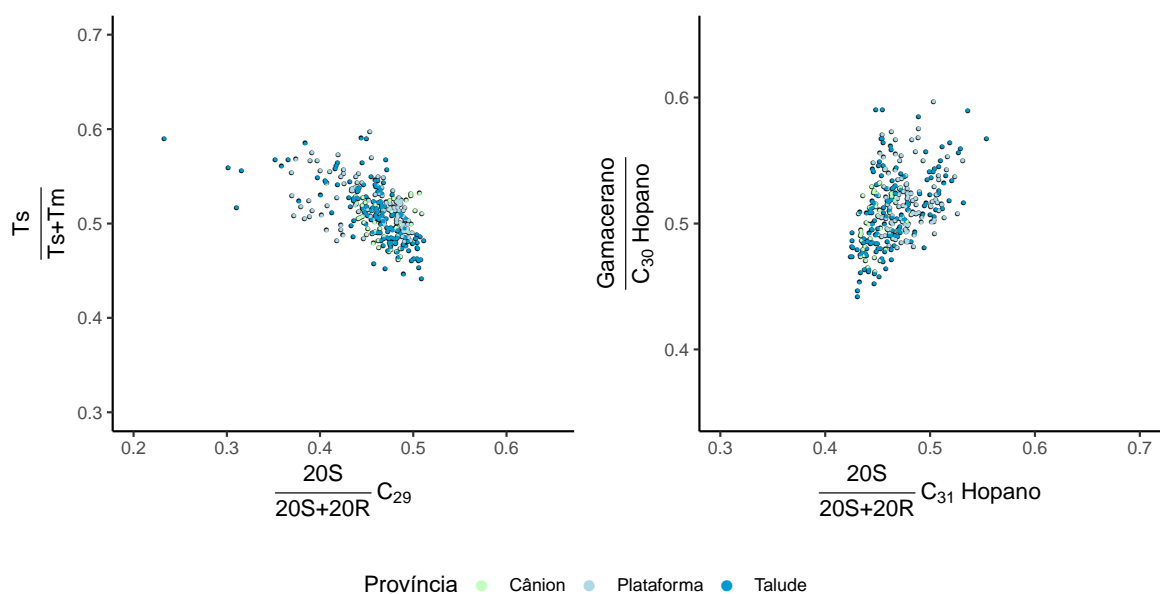


Figura IV.12.4.3-1 – Razões de biomarcadores para caracterização da origem petrogênica dos hidrocarbonetos.

Assim, os dados de biomarcadores confirmam a presença de hidrocarbonetos de origem petrogênica nos sedimentos estudados, caracterizando um aporte comum destes compostos na Bacia de Campos. Como citado anteriormente, os precursores biológicos destes compostos sofreram transformações durante os processos de diagênese, catagênese e maturação da matéria orgânica sedimentar e, portanto, quando encontrados no ambiente, caracterizam aporte petrogênico.

Os biomarcadores, entretanto, não são indicadores quantitativos de contaminação (PETERS; MOLDOWAN, 1993). A sua concentração deve ser avaliada em conjunto com outros indicadores discutidos no presente relatório, como HPAs e alifáticos. No presente estudo, as análises estatísticas exploratórias e inferenciais demonstraram claramente que a distribuição de biomarcadores tem forte influência da profundidade e, portanto, da granulometria. Já os HPAs e alifáticos na campanha 1 do PMAR-BC, embora também influenciados pela granulometria, apresentam um padrão mais complexo de distribuição devido à existência de múltiplas fontes de hidrocarbonetos para a região (como discutido em IV.12.4.2).

IV.12.4.4 – Comparação PMAR-BC e PCR-BC

É interesse observar a correlação de hidrocarbonetos e biomarcadores das amostras combinadas de PMAR-BC e PCR-BC entre si e com as variáveis abióticas de caracterização do ambiente sedimentar — granulometria (carbonato, cascalho, areia e lama), carbono orgânico e nitrogênio total (Figura IV.12.4.4-1). As variáveis entre HPAs ($\Sigma 16$ e $\Sigma 37$), AT, MCNR e HTP não se correlacionam entre si e nem com granulometria ou teor de C ou N. Já os hopanos e esteranos têm correlação positiva com teor de lama, C e N, e negativa com frações mais grossas do sedimento (carbonato, cascalho e, principalmente, areia), o que sugere que os processos naturais que levam à maior acúmulo de materiais (i.e., sedimentos mais finos com maior teor de matéria orgânica). Além disso, interessante observar a total falta de correlação entre os biomarcadores e os parâmetros hidrocarbonetos que são indicadores de contaminação, sugerindo uma distribuição natural de biomarcadores.

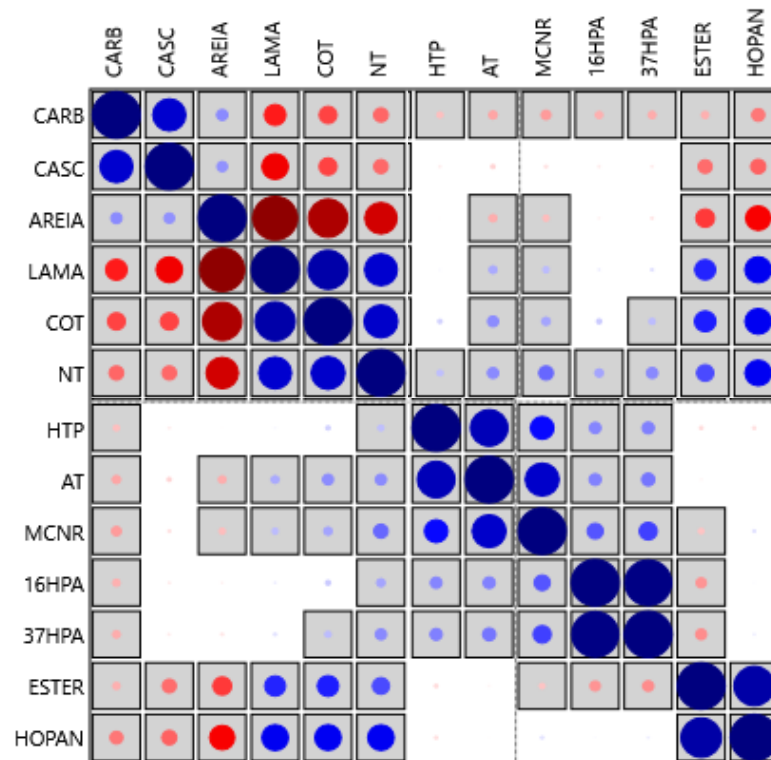


Figura IV.12.4.4-1 – Análise exploratória multivariada por correlação (Pearson) de hidrocarbonetos, biomarcadores e variáveis de granulometria e composição elementar, do conjunto de amostras de sedimento de PMAR-BC (1ª coleta) e PCR-BC (período chuvoso).

IV.12.4.4.1 – Hidrocarbonetos

As análises estatísticas exploratória e inferencial com os dados de hidrocarbonetos (HPAs, AT, MCNR, alcanos e THP) e de biomarcadores (hopanos e esteranos) ressaltaram a dificuldade em comparar dados de dois projetos distintos e que utilizaram malhas amostrais distintas, tanto em relação à cobertura espacial quanto o número de estações em cada um dos polígonos definidos para análise e comparação (capítulo III, item III.3.2 – MÉTODO DE TRATAMENTO DE DADOS).

Em adição às dificuldades ‘de contorno’, ou seja, comparar conjunto de dados com desenhos amostrais desiguais, os resultados da análise exploratória multivariada de correlação, considerando hidrocarbonetos, biomarcadores, granulometria, C e N dos dois projetos, se mostrou também complexa: nenhuma das variáveis entre hidrocarbonetos ($\Sigma 16\text{HPAs}$, $\Sigma 37\text{HPAs}$, ATs, MCNR e HTP)

tiveram correlação entre si ou com os parâmetros abióticos de caracterização sedimentar, ao contrário dos biomarcadores (Figura IV.12.3.6-1). Além disso, as análises inferenciais mostraram que semelhanças ou dissimilaridades entre os polígonos em relação às hipóteses definidas com base no trinômio província \times região \times fácies sedimentar são, de certa forma, aleatórias. Devido a esses fatores, a análise sobre alterações nos níveis de hidrocarbonetos e mudanças nos fatores naturais (predominantes) e antrópicos sobre o acúmulo desses compostos no sedimento entre as duas campanhas é limitada.

Por fim, ressalta-se que o queda observada nas concentrações de HPAs nos sedimentos do PMAR-BC em relação aos do PCR-BC, como já discutidos anteriormente (IV.12.4.1), podem ser decorrentes das diferenças das malhas amostrais escolhidas para comparação. Será importante observar os resultados de HPAs na segunda coleta para checar se há alguma tendência na evolução dos HPAs nos sedimentos do PMAR-BC.

IV.12.4.4.2 – Biomarcadores

Da mesma maneira como encontrados nas amostras de sedimentos da plataforma e talude da Bacia de Campos pelo projeto PCR-BC/Habitats (WAGENER; FARIAS; MOLINA; SCOFIELD, 2017), os hopanos e esteranos foram também encontrados em todas as amostras do PMAR-BC. As concentrações médias observadas no PMAR-BC (127 ng g^{-1}) foram mais elevadas do que as observadas no PCR-BC (20,3 a $48,3 \text{ ng g}^{-1}$). Os níveis encontrados, são relativamente baixos, porém a origem petrogênica é incontestável, apesar do cunho semi-quantitativo das análises de biomarcadores (PETERS; MOLDOWAN, 1993).

Existe grande semelhança entre o PMAR-BC e o PCR-BC com relação à distribuição dos hopanos. A série homóloga de hopanos maturados, $17\alpha\text{H}, 21\beta\text{H}$ (R e S) estendida de 31 a 35 átomos de carbono, identificada em praticamente todas as amostras, de ambos projetos, é uma das principais características que atestam a presença de material petrogênico. Estão presentes também os norhopanos, 25,28,30-trisnorhopano e 28,30-bisnorhopano, e o $17\beta\text{(H)}, 21\beta\text{(H)}, 22\text{R}$ -Homohopano, que caracteriza um aporte parcial de natureza diagenética.

A Figura IV.12.4.4-2 e Figura IV.12.4.4-3 mostram, respectivamente, um trecho do cromatograma de íon ($m/z191$) característico dos hopanos, de uma amostra do PMAR-BC e outra do PCR-BC, ilustrando a presença do $17\beta(H),21\beta(H),22R$ -Homohopano, que elui antes do par de isômeros $22S$ e R do Trishomohopano (C33).

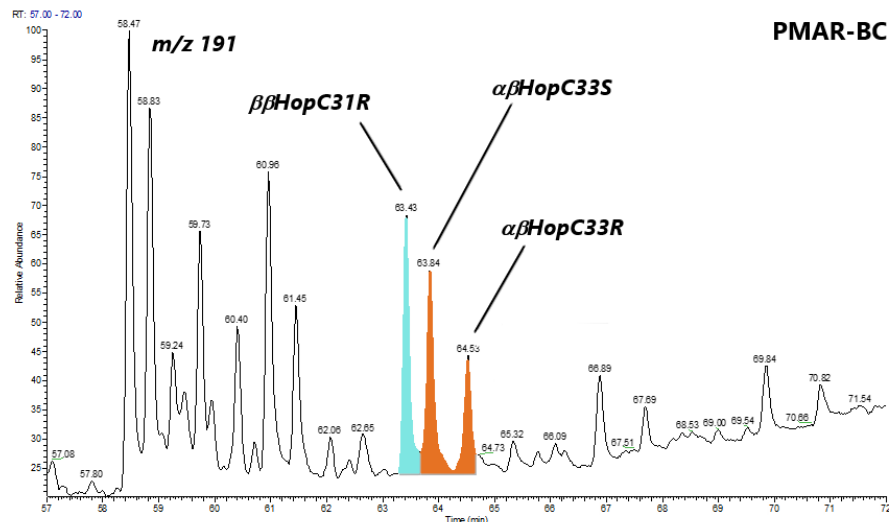


Figura IV.12.4.4-2 – Trecho do cromatograma de íon ($m/z191$), característico dos hopanos, de uma amostra do PMAR-BC.

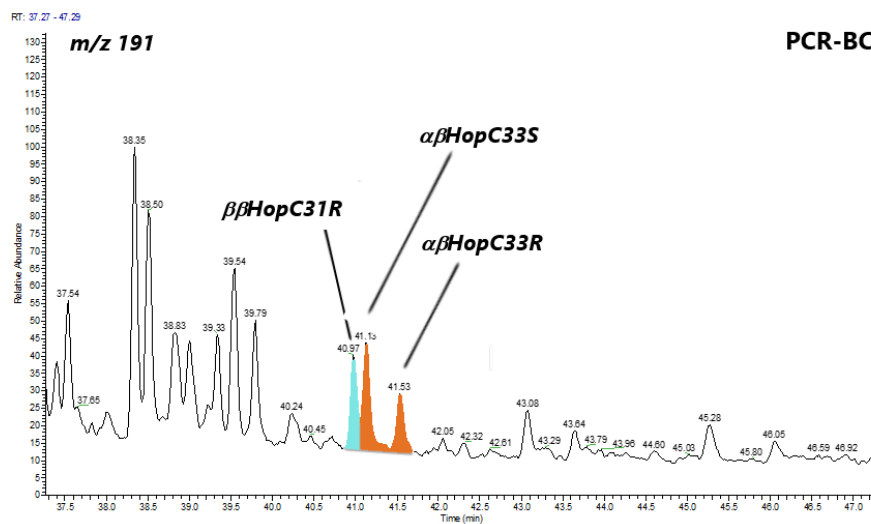


Figura IV.12.4.4-3 – Trecho do cromatograma de íon ($m/z191$), característico dos hopanos, de uma amostra do PCR-BC.

A Figura IV.12.4.4-4 ilustra bem a semelhança entre os perfis de hopanos observados no PMAR-BC e no PCR-BC. Apesar das análises terem sido realizadas em equipamentos diferentes, com colunas e condições de análise também diferentes, verifica-se que a distribuição dos compostos é muito semelhante.

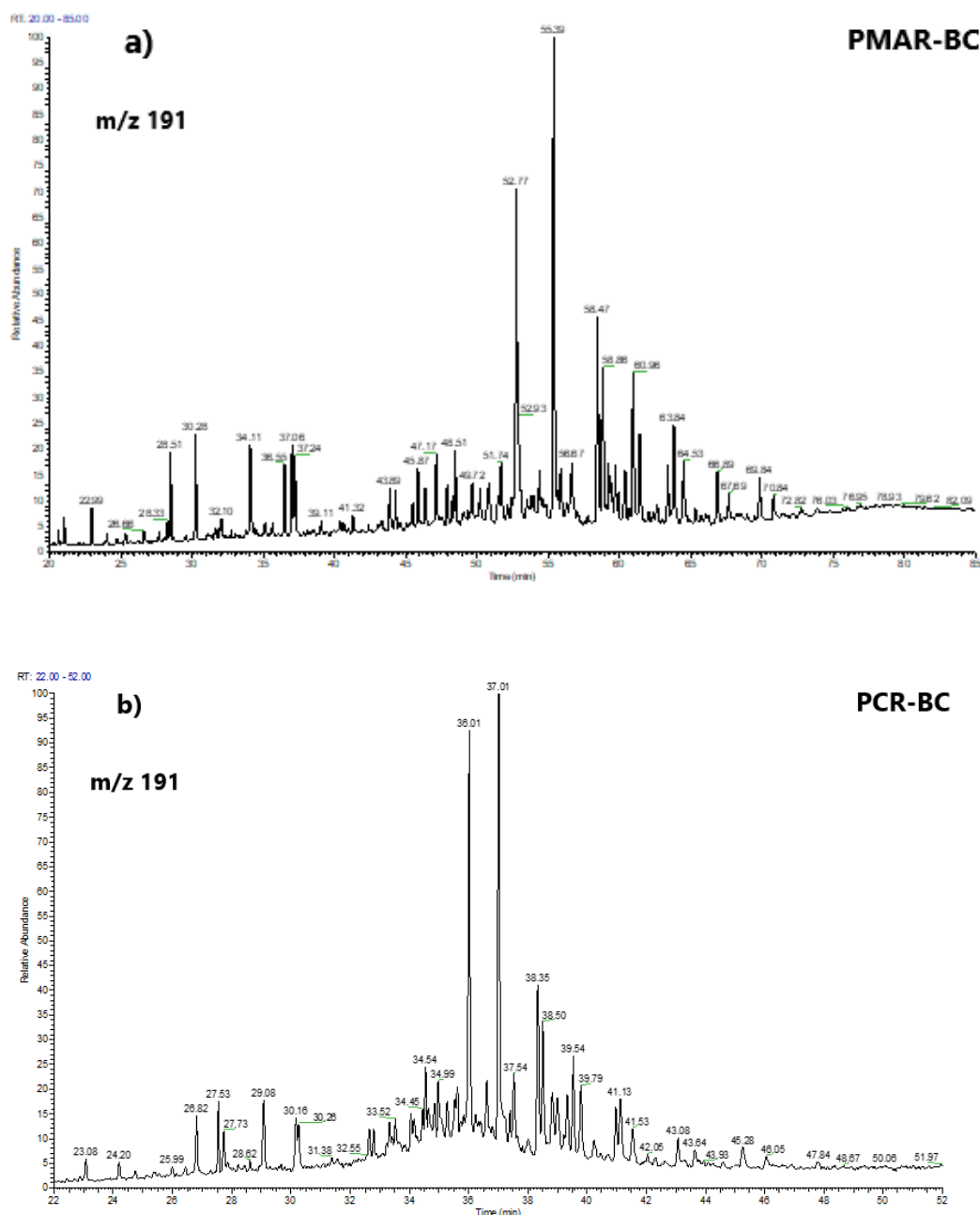


Figura IV.12.4.4-4 – Perfis de hopanos observados no (a) PMAR-BC e no (b) PCR-BC.

IV.12.5 – CONCLUSÕES

Os resultados obtidos de um conjunto amplo de hidrocarbonetos poliaromáticos e alifáticos de sedimentos superficiais foram considerados para avaliar, em primeiro lugar, sinais de efeitos antrópicos sobre a qualidade sedimentar e, em complemento, avaliar a origem desses compostos na Bacia de Campos.

Um diferencial importante no desenho amostral do PMAR-BC foi o número de amostras nos diversos polígonos definidos por províncias (plataforma, talude, cânions), áreas (norte, centro e sul), fácies sedimentares (lama, areia e cascalho) e isóbatas (100, 400 e 700 m) na bacia. Com isso, houve mais representatividade espacial nos dados de hidrocarbonetos, ao contrário de coletas pontuais (mesmo com amostragem em triplicata em cada ponto) em estações muito espalhadas, que é a abordagem tradicional.

Em relação aos policíclicos aromáticos, a mediana global de $\Sigma 37\text{HPAs}$ ($1,13 \text{ ng g}^{-1}$) foi bem inferior ao observado no PCR-BC (medianas em torno de 30 ng g^{-1} ; Tabela IV.12.4.1-1), o que pode ser atribuído às diferenças nas malhas de amostragem entre os projetos. De qualquer forma, os níveis de HPAs no sedimento PMAR-BC é muito inferior aos critérios de qualidade do sedimento adotados no Brasil e no exterior e são, inclusive, comparáveis a valores de referência propostos para sedimentos na margem continental europeia. No caso da Bacia de Campos, o histórico de atividades na região não permite falar em valores de ‘referência’, mas certamente as concentrações de HPAs tóxicos presentes no sedimento não aparenta ser uma questão ambiental que cause preocupação no cenário atual segundo os critérios escolhidos.

Os hidrocarbonetos alifáticos e o THP — por serem menos tóxicos que os HPAs— são menos relevantes em relação à qualidade sedimentar. Os níveis desses dois parâmetros ($\text{ATs} = 1,06 \mu\text{g g}^{-1}$ e $\text{HTP} = 3,39 \mu\text{g g}^{-1}$) nos sedimentos do PMAR-BC também são comparáveis aos observados em sedimento oceânicos não contaminados, e não há nenhum sinal de alteração significativa nos seus níveis naturais.

Os biomarcadores de petróleo tiveram uma distribuição marcada por fatores naturais (i.e., granulometria), e não agregaram informação adicional como indicadores de qualidade ambiental. Esse comportamento era esperado, visto as

baixas concentrações gerais de hidrocarbonetos nos sedimentos do PMAR-BC. Apenas em caso expressivo de contaminação o uso dos biomarcadores poderá ser uma ferramenta complementar para caracterizar aportes de hidrocarbonetos antrópicos para o sedimento.

A despeito das baixas concentrações e das múltiplas fontes possíveis de aporte —petrogênica, pirolítica e natural —, a distribuição dos hidrocarbonetos entre os polígonos já mencionados tem as seguintes características: (i) sobre a plataforma, destaque para a região sul sobre a plataforma, com todas as fácies (lama, areia e carbonato) estatisticamente distintas em comparação com as fácies correspondentes na região norte e central — sendo que, no sul, a lama sobre a plataforma é o tipo de sedimento que mais acumula HPAs e alifáticos; (ii) no talude, a isóbata de 400 m na região central apresenta as maiores concentrações de HPAs, e diferencia esse grupo dos correspondentes no sul e no norte; (iii) a comparação entre cânions e taludes revelou que todos os polígonos são distintos entre si. Portanto, na grande maioria das comparações efetuadas, a hipótese nula (não há diferença significativa entre dois conjuntos de amostras) não foi válida.

Por fim, a comparação de hidrocarbonetos e biomarcadores de petróleo entre PMAR-BC e PCR-BC se mostrou um exercício complexo, devido à grande variação em fatores intrínsecos (e.g., múltiplas fontes de hidrocarbonetos, heterogeneidade do sedimento) e as diferenças no desenho amostral. Pelos testes realizados, não há evidência de diferença estatística significativa, na quase totalidade das comparações efetuadas, na distribuição de hidrocarbonetos e biomarcadores entre os projetos PMAR-BC e PCR-BC. Dessa forma, a continuidade do monitoramento, através da segunda campanha do projeto, permitirá confirmar ou rejeitar as indicações observadas no presente relatório e, assim, consolidar o conhecimento sobre as características naturais e as influências antrópicas nas áreas selecionadas pelo PMAR-BC na Bacia de Campos.

IV.12.6 - REFERÊNCIAS

- ABOUL-KASSIM, T. A. T.; SIMONEITT, B. R. T. Petroleum hydrocarbon fingerprinting and sediment transport assessed by molecular biomarker and multivariate statistical analyses in the eastern harbour of Alexandria , Egypt. **Marine Pollution Bulletin**, 30, n. 1, p. 63-73, 1995.
- BOEHM, P. D.; PIETARI, J.; COOK, L. L.; SABA, T. Improving rigor in polycyclic aromatic hydrocarbon source fingerprinting. **Environmental Forensics**, 19, n. 3, p. 172-184, 2018/07/03 2018.
- BOULOUBASSI, I.; SALIOT, A. Investigation of anthropogenic and natural organic inputs in estuarine sediments using hydrocarbon markers (NAH, LAB, PAH). **Oceanologica Acta**, 16, n. 2, p. 145-161, 1993.
- COLOMBO, J. C.; BARREDA, A.; BILOS, C.; CAPPELLETTI, N. et al. Oil Spill in the Río de la Plata estuary, Argentina: 1.biogeochemical assessment of waters, sediments, soils and biota. **Environmental Pollution**, 134, p. 277-289, 2005.
- CORDEIRO, L. G. M. S.; BELEM, A. L.; BOULOUBASSI, I.; RANGEL, B. et al. Reconstruction of southwestern Atlantic sea surface temperatures during the last Century: Cabo Frio continental shelf (Brazil). **Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology**, 415, n. 0, p. 225-232, 12/1/ 2014.
- CORDEIRO, L. G. M. S.; WAGENER, A. L. R.; CARREIRA, R. S. Organic matter in sediments of a tropical and upwelling influenced region of the Brazilian continental margin (Campos Basin, Rio de Janeiro). **Organic Geochemistry**, 120, p. 86-98, 2018/06/01/ 2018.
- DANFORTH, C.; CHIU, W. A.; RUSYN, I.; SCHULTZ, K. et al. An integrative method for identification and prioritization of constituents of concern in produced water from onshore oil and gas extraction. **Environment International**, 134, p. 105280, 2020/01/01/ 2020.
- GESAMP. **Estimates of oil entering the marine environment from sea-based activities**. p. 96 pp. 2017.
- GOHLKE, J. M.; DOKE, D.; TIPRE, M.; LEADER, M. et al. A Review of Seafood Safety after the Deepwater Horizon Blowout. **Environmental Health Perspectives**, 119, n. 8, p. 1062-1069, 2011.

- KALF, D. F.; CROMMENTUIJN, T.; PLASSCHE, E. J. V. D. Environmental Quality Objectives for 10 Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (PAHs). **Ecotoxicology and Environmental Safety**, 36, p. 89-97, 1997.
- KILLOPS, S. D.; KILLOPS, V. J. **An introduction to organic geochemistry**. 2a edição ed. Blackwell Publishing, 2005. 406 p.
- LAW, R. J.; DAWES, V. J.; WOODHEAD, R. J.; MATTHIESSEN, P. Polycyclic aromatic hydrocarbons (PAH) in seawater around England and Wales. **Marine Pollution Bulletin**, 34, n. 5, p. 306-322, 1997.
- LIPIATOU, E.; SALIOT, A. Hydrocarbon contamination of the Rhone delta and western Mediterranean. **Marine Pollution Bulletin**, 22, p. 43-54, 1991.
- LOURENÇO, R. A.; ARAUJO JÚNIOR, M. A. G.; MEIRELES JÚNIOR, R. O.; MACENA, L. F. et al. Aliphatic and polycyclic aromatic hydrocarbons and trace elements as indicators of contamination status near oil and gas platforms in the Sergipe–Alagoas Basin (Southwest Atlantic Ocean). **Continental Shelf Research**, 71, p. 37-44, 12/1/ 2013.
- NRC. **Oil in the Sea - inputs, fates and effects**. 2 ed. Washington: National Academy Press, 2003. 265 p. 0-309-03479-5.
- PATIN, S. **Environmental impact of the offshore oil and gas industry**. Tradução CASCIO, E. New York: EcoMonitor Publishing, 1999. 425 p.
- PÉREZ-FERNÁNDEZ, B.; VIÑAS, L.; BARGIELA, J. New values to assess polycyclic aromatic hydrocarbons pollution: Proposed background concentrations in marine sediment cores from the Atlantic Spanish Coast. **Ecological Indicators**, 101, p. 702-709, 2019/06/01/ 2019.
- PETERS, K. E.; MOLDOWAN, J. M. **The biomarker guide: interpreting molecular fossils in petroleum and ancient sediments**. New Jersey: Prentice-Hall, Inc., 1993. 0-13-086752-7.
- PETERS, K. E.; WALTERS, C. C.; MOLDOWAN, J. M. **The biomarker guide. Biomarkers and isotopes in the environment and human history**. Cambridge University Press, 2005. 471 p.
- READMAN, J. W.; FILLMANN, G.; TOLOSA, I.; BARTOCCI, J. et al. Petroleum and PAH contamination of the Black Sea. **Marine Pollution Bulletin**, 44, n. 1, p. 48-62, 2002/1 2002.

- READMAN, J. W.; MANTOURA, R. F. C.; LLEWELLYN, C. A.; PRESTON, M. R. et al. The use of pollutant and biogenic markers as source discriminants of organic inputs to estuarine sediments. **International Journal of Environmental Analytical Chemistry**, 27, p. 29-54, 1986.
- TISSOT, B. P.; WELTE, D. H. **Petroleum formation and occurrence**. 2a. ed. Springer-Verlag, 1984. 649 p.
- TOLOSA, I.; DE MORA, S.; SHEIKHOESLAMI, M. R.; VILLENEUVE, J.-P. et al. Aliphatic and aromatic hydrocarbons in coastal Caspian Sea sediments. **Marine Pollution Bulletin**, 48, n. 1-2, p. 44-60, 2004/1 2004.
- VOLKMAN, J. K.; HOLDSWORTH, D. G.; NEIL, G. P.; BAVOR, J. R. Identification of natural anthropogenic and petroleum hydrocarbons in aquatic sediments. **Science of the Total Environment**, 112, p. 203-219, 1992.
- WAGENER, A. d. L. R.; CARREIRA, R. S.; HAMACHER, C.; SCOFIELD, A. d. L. et al. **Avaliação das condições físico-químicas do sedimento - Hidrocarbonetos. Relatório Integrador do Projeto de Monitoramento da Bacia do Ceará**. PETROBRAS. Rio de Janeiro, p. 64. 2005.
- WAGENER, A. D. L. R.; FALCÃO, A. P.; FARIAS, C. O.; MOLINA, F. F. et al. Distribution and source apportionment of hydrocarbons in sediments of oil-producing continental margin: a fuzzy logic approach. **Environmental Science and Pollution Research**, 26, n. 17, p. 17032-17044, 2019.
- WAGENER, A. L. R.; CARREIRA, R. S.; HAMACHER, C.; SCOFIELD, A. L. et al. **Hidrocarbonetos no sedimento. Em: Relatório Integrado do Programa de Monitoramento Ambiental da Bacia Potiguar**. PUC-Rio e UERJ. Rio de Janeiro, p. 94. 2006.
- WAGENER, A. L. R.; CARREIRA, R. S.; HAMACHER, C.; SCOFIELD, A. L. et al. **Avaliação das condições físico-químicas do sedimento - hidrocarbonetos. Em: Relatório Integrador do Projeto de Caracterização Ambiental das Águas Profundas na Bacia de Campos**. PUC-Rio e UERJ. Rio de Janeiro, p. 62. 2005.
- WAGENER, A. L. R.; FARIAS, C. O.; MOLINA, F. F.; SCOFIELD, A. L. Hidrocarbonetos em sedimentos da Bacia de Campos In: FALCÃO, A. P. C.; WAGENER, A. L. R., et al (Ed.). **Química Ambiental: caracterização**

ambiental regional da Bacia de Campos, Atlântico Sudoeste. Rio de Janeiro: Elsevier, 2017. v. 6, cap. 10, p. 277-312.

WAKEHAM, S. G. Aliphatic and polycyclic aromatic hydrocarbons in Black Sea sediments. **Marine Chemistry**, 53, p. 187-205, 1996.

WANG, X. C.; ZHANG, Y. X.; CHEN, R. F. Distribution and partitioning of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in different size fractions in sediments from Boston Harbor, United States. **Marine Pollution Bulletin**, 42, p. 1139-1149, 2001.

WANG, Z.; FINGAS, M.; PAGE, D. S. Oil spill identification. **Journal of Chromatography A**, 843, n. 1-2, p. 369-411, 1999.

WICKLIFFE, J. K.; SIMON-FRIEDT, B.; HOWARD, J. L.; FRAHM, E. et al. Consumption of Fish and Shrimp from Southeast Louisiana Poses No Unacceptable Lifetime Cancer Risks Attributable to High-Priority Polycyclic Aromatic Hydrocarbons. **Risk Analysis**, 38, n. 9, p. 1944-1961, 2018.

YOSHINAGA, M. Y.; SUMIDA, P. Y. G.; WAKEHAM, S. G. Lipid biomarkers in surface sediments from an unusual coastal upwelling area from the SW Atlantic Ocean. **Organic Geochemistry**, 39, n. 10, p. 1385-1399, 2008.

IV.12.7 – ANEXOS

Lista de Anexos:

ANEXO IV.12.7-1 – Cromatogramas e histogramas das amostras de sedimento.

IV.13 - MACROFAUNA BENTÔNICA

Coordenador

Jorge Matheus Vivan

Oceanógrafo, CTF n° 3292109 – Diretor da Astromar.

jmvivan@astromar.com.br

Equipe Astromar

Daniel Silvestri Buratto

Biólogo, Mestre em Ciência e Tecnologia Ambiental CTF n° 3292786 - Diretor.

danielburatto@astromar.com.br

Júlia Becker

Oceanógrafa, beckerjulia@hotmail.com

Juliana Martins de Freitas

Oceanógrafa, CTF n° 5149619 - Diretora.

julianafreitas@astromar.com.br

Equipe de taxonomistas

Crustacea – Jesser Fidelis de Souza-Filho – Museu de Oceanografia da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE).

Mollusca – Luiz Ricardo Lopes de Simone – Museu de Zoologia da Universidade de São Paulo (USP)

Polychaeta – Alexandra E. Rizzo – Instituto de Biologia da Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ)

RESUMO

Nesse relatório são apresentados os resultados da primeira campanha do Projeto de Monitoramento Ambiental Regional da Bacia de Campos (PMAR-BC).. Esse estudo teve por objetivo avaliar a composição e a estrutura da macrofauna bentônica, buscando a identificação de padrões ao longo dos gradientes espaciais de províncias, fasciológicos e batimétricos. Nas áreas rasas de plataforma (100 metros) foram coletadas amostras com área de 0,04 m² nos 10 primeiros centímetros do sedimento. Nas áreas profundas de talude e cânions (amostrados a 400 e 700 metros) foram coletadas amostras com área de 0,09 m², também nos 10 primeiros centímetros do sedimento. Foram coletadas amostras únicas em cada estação com o auxílio de um Box-Corer ou um busca fundo Van-Veen em 307 estações amostrais. O sedimento foi coletado e fixado com formaldeído a 4 % tamponado com tetraborato de sódio. Em laboratório, as amostras foram lavadas em malhas de 500µm para área de plataforma e 300µm para a área de talude e cânions, e os organismos retidos foram triados utilizando-se lupa, contabilizando-se exclusivamente os pertencentes à macrofauna. Foram aplicadas análises univariadas e multivariadas para avaliar a estrutura e composição da macrofauna bentônica. Os organismos dominantes na área foram os Polychaeta das famílias Paraonidae e Spionidae, os Crustacea das famílias Chevaliidae e Ampeliscidae e os Mollusca das famílias Thyasiridae e Chaetodermatidae. Os descritores ecológicos de riqueza e diversidade foram elevados em toda a área, principalmente na plataforma. Biomassa apresentou uma relação inversamente proporcional com a profundidade, provavelmente devido a fatores como redução de nutrientes disponíveis, baixa oxigenação e elevada pressão. A profundidade e a fasciologia foram os principais fatores que influenciaram a estrutura e composição da comunidade. As áreas norte e sul apresentaram índices ecológicos de riqueza, densidade e diversidade com valores um pouco mais baixos que a área centro, a qual possui uma maior concentração de atividades de E&P, mas também é uma área que pode estar sob maior influência da entrada de nutrientes do rio Paraíba do Sul.

IV.13.1 - INTRODUÇÃO

Os organismos que compõem a macrofauna bentônica incluem um conjunto diverso e extremamente rico de animais pertencentes aos mais variados grupos zoológicos, sendo descritos conforme sua distribuição no espaço, principalmente por filogenia ou atributos funcionais, e podem ser classificados ecologicamente de acordo com o tamanho dos indivíduos. Esta classificação é baseada no tamanho da malha de peneiras usadas para separá-los do sedimento. Animais retidos em peneira com malha de 0,5mm são denominados macrobentos (Soares-Gomes *et al.* 2009). No entanto, em águas profundas a malha recomendada para separação da macrofauna bentônica é de 0,3mm, devido ao efeito que a pressão exerce sobre os organismos, conhecido como miniaturização (Baldrighi *et al.*, 2013, Melo *et al.*, 2013). Vélez (1971) salienta que os taxa bentônicos são aqueles que vivem uma relação íntima com o substrato de ambientes aquáticos, seja para fixar-se, escavá-lo, deslocar-se sobre a superfície ou até mesmo nadar sobre o substrato sem separar-se dele.

Dentre os organismos mais abundantes do bentos, em especial os macroinvertebrados, estão os poliquetas, crustáceos e moluscos (Soares-Gomes *et al.* 2009). Também fazem parte deste grupo organismos como equinodermos, briozoários, cnidários, esponjas, sipunculídeos e ascídias.

Existem inúmeras razões para o interesse pelo conhecimento do bentos. Uma delas é por estes indivíduos constituírem o principal item alimentar de peixes demersais, que vivem sobre a superfície dos sedimentos, alguns destes com interesse econômico na pesca. Outro fator é por contribuírem com parcela importante da biodiversidade marinha, não podendo ser subestimado o papel desempenhado por organismos bentônicos na aeração e remobilização dos fundos marinhos, acelerando os processos de remineralização de nutrientes e, conseqüentemente, os próprios processos de produção primária e secundária (Lana, 1996).

O detrito orgânico constitui o principal componente da dieta de vários taxa de invertebrados da macrofauna, os quais são responsáveis pelo importante papel que a comunidade bentônica desempenha nos fluxos de energia (Day *et al.*, 1989).

Segundo Lana (1986), esses organismos são importantes componentes dos sistemas aquáticos, uma vez que o material pelágico ingerido por eles é convertido em tecido vivo, servindo de alimento para muitos peixes. Além disso, esses organismos apresentam um papel fundamental no processamento de matéria orgânica e ciclagem de nutrientes.

A coocorrência de diferentes populações bentônicas no ambiente formam associações de organismos que, ao longo do tempo, podem refletir as condições locais integradas, devido principalmente à sua natureza sésil e de pouca mobilidade, permitindo que esses organismos sejam bons indicadores biológicos das condições e características do ambiente (Barros *et al.*, 2007).

As variações de diversidade dos macroinvertebrados bentônicos podem ser relacionadas com a frequência das perturbações ou distúrbios no ambiente. Em ambientes com perturbações constantes não é atingido o desenvolvimento completo da comunidade, sendo poucos os taxa tolerantes a esses distúrbios (Wilkinson, 1999). Também ocorre baixa diversidade em ambientes onde são raros os distúrbios, pois os períodos de tempo entre as perturbações permitem a exclusão de taxa pelos competidores dominantes (Petraitis *et al.*, 1989). Ambientes onde ocorrem distúrbios moderados, que chegam a promover o equilíbrio competitivo entre os taxa, apresentam maior diversidade (Castro & Huber, 1997). Estes distúrbios podem ser naturais, como eventos de entradas de frentes frias que promovem maior agitação marinha e, por consequência, provocam distúrbios no ambiente bentônico (Alves & Pezzuto, 2009); ou podem ser causados por atividades antrópicas, como entrada de nutrientes orgânicos no sistema ou atividades petrolíferas que alteram com frequência a estrutura bentônica (Craveiro *et al.*, 2021; Savage *et al.*, 2002). Cabe ressaltar que os efeitos desses distúrbios devem ser analisados caso a caso, não se podendo afirmar de forma categórica que sejam prejudiciais ou benéficos ao ambiente antes que sejam realizados estudos aprofundados.

A ocorrência dos organismos da macrofauna bentônica, bem como sua distribuição e abundância, dependem muito das características ambientais predominantes, principalmente quanto ao tipo de substrato dominante, disponibilidade de alimento, estabilidade do ambiente e características físico-químicas (Giménez *et al.*, 2005; Gray, 1974). Os organismos bentônicos

desempenham importante papel na estruturação de seus habitats e de processos nas comunidades e no ecossistema (Thrush & Dayton, 2002). Assim, sua caracterização é uma importante etapa no processo de avaliação e monitoramento dos ambientes naturais (Clarke & Warwick, 2001).

Neste projeto os descritores da estrutura da comunidade da macrofauna bentônica foram obtidos a partir dos dados de Polychaeta, Crustacea e Mollusca, que conforme relatado anteriormente, são os grupos mais abundantes e de maior diversidade nas amostras de sedimento. Em um estudo prévio na Bacia de Campos, Lavrado *et al.* (2017) encontraram valores de 85-90% de abundância relativa desses três grupos em relação ao total da macrofauna. Um levantamento realizado em uma área rasa da Bacia de Campos em profundidades que variaram entre 25 a 150 metros evidenciou um padrão gradual em que os valores de densidade diminuíram com o aumento da profundidade (Velooso *et al.*, 2017). O estudo mostrou ainda que o fator que mais influenciou a distribuição dos organismos foi a granulometria, apresentando, na plataforma continental, comunidades distintas em sedimentos lamosos, arenosos e com cascalhos. Já em relação às áreas de talude e cânions da Bacia de Campos, que apresentam maior profundidade, Lavrado *et al.* (2017) apontou que os valores de densidade da macrofauna bentônica foram mais elevados nas profundidades de 400 e 700 m, quando comparados à plataforma continental da mesma região.

IV.13.1.1 – Objetivo Geral

Obter sistematicamente informações sobre a comunidade da macrofauna bentônica comparando as regiões de maior (central) e menor (sul e norte) concentração de atividades de E&P na Bacia de Campos, de forma a monitorar estas áreas e simultaneamente avaliar as tendências ambientais regionais desta bacia.

IV.13.1.1.1 – Objetivos Específicos

- Analisar a estrutura da comunidade bentônica em relação aos descritores de riqueza de taxa, densidade, equitabilidade, dominância e diversidade relacionados a sua distribuição espacial;
- Analisar a composição de taxa da comunidade da macrofauna bentônica relacionados a sua distribuição espacial;
- Avaliar possíveis diferenças na macrofauna bentônica em relação às províncias de estudo (plataforma continental, talude e cânions);
- Avaliar possíveis diferenças na macrofauna bentônica em relação às áreas de estudo (norte, centro e sul);
- Avaliar se a macrofauna bentônica responde ao gradiente batimétrico definido nesse estudo;
- Comparar os dados atuais com estudo pretérito realizado na Bacia de Campos/RJ (PCR-BC/HABITATS).

Hipóteses Nulas

- Não há diferença estatística entre a comunidade da macrofauna bentônica da faciologia sedimentar arenosa da plataforma continental nas três áreas da bacia de Campos, considerando a comparação das áreas amostrais posicionadas na isóbata de 100 m;
- Não há diferença estatística entre a comunidade de macrofauna bentônica da faciologia sedimentar carbonática da plataforma continental nas três áreas da bacia de Campos, considerando a comparação das áreas amostrais posicionadas na isóbata de 100 m;

- Não há diferença estatística entre a comunidade de macrofauna bentônica no talude das três áreas da Bacia de Campos, considerando a comparação das áreas amostrais posicionadas sobre a mesma isóbata (400 e 700 m);
- Não há diferença estatística entre a comunidade de macrofauna bentônica no talude e dentro dos cânions nas três áreas da bacia de Campos, considerando a comparação das áreas amostrais posicionadas sobre a mesma isóbata (400 e 700 m);
- Não há variação temporal entre as comunidades de macrofauna bentônica, considerando a comparação dos resultados do PMAR-BC com os do PCR-BC, sobre as mesmas isóbatas (100, 400 e 700m) e facies.

IV.13.2 – METODOLOGIAS APLICADAS

IV.13.2.1 – Metodologia de Campo

As informações sobre os métodos aplicados durante a amostragem da macrofauna bentônica podem ser encontrados no Capítulo III, item III.3.1 – MÉTODOS DE AMOSTRAGEM, em que estão inclusos os procedimentos referentes à metodologia de amostragem do compartimento sedimento. Sendo assim, abordaremos neste item, de maneira resumida, a metodologia utilizada no campo durante a 1ª Campanha do PMAR-BC para obtenção das amostras de macrofauna bentônica.

Para a coleta de sedimento foram utilizados os equipamentos Van-Veen e Box-Corer. As amostras de macrofauna foram coletadas em gabaritos de inox de 10x10x10 cm. Para a plataforma, foram coletados quatro gabaritos em cada estação, enquanto para o talude e cânions foram coletados nove gabaritos para cada estação. As amostras foram então acondicionadas em potes plásticos, preservadas em formaldeído 4% tamponado com tetraborato de sódio e mantidas em temperatura ambiente. Cabe ressaltar que no Talude da área Centro, na isóbata de 700 m, foi coletada uma amostra a mais na estação 19, totalizando 26 amostras analisadas no polígono TC7.

IV.13.2.2 – Metodologia Analítica

IV.13.2.2.1 - Lavagem da amostra

Inicialmente, no laboratório, foi realizado o pré-processamento, que consistiu na lavagem e elutriagem do sedimento para facilitar a separação dos organismos dos grãos do sedimento. A lavagem das amostras e substituição do preservante para etanol 70% foi realizada evitando-se ultrapassar três meses após a coleta, para que não ocorresse a degradação das partes duras dos organismos. Conforme as amostras foram sendo abertas, foi feita a verificação da integridade destas, através de evidências de decomposição de matéria orgânica (coloração mais escura). Todas as amostras estavam em bom estado de conservação.

Nesta etapa de lavagem das amostras, foi feita inicialmente a remoção do excedente de fixador, cuidadosamente vertendo-o em um Becker sob peneira com malha de 0,045 mm (evitando assim, a perda de organismos). Uma bandeja foi mantida abaixo do Becker para evitar derramamento do fixador. Posteriormente o fixador foi vertido em bombona de 50 L para neutralização e destinação adequada (Figura IV.13.2.2.1-1).



Figura IV.13.2.2.1-1 – (A) Retirada do fixador utilizando-se peneira de 0,045 mm, Becker de 4L e bandeja para contenção. (B) Bombonas para armazenagem de formol.

Após a retirada do excedente de fixador, foi iniciada a lavagem das amostras em jogo de peneiras, sendo a peneira superior com tamanho máximo de malha de 9,5 mm. Esta malha mais grossa é utilizada para separar conchas, rochas e rodolitos e não danificar a macrofauna. A malha inferior foi utilizada conforme especificação da província de origem da amostra, sendo que para a plataforma continental foi utilizada malha de 0,5 mm, e para o talude e cânions foi utilizada malha de 0,3 mm.

Para a lavagem foi utilizada uma mangueira com pressão d'água fraca, evitando o jato direto sobre a fauna a fim de prevenir possíveis danos aos organismos. A água jateada passou por malha de 0,030 mm acoplada na saída de água da mangueira, evitando a contaminação das amostras com organismos de água doce (Figura IV.13.2.2.1-2).



Figura IV.13.2.2.1-2 – Torneira utilizada para lavagem das amostras. No detalhe é possível visualizar a malha de 0,030 mm utilizada para filtragem de organismos de água doce.

O material lavado foi vertido em Becker de 4L e imediatamente elutriado, evitando-se desta forma danos aos organismos.

A elutriagem consiste na separação dos organismos do restante do sedimento por diferença de densidade. Este processo foi realizado com cada peneira separadamente. Para tanto, o material retido na peneira foi lançado em Becker de 4L, que foi preenchido com água até a marca de 2L. Em sequência, o material foi suspenso com movimentos circulares com auxílio de uma colher (tomando cuidado para não pressioná-la contra as paredes do Becker) e vertido cuidadosamente em peneira de 0,3 mm (talude) ou 0,5 mm (plataforma). Este procedimento foi repetido no mínimo cinco vezes para cada peneira (Figura

IV.13.2.2.1-3). Todas as peneiras e acessórios utilizados foram limpos com uma escova, água e sabão entre a lavagem e elutriação de uma amostra e outra.

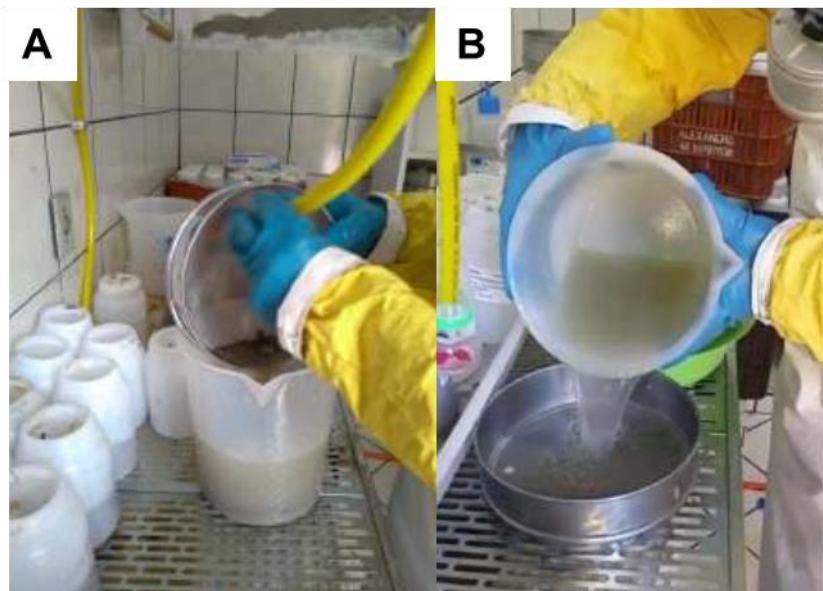


Figura IV.13.2.2.1-3 – (A) Material lavado sendo lançado no Becker. (B) Material passando por processo de elutriação.

A cada quatro potes lavados foi efetuada a elutriagem do material retido nas peneiras e posteriormente separados em potes. Este procedimento foi repetido até finalizar toda a amostra. No caso do sedimento mais grosseiro, devido ao elevado volume de sedimento retido nas peneiras, a elutriagem do material foi efetuada a cada dois potes lavados, evitando-se que ocorressem danos aos organismos, e posteriormente separados em potes. Este procedimento foi repetido até finalizar toda a amostra (Figura IV.13.2.2.1-4).

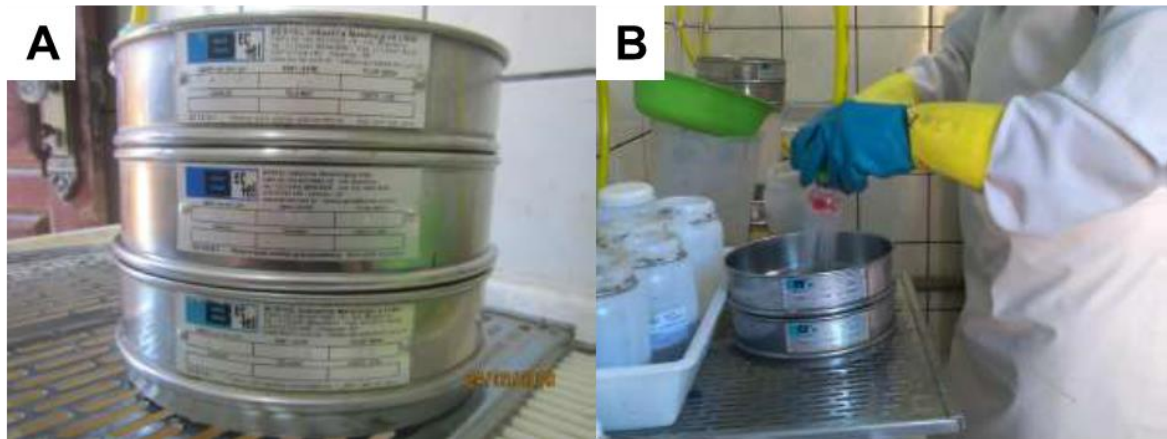


Figura IV.13.2.2.1-4 – (A) Exemplo de jogo de peneiras utilizado na lavagem. Neste exemplo temos malhas de 0,5mm, 2mm e 9,5mm, apropriadas para amostras de sedimento grosseiro provenientes da plataforma continental. (B) Exemplo de lavagem de amostra de sedimento fino proveniente de talude, sendo lavada em jogo de peneiras de 0,3mm e 2mm.

Após estes procedimentos tanto o material elutriado quanto o restante do sedimento foram mantidos em potes e conservados em etanol 70%.

IV.13.2.2.2 - Triagem e Identificação taxonômica

A triagem do elutriado e sedimento foi realizada com auxílio de um estereomicroscópio. Todos os organismos encontrados na amostra foram armazenados em eppendorfs ou frascos de acrílico com etanol 70% e devidamente etiquetados. Os organismos foram separados, quando possível, nos seguintes grupos: Polychaeta em família; Crustacea em ordem; Mollusca em classe; e demais grupos em filo/classe (p. ex. Echinodermata, Brachiopoda, Bryozoa, Cnidaria, Echiura, Nemertea, Porifera, Priapulida, Pycnogonida e Sipuncula). Os resultados obtidos em cada amostra foram anotados em planilha de triagem e identificação.

Todos os táxons identificados tiveram seus nomes checados prioritariamente na base do ITIS – Integrated Taxonomic Information System (<http://www.itis.gov/>) e, caso não estivesse disponível, na base WoRMS – World Register of Marine Species (<http://marinespecies.org>) para verificação da validade do nome e da grafia correta.

Posteriormente, os organismos de cada grande grupo (Polychaeta agrupados em famílias, Crustacea agrupados em ordens e Mollusca agrupados em classes) foram enviados aos especialistas para que fossem checadas as identificações realizadas e para que os organismos de Crustacea e Mollusca fossem identificados a nível de família.

IV.13.2.2.3 - Biomassa da macrofauna

A estimativa de biomassa da macrofauna foi obtida anteriormente ao envio do material para os especialistas (refinamento taxonômico), através da obtenção do peso úmido dos exemplares em balança analítica de 0,0001 g de precisão.

Este procedimento seguiu os seguintes passos:

- i. Utilização de um pequeno recipiente de alumínio, previamente tarado, para acomodar cada grupo animal de cada amostra (grupo/amostra) em balança analítica;
- ii. Retirada dos organismos dos potes de origem (conjunto de indivíduos do grupo) com o auxílio de uma pinça de ponta arredondada e secagem rápida (cerca de 3 s) em papel absorvente;
- iii. Após retirada do excesso de água, foi colocado cada grupo/amostra no recipiente e pesado na balança analítica, aguardando a balança estabilizar para realizar o registro do seu peso úmido (PU). Caso a balança não estabilizasse, deixou-se a amostra secar sobre o papel absorvente por mais tempo. Foi evitado deixar os organismos nos recipientes enquanto era realizada a pesagem de outros grupos/amostras. Todo o processo foi realizado para apenas um grupo/amostra. Ao seu término, foi pego outro grupo/amostra. Isso evitou a exposição dos organismos ao ar e, conseqüentemente, à perda de líquido.
- iv. A unidade de PU variou com o número de gabaritos coletados, uma vez que na plataforma continental foram coletados 4 gabaritos e no talude foram coletados 9 gabaritos (cada um com 10 x 10 cm). Logo, a unidade das amostras da plataforma foi g/0,04 m² e do talude g/0,09 m².

Após realizada a estimativa da biomassa, os organismos de cada amostra foram retornados aos potes de origem, devidamente etiquetados, para o encaminhamento aos especialistas para o refinamento taxonômico.

IV.13.2.2.4 - Controle de qualidade

Foi realizada a reavaliação do material residual das amostras já triadas (controle de qualidade) com o objetivo de detectar e identificar organismos possivelmente não triados nas amostras (Tabela IV.13.2.2.4-1). Quatro profissionais realizaram esta tarefa: Vanessa Berenger, Cinthia Xavier Bianco, Daniel Silvestri Buratto e Venina Pires Ribeiro Ferreira.

Para cada técnico de triagem foi realizado o controle de qualidade no material residual triado da seguinte maneira:

a) A cada lote de 10 (dez) amostras, o material residual triado de no mínimo uma amostra foi novamente e integralmente triado pelo Supervisor de Triagem. Chegou-se a uma retriagem de 64 amostras (21%) para todo o material.

b) Foi aprovado o lote triado pelo técnico, caso o número de organismos esquecidos tenha sido menor ou igual a 10% do total de organismos contabilizados na primeira triagem.

c) Foi rejeitada a triagem, caso o número de organismos esquecidos tenha sido maior que 10% do total de organismos contabilizados na primeira triagem. Nesta situação, foi sorteada uma nova amostra do lote de 10 (dez) amostras do mesmo técnico para conferência.

d) Em caso de nova rejeição, todo o lote de 10 (dez) amostras triadas por este técnico foi reanalisado.

Tabela IV.13.2.2.4-1 – Resultados do Controle de Qualidade do processo de triagem das amostras de plataforma continental, talude e cânions da 1ª Campanha do PMAR-BC.

Província	Nº de amostras triadas	Controle de Qualidade (nº amostras)	Amostras aprovadas	Amostras rejeitadas
Plataforma	108	24 (22,22%)	23	1
Talude	151	21 (13,91%)	20	1
Cânions	48	13 (27,08%)	10	3

IV.13.2.3 – Metodologia de Tratamento de Dados

As informações sobre os métodos aplicados para o tratamento de dados (estatística descritiva, correlações, NMDS, análises fatoriais não-paramétricas, entre outras) e os procedimentos nos quais foram realizados os agrupamentos dos dados da macrofauna bentônica podem ser encontrados no Capítulo III, item III.3.3 – MÉTODOS DE TRATAMENTO DE DADOS.

Para todas as análises, os dados de biomassa das províncias de plataforma (com unidade de medida de g/0,04m²), talude e cânions (ambos com unidade de medida de g/0,09m²) foram padronizados em g/m². Da mesma forma, os dados de densidade dos organismos foram padronizados em ind/m².

Apenas os dados dos indivíduos dos grupos Polychaeta, Crustacea e Mollusca foram utilizados nas análises, todos identificados ao nível de família.

IV.13.2.3.1 – Análises Exploratórias

IV.13.2.3.1.1 – Análises Exploratórias Univariadas

A estrutura das comunidades bentônicas de cada estação, polígono (cada área amostral definida considerando batimetria e faciologia), área (norte, centro e sul), província (plataforma, talude e cânions) e projeto (PMAR-BC e PCR-BC) foi avaliada através de estatística descritiva (e.g. média, mediana, mínimo, máximo) das variáveis de biomassa (g/m²), densidade total (N, indivíduos/m²), riqueza de taxa (S, número de taxa), equitabilidade de Pielou (J'), dominância de Simpson (Lambda) e diversidade de Shannon (H', calculado com o logaritmo base 2).

IV.13.2.3.1.2 – Análises Exploratórias Multivariadas

Análises de escalonamento multidimensional não paramétricas (nMDS) foram aplicadas para identificar associações macrobentônicas dentro das distintas fasciologias (lama, areia e carbonatos), áreas (norte, centro e sul), províncias (plataforma, talude e cânions), profundidades (100, 400 e 700 metros) e projetos (PMAR-BC e PCR-BC). A análise foi aplicada utilizando-se o coeficiente de similaridade de Bray-Curtis, com os dados de densidade dos organismos transformados para log (X+1).

IV.13.2.3.2 – Análises Inferenciais

As análises inferenciais dos resultados de Macrofauna Bentônica foram realizadas conforme apresentado no item III.3.3.1 de forma a atender os objetivos do projeto e testar as hipóteses referentes a possíveis diferenças entre os resultados encontrados.

Para testar as hipóteses nulas de que não há diferenças em relação às associações macrobentônicas, considerando (i) as distintas fácies (lamosa, arenosa e carbonática) das áreas (norte, centro e sul) da província de plataforma continental; (ii) as áreas das distintas isóbatas (400 e 700 m) das províncias de talude e cânions; e (iii) a comparação entre polígonos correspondentes (mesma fasciologia, área, isóbata e província) do PMAR-BC e PCR-BC, foram aplicadas análises de variância multivariada não paramétrica (PERMANOVA) e análises de homogeneidade de dispersões multivariadas (PERMDISP) (Anderson *et al.*, 2008). O desenho amostral foi formado pelos fatores Projeto (PMAR-BC e PCR-BC), Província (Plataforma continental, Talude e Cânions), Fasciologia (Lamosa, Sedimentar e Carbonática), Área (Norte, Centro e Sul) e Isóbata (somente para talude e cânions; 400 e 700 m),

Para as análises multivariadas considerando composição e densidade de táxons, o índice de dissimilaridade utilizado foi o de Bray-Curtis, com os dados de densidade transformados para log (X+1). Já para as análises multivariadas com as variáveis sintéticas de descrição das comunidades (biomassa, riqueza, densidade total, equitatividade de Pielou, diversidade de Shannon e dominância de Simpson), foi utilizada a distância Euclidiana, com as variáveis Z-transformadas.

IV.13.3 – RESULTADOS

Foram coletados um total de 88722 organismos nas 307 amostras obtidas na Bacia de Campos. Destes, Polychaeta foi o grupo que apresentou maior abundância, com um total de 51012 organismos coletados representando 57,50% da abundância total, divididos em 45 famílias. Foi seguido pelos Crustacea com um total de 28234 organismos (31,82%), divididos em 106 famílias, e Mollusca com 6641 organismos (7,49%), divididos em 61 famílias. Outros grupos (Brachiopoda, Chaetognatha, Echinodermata, Nemertea, Platyhelminthes, Sipuncula, Pycnogonida, Oligochaeta e Hirudinea), distribuídos em um total de 15 táxons, apresentaram abundância total de 2835 organismos (3,20%) (Figura IV.13.3-1). A sinopse dos táxons da macrofauna bentônica registrados para a 1ª Campanha do PMAR-BC encontra-se no Anexo IV.13.7-1.

Representatividade dos Grupos

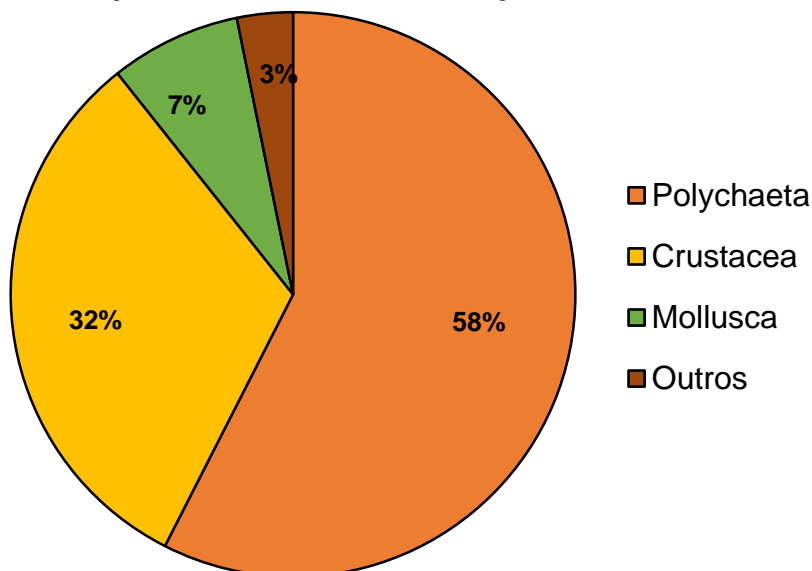


Figura IV.13.3-1 – Contribuição dos grupos Polychaeta, Crustacea, Mollusca e Outros (Brachiopoda, Chaetognatha, Echinodermata, Nemertea, Platyhelminthes, Sipuncula, Pycnogonida, Oligochaeta e Hirudinea) na área de estudo.

Dentre os Polychaeta, a família Paraonidae foi a que apresentou a maior abundância com um total de 13643 organismos, representando 15,38% da abundância total. Esta foi seguida pelas famílias Spionidae (8864 organismos, 9,99%), Syllidae (6209 organismos, 7,00%), Cirratulidae (4185 organismos, 4,72%), Ampharetidae (2072 organismos, 2,34%) e Opheliidae (1807 organismos, 2,04%) (Figura IV.13.3-2; Anexo IV.13.7-2). Já dentre Crustacea, a família com maior abundância foi Chevaliidae com 11660 organismos, representando 13,14% da abundância total, seguida diretamente por Ampeliscidae (2166 organismos, 2,44%) (Figura IV.13.3-3; Anexo IV.13.7-2). Por fim, dentre os Mollusca, a família com maior abundância foi Thyasiridae com 2276 organismos, representando 2,57% da abundância total, seguida por Chaetodermatidae (2138 organismos, 2,41%) (Figura IV.13.3-4; Anexo IV.13.7-2).

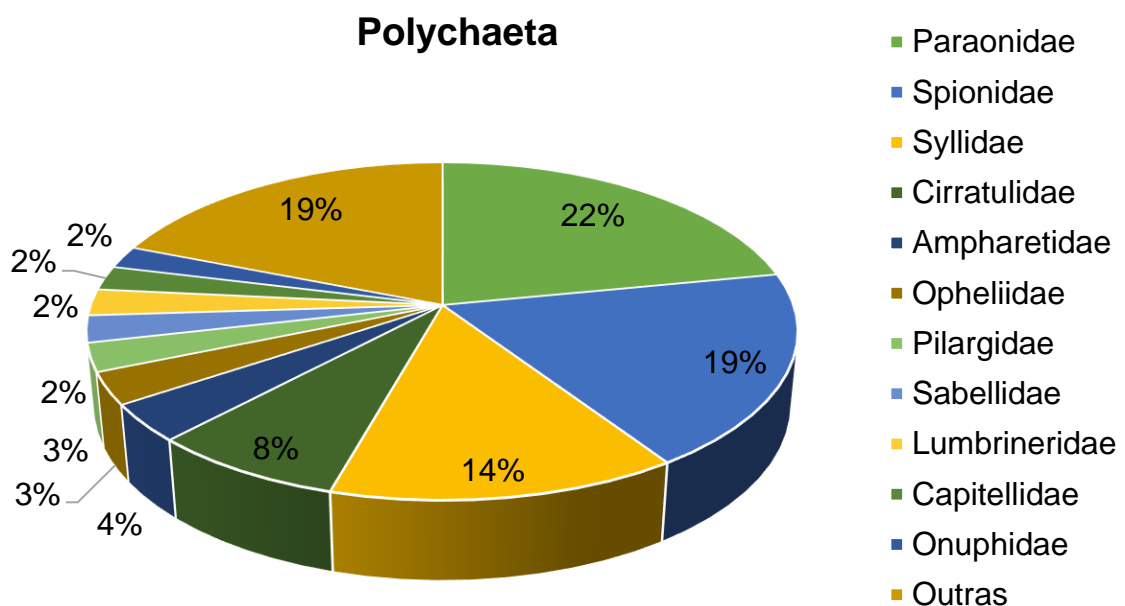


Figura IV.13.3-2. Famílias de Polychaeta registradas na área de estudo que totalizaram 80% da densidade total do grupo.

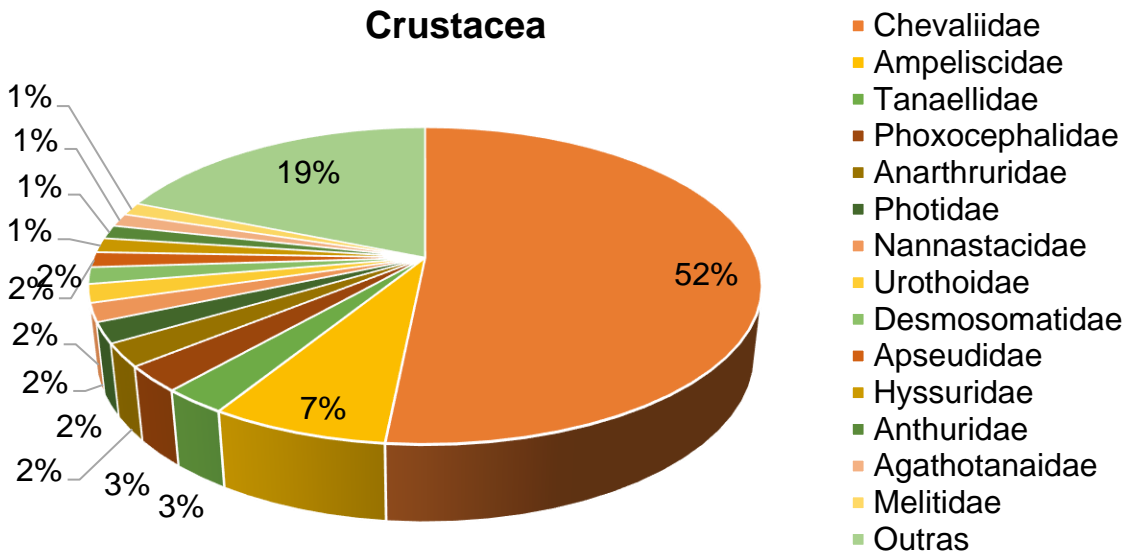


Figura IV.13.3-3. Famílias de Crustacea registradas na área de estudo que totalizaram 80% da densidade total do grupo.

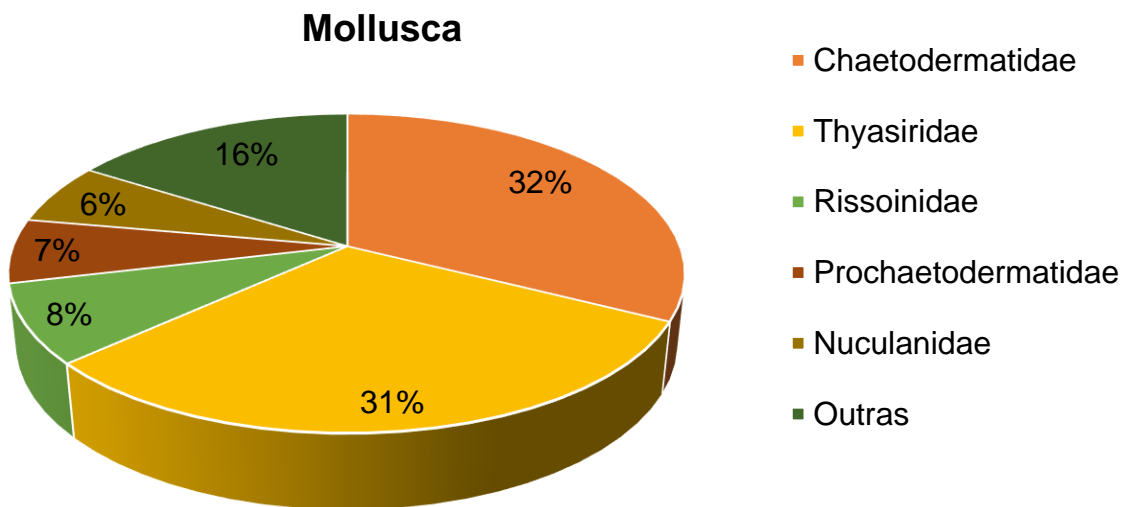


Figura IV.13.3-4. Famílias de Mollusca registradas na área de estudo que totalizaram 80% da densidade total do grupo.

Em relação à frequência de ocorrência, os organismos mais comuns na área de estudo foram todos da classe Polychaeta, começando com a família Spionidae, que ocorreu em 305 amostras (99,35%), Syllidae em 301 amostras (98,05%), Cirratulidae e Paraonidae em 299 amostras (97,39%), Capitellidae e Lumbrineridae em 259 amostras (84,36%) e Ampeliscidae em 252 amostras (82,08%) (Anexo IV.13.7-2).

As tabelas de dados de abundância total e relativa, assim como de frequência de ocorrência de todas as famílias de Polychaeta, Crustacea e Mollusca registradas na 1ª campanha do PMAR-BC estão presentes no Anexo IV.13.7-2.

IV.13.3.1 –Plataforma Continental

Na maioria dos polígonos, Polychaeta foi o grupo dominante. Exceção a esse padrão pôde ser observado nos polígonos arenosos ao Norte (PNA) e ao Sul (PSA) e no carbonático ao Sul (PCS) onde houve o predomínio de Crustacea. Nota-se também uma maior contribuição de Mollusca no polígono lamoso ao Sul (PSL) (Figura IV.13.3.1-1). Dentre as 21 famílias que contribuíram com 80% da densidade total da Plataforma, 13 eram de Polychaeta, 7 de Crustacea e 1 de Mollusca. No entanto, apesar da dominância do grupo Polychaeta, Chevaliidae (Crustacea) foi responsável por 37,44% da densidade total na Plataforma (Figura IV.13.3.1-2).

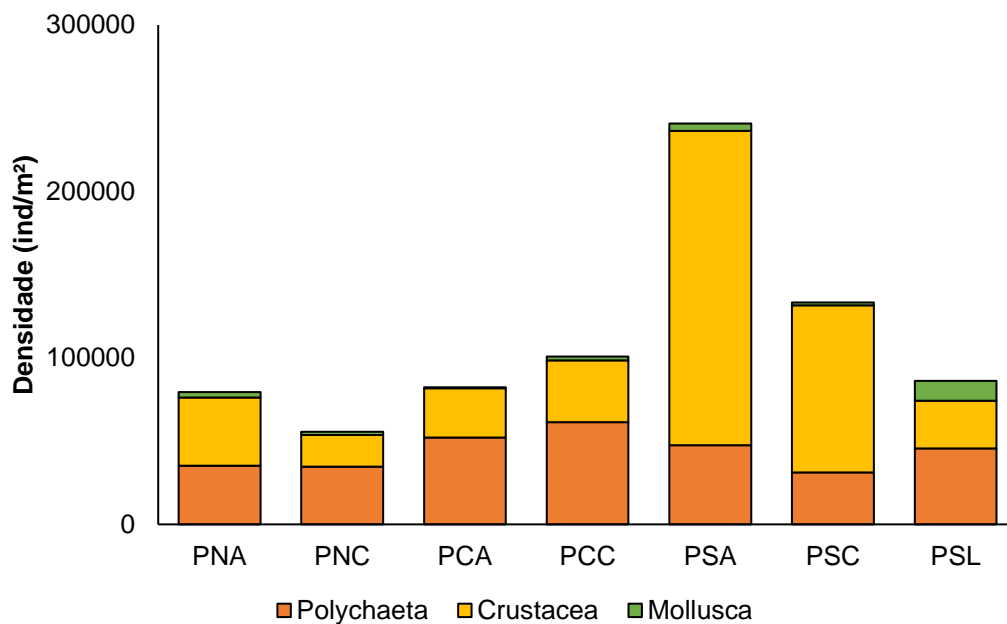


Figura IV.13.3.1-1. Densidade total (ind/m²) para os grupos Polychaeta, Crustacea e Mollusca encontrados em cada polígono da Plataforma Continental.

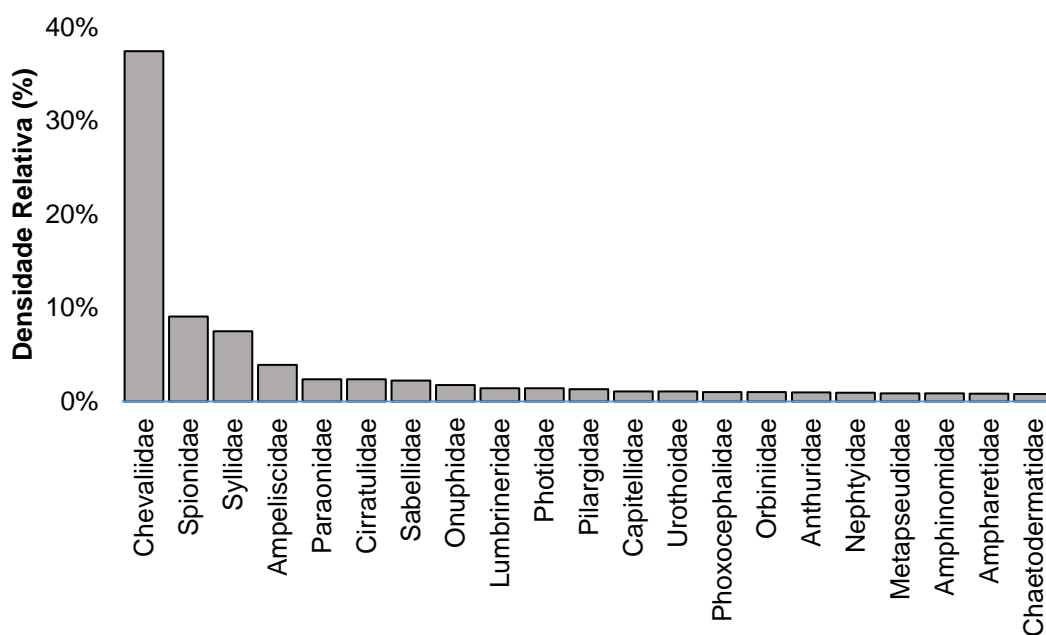


Figura IV.13.3.1-2. Densidade relativa dos táxons que acumulam 80% da densidade total na Plataforma Continental.

Na Figura IV.13.3.1-3 se observa uma tendência de decréscimo dos valores de densidade do Sul para o Norte, com exceção do polígono de lama da área Sul (PSL) que apresentou um dos menores valores de densidade. A faciologia do sedimento não pareceu exercer influência neste parâmetro entre as áreas, visto que entre os polígonos arenosos (PNA, PCA e PSA) e os polígonos carbonáticos (PNC, PCC e PSC) não houve grande discrepância na densidade total observada por estação (Figura IV.13.3-4). Como apontado anteriormente, a exceção foi o polígono lamoso na área Sul (PSL), que apresentou densidades menores que os demais polígonos da mesma área.

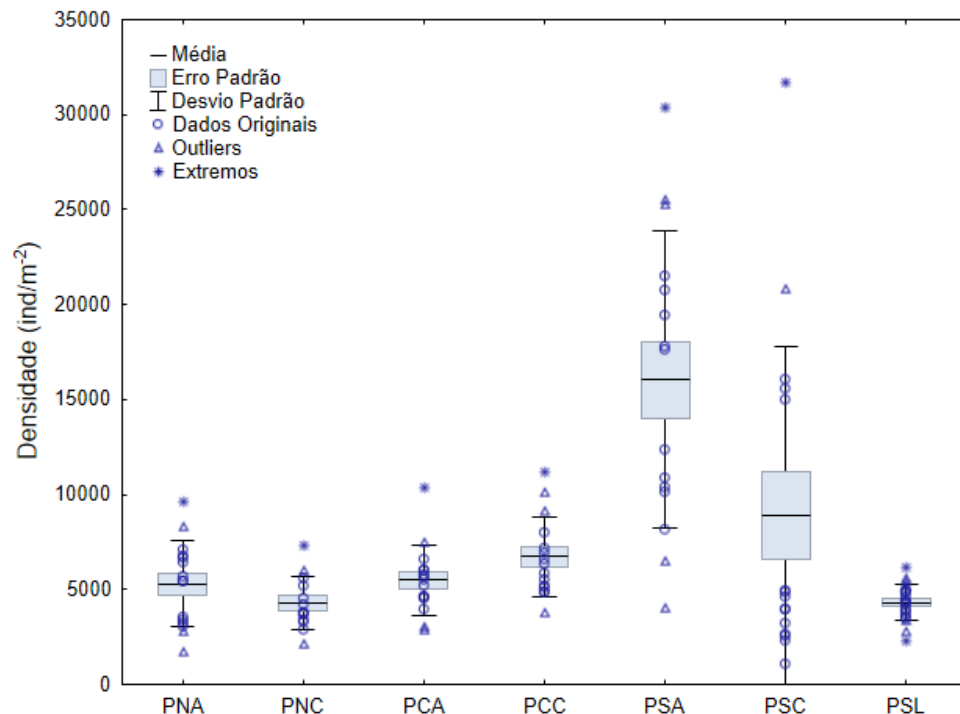


Figura IV.13.3.1-3. Box-plot da densidade (ind/m²) dos polígonos da Plataforma Continental, ao longo das áreas (Norte, Centro e Sul) da Bacia de Campos.

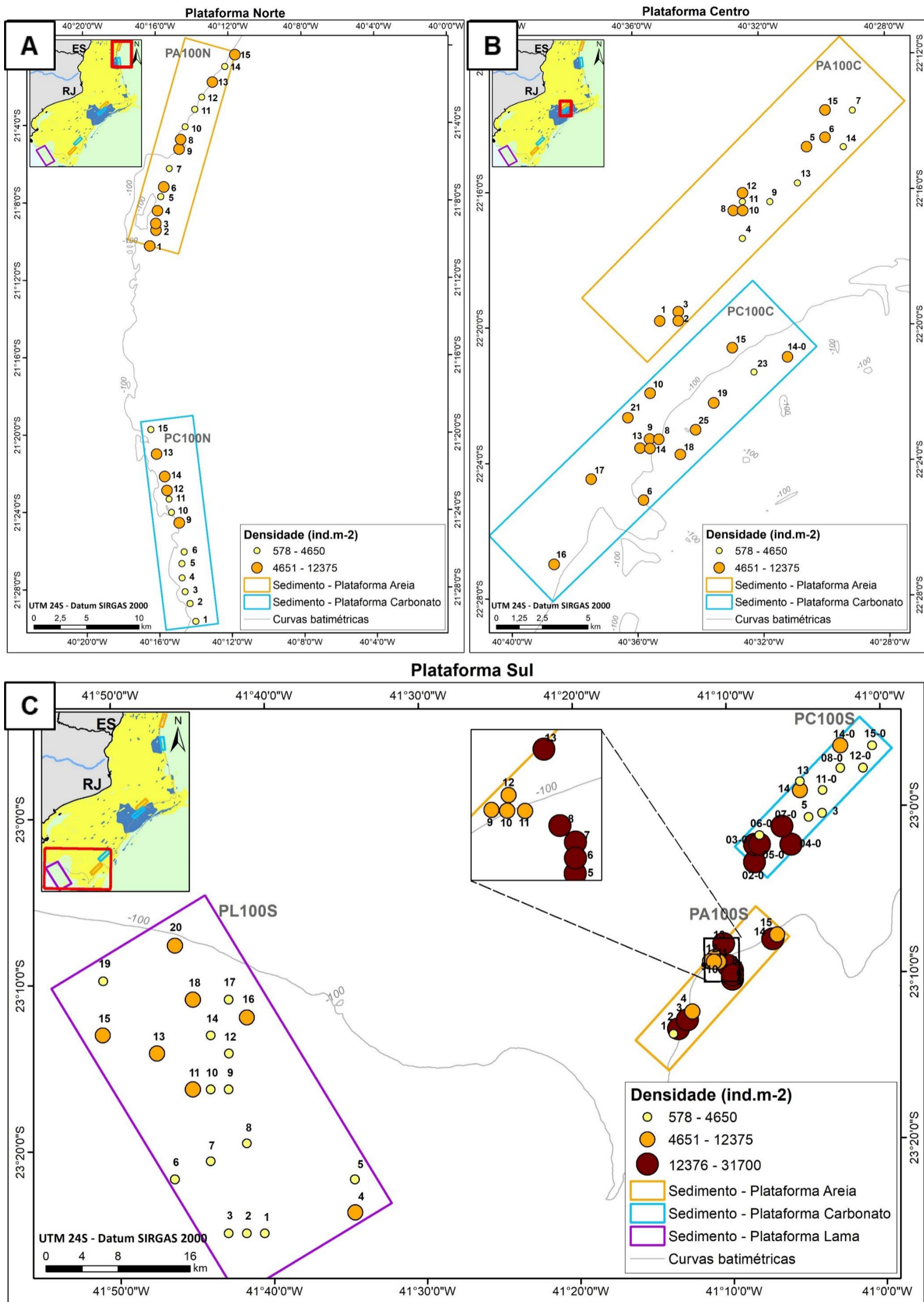


Figura IV.13.3.1-4. Distribuição da densidade da macrofauna bentônica (ind.m⁻²) obtida ao longo das áreas (A) Norte, (B) Centro e (C) Sul da Plataforma Continental, considerando a faciologia dos polígonos.

Os valores de biomassa encontrados nos polígonos da Plataforma Continental apresentaram maior uniformidade em comparação à densidade (Figura IV.13.3.1-5), com poucas estações apresentando valores mais elevados (Figura IV.13.3.1-6). A contribuição de Polychaeta na biomassa total das estações foi mais expressiva, como esperado, considerando a dominância das famílias deste grupo em quase todos os polígonos. Os mapas de distribuição da biomassa considerando a contribuição de Polychaeta, Crustacea e Mollusca podem ser observados no Anexo IV.13.7-3. .

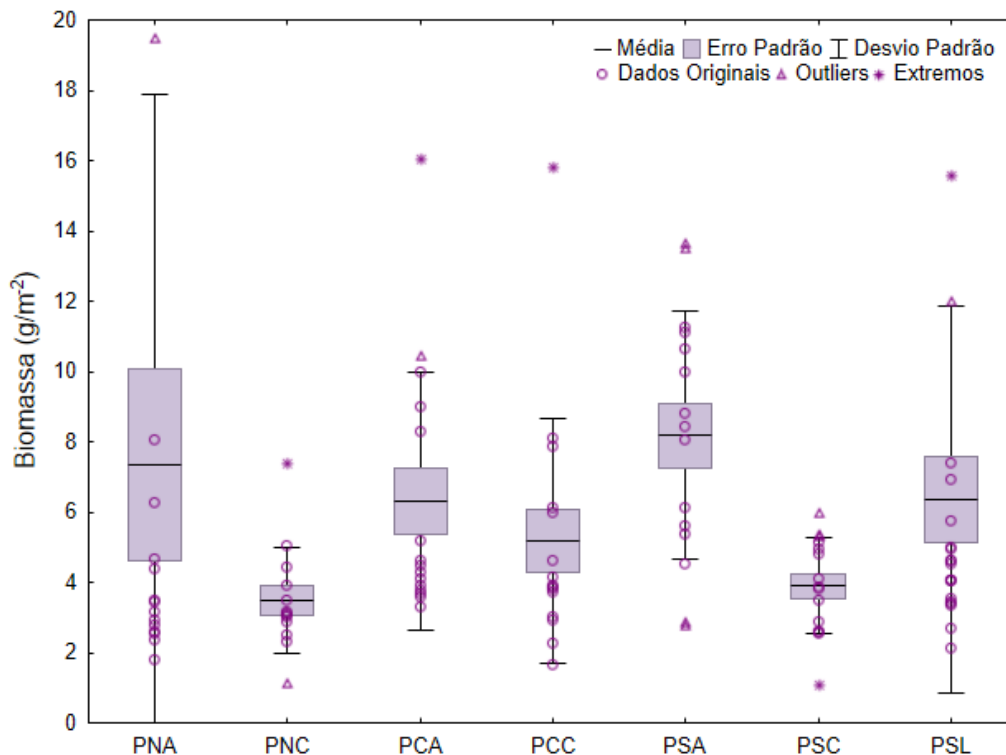


Figura IV.13.3.1-5. Biomassa (g/m^2) encontrada em cada província da plataforma continental.

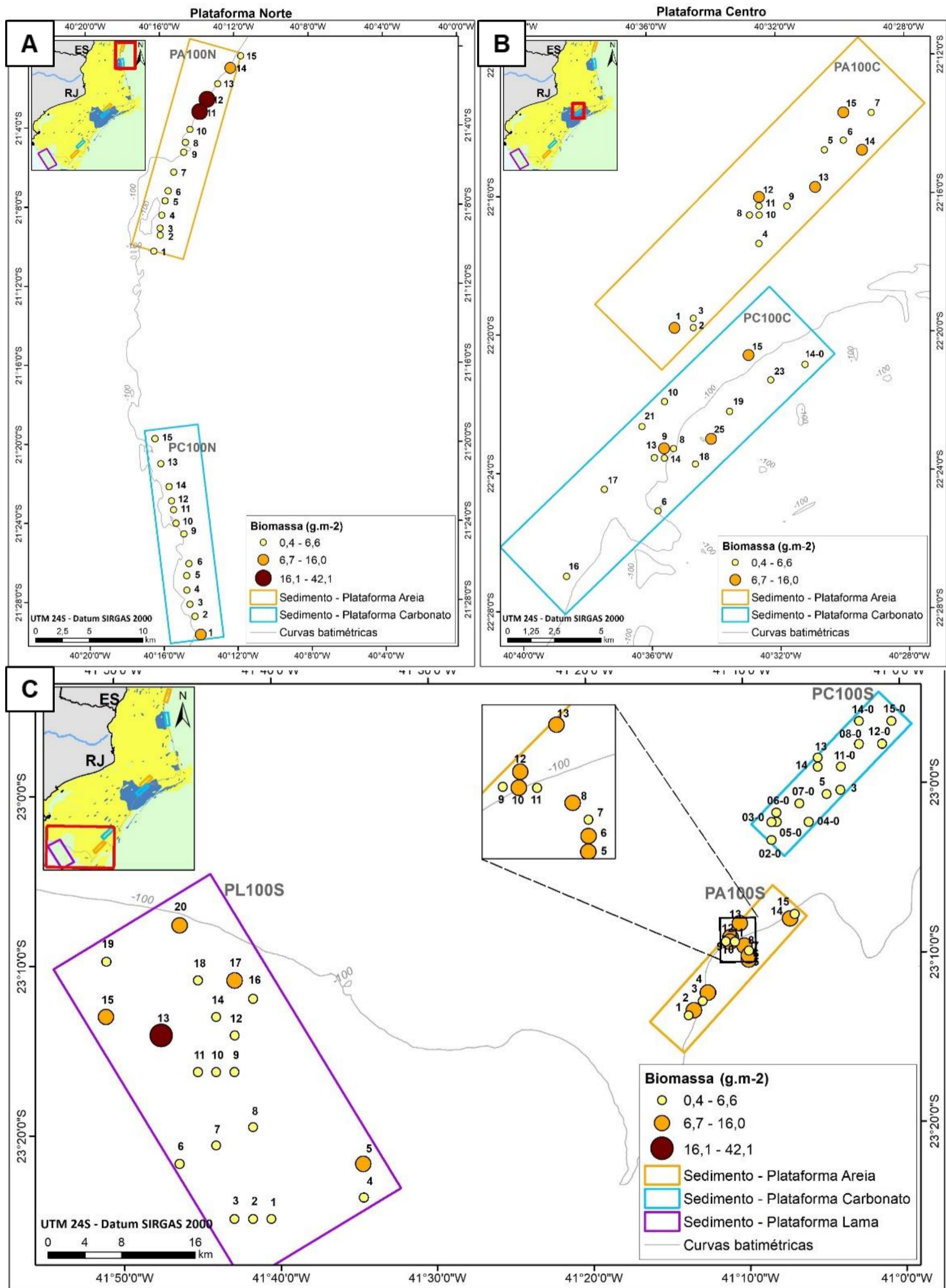


Figura IV.13.3.1-6. Distribuição da biomassa da macrofauna bentônica ($g.m^{-2}$) obtida ao longo das áreas (A) Norte, (B) Centro e (C) Sul da Plataforma Continental, considerando a faciologia dos polígonos.

A análise de escalonamento multidimensional não métrica (nMDS) indicou distinções em relação à composição e densidade de táxons entre os polígonos da plataforma continental (Figura IV.13.3.1-7). Houve a formação de um grupo distinto formado pelas amostras de PSL na plataforma sul (circunferência preta), e outros dois grupos menos distintos formados, o primeiro, por ambos polígonos da área Sul (PSA e PSC; circunferência azul) e outro formado pelos polígonos das áreas Norte e Centro (PNA, PNC, PCA e PCC; circunferência vermelha).

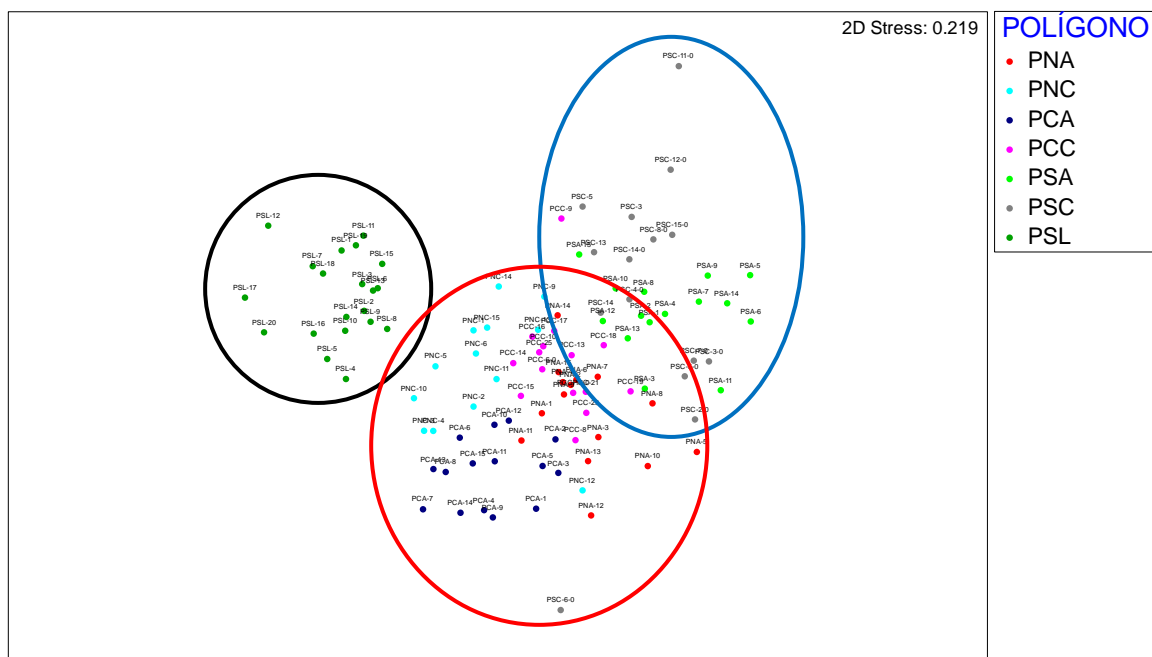


Figura IV.13.3.1-7. NMDS com base na matriz de similaridade (Bray-Curtis) calculada entre as densidades da macrofauna nas amostras da Plataforma Continental dos polígonos das fácies arenosa (PNA, PCA e PSA), carbonática (PNC, PCC e PSC) e lamosa (PSL).

A avaliação das correlações de Pearson entre os táxons principais (> 5% de abundância relativa) da Plataforma Continental apontou diversas famílias como principais diferenciadoras entre as diferentes faciologias, considerando a dispersão das amostras do polígono lamoso (pontos verdes) em relação aos arenosos (pontos azuis) e carbonáticos (pontos verdes), com destaque para Chaetodermatidae (M), Paralacydoniidae (P) e Photidae (C) com maior predominância na fácie lamosa (Figura IV.13.3.1-8). Complementarmente, a análise da Figura IV.13.3.1-9, com as correlações de Pearson entre as variáveis sintéticas descritoras das comunidades

(biomassa de Polychaeta, Crustacea, Mollusca e biomassa total, riqueza, densidade, equitatividade, diversidade e dominância) demonstra que um dos fatores mais distintivos para as amostras da plataforma lamosa Sul (PSL) foi a biomassa de Mollusca (BIOM_MOLL), podendo ser citada também a densidade total (N).

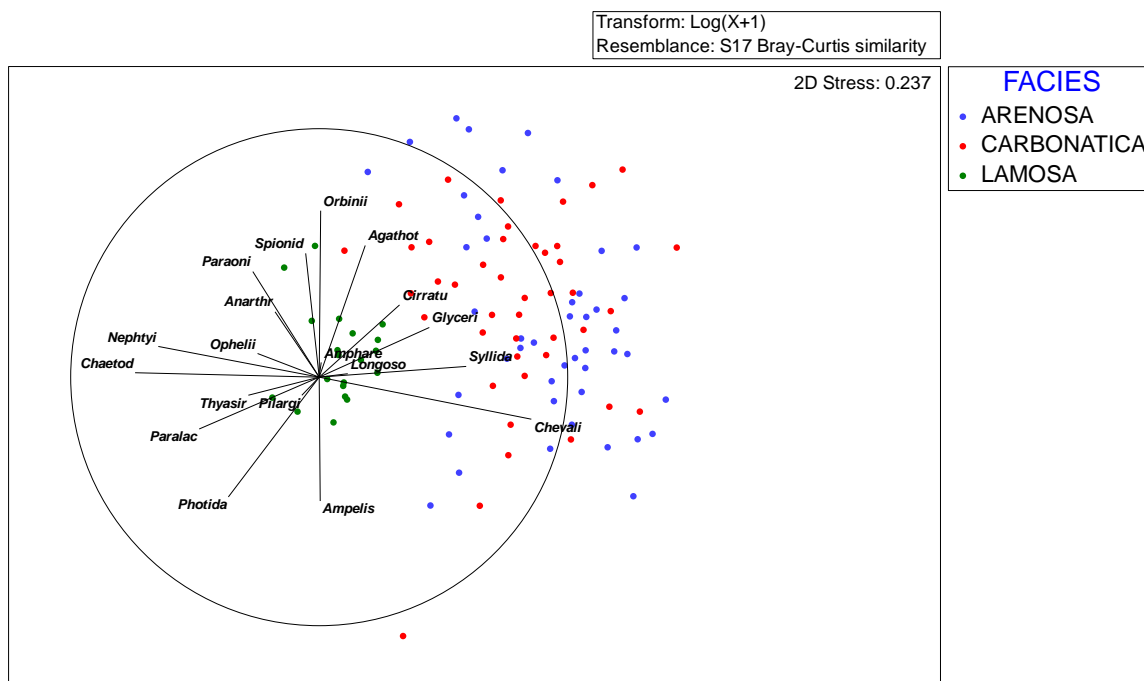


Figura IV.13.3-8. NMDS com base na matriz de similaridade (Bray-Curtis) calculada entre as densidades da macrofauna nas amostras da Plataforma Continental com destaque para as fácies (Arenosa, Carbonática e Lamosa). A correlação de Pearson entre os táxons principais está sobreposta como vetores escalares.

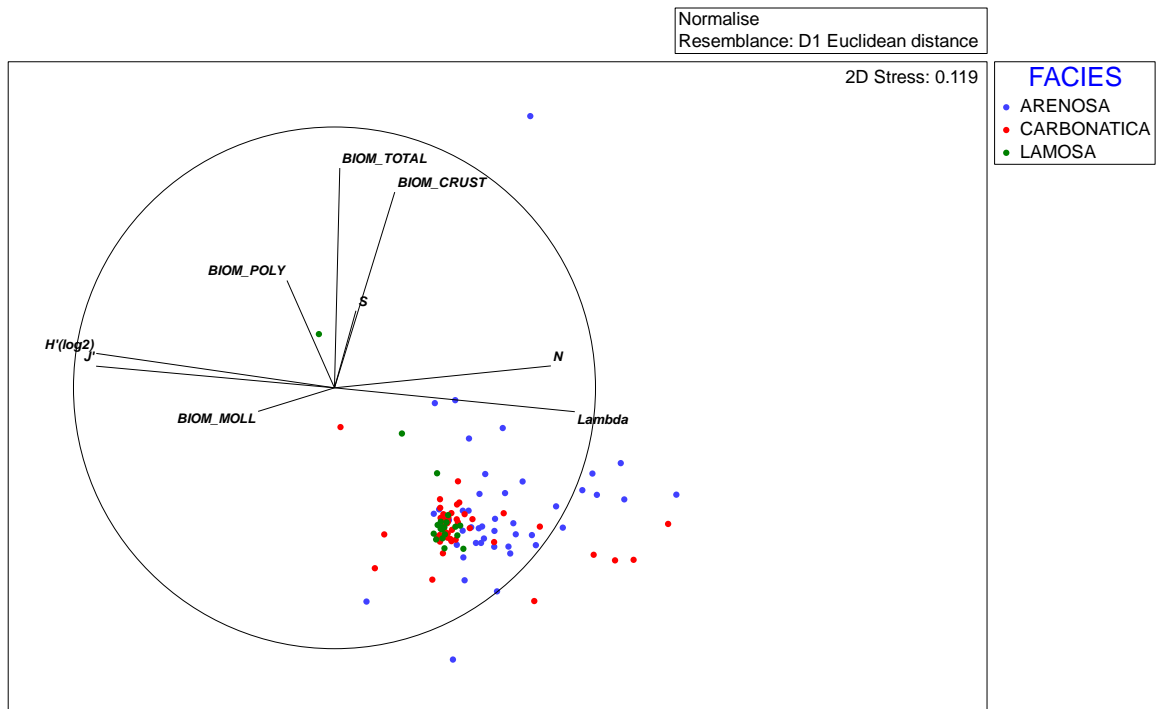


Figura IV.13.3.1-9. NMDS com base na matriz de similaridade (Distância Euclidiana) calculada entre as densidades da macrofauna nas amostras da Plataforma Continental com destaque para as fácies (Arenosa, Carbonática e Lamosa). A correlação de Pearson entre as variáveis sintéticas está sobreposta como vetores escalares.

IV.13.3.1.1 – Plataforma Arenosa

A plataforma arenosa apresentou um total de 402725 indivíduos/m² em um total de 45 amostras. Crustacea foi o grupo com maior densidade, apresentando um total de 71 famílias e 263150 ind/m² (65,34%), seguido por Polychaeta com 40 famílias e 135025 ind/m² (33,53%), e Mollusca com 35 famílias e 4550 ind/m² (1,13%). A biomassa total na plataforma arenosa foi de 327,38 g/m², com maiores contribuições de Mollusca (296,83 g/m²) em relação a Polychaeta (166,79 g/m²) e Crustacea (130,04 g/m²).

As médias de biomassa apresentaram valores muito similares entre os polígonos PNA, PCA e PSA, sendo que o maior valor médio foi de 8,18±3,54 g/m² (PSA) (Tabela IV.13.3.1.1-1). A riqueza de taxa foi mais elevada em PSA do que nos demais polígonos, seguida por PNA e por fim PCA, polígono que apresentou a menor média de riqueza (Tabela IV.13.3.1.1-1; Figura IV.13.3.1.1-1). Para os

polígonos arenosos da Plataforma Continental, foi possível observar um padrão de aumento de densidade, e diminuição da diversidade e equitatividade, no sentido Norte-Sul (Tabela IV.13.3.1.1-1; Figura IV.13.3.1.1-1). Como esperado, a dominância, complementarmente, apresentou o padrão inverso da equitatividade ($PNA < PCA < PSA$, Tabela IV.13.3.1.1-1; Figura IV.13.3.1.1-1).

Tabela IV.13.3.1.1-1 – Número de amostras (N) e valores de biomassa total ($g.m^{-2}$), densidade ($ind.m^{-2}$), riqueza (S), equitatividade de Pielou (J'), diversidade de Shannon (H') e dominância de Simpson (Lambda) obtidos nas áreas Norte (PNA), Centro (PCA) e Sul (PSA) da fácies arenosa da Plataforma Continental.

Área (Polígono)	Parâmetro	N	Média	Mediana	Mínimo	Máximo	Desv. Padrão
Norte (PNA)	Biomassa Total	15	7,33	3,43	1,81	42,08	10,56
	Riqueza	15	38,67	38	27	46	5,73
	Densidade	15	5296,67	5475	1750	9650	2259,01
	Equitatividade	15	0,77	0,79	0,56	0,91	0,11
	Diversidade	15	4,04	4,10	3,08	4,88	0,59
	Dominância	15	0,14	0,11	0,05	0,30	0,09
Centro (PCA)	Biomassa Total	15	6,31	4,46	3,32	16,04	3,67
	Riqueza	15	32,07	31	26	39	3,88
	Densidade	15	5496,67	5550	2900	10375	1840,59
	Equitatividade	15	0,68	0,70	0,49	0,80	0,09
	Diversidade	15	3,38	3,50	2,42	3,90	0,44
	Dominância	15	0,22	0,18	0,13	0,37	0,08
Sul (PSA)	Biomassa Total	15	8,18	8,45	2,77	13,64	3,54
	Riqueza	15	47,60	45	28	66	9,88
	Densidade	15	16055	17625	4075	30400	7813,05
	Equitatividade	15	0,51	0,47	0,21	0,84	0,17
	Diversidade	15	2,85	2,52	1,13	4,51	0,98
	Dominância	15	0,38	0,40	0,08	0,77	0,20

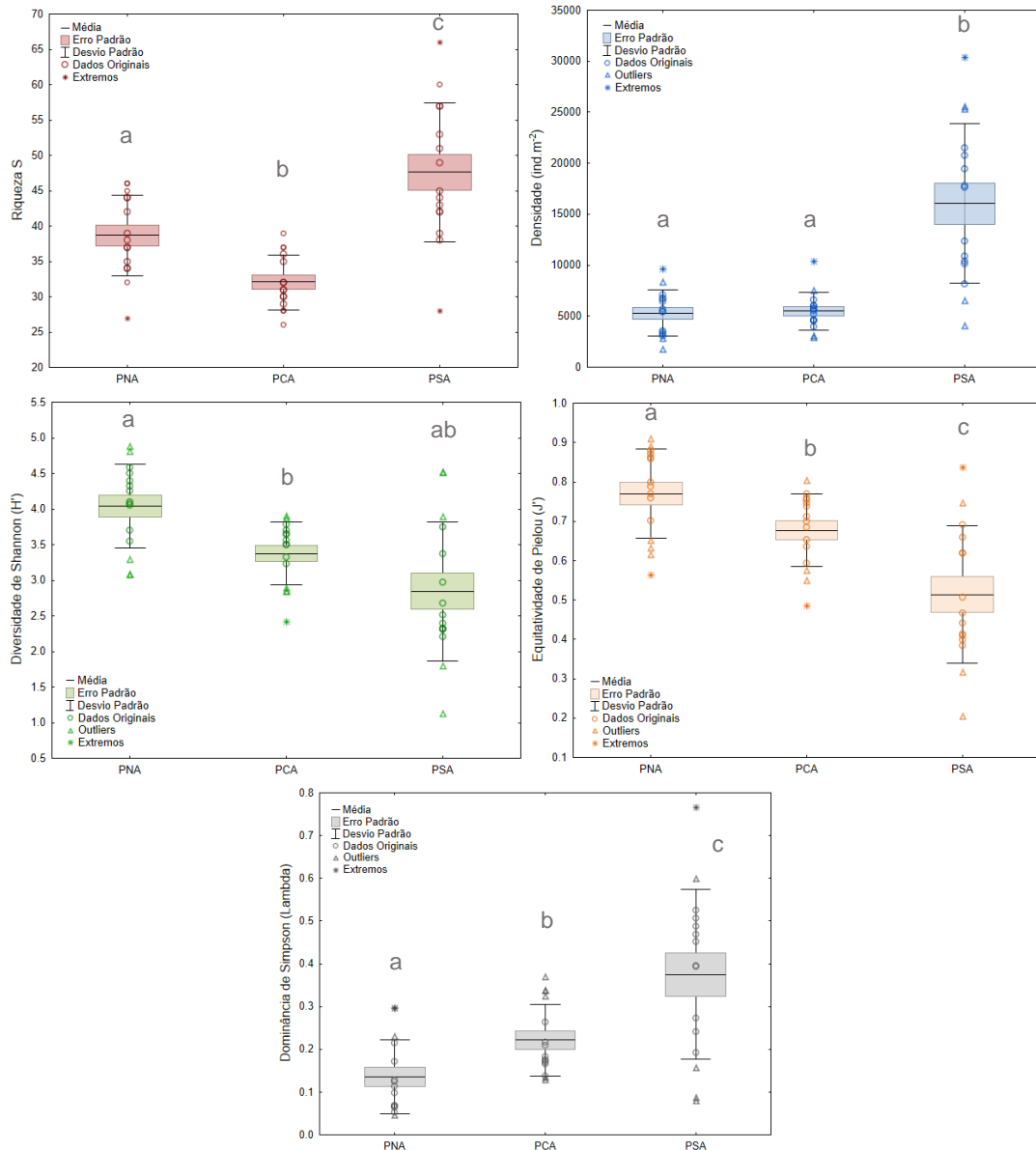


Figura IV.13.3.1.1-1. Box-plot da riqueza de taxa (S), densidade (ind./m^2), diversidade de Shannon (H'), equitatividade de Pielou (J') e dominância de Simpson (Lambda) dos polígonos arenosos da área Norte (PNA), Centro (PCA) e Sul (PSA) da Plataforma Continental. Letras diferentes conotam diferença significativa entre os polígonos ($p < 0,05$).

Em relação à composição e densidade de táxons da macrofauna bentônica das áreas Norte, Centro e Sul arenosa da Plataforma Continental, foram encontradas diferenças significativas entre todas as áreas (PERMANOVA, $p < 0,01$; Tabela IV.13.3.1.1-2). A análise de escalonamento multidimensional não métrica (nMDS) indicou que as áreas Norte, Centro e Sul apresentaram composição distinta

entre si (Figura IV.13.3.1.1-2). As análises SIMPER demonstraram que, com exceção de Pilargidae e Orbiniidae, ambas famílias de Polychaeta, todas as famílias que contribuíram para a distinção dos polígonos foram de Crustacea (Tabela IV.13.3.1.1-2). Na Figura IV.13.3.1.1-3 podemos observar que o número de famílias que totalizam 80% da densidade dos polígonos decai no sentido Norte-Sul, apontando para a presença de comunidades menos equitativas na área Sul, com dominância dos crustáceos Chevaliidae.

Os resultados das análises PERMANOVA entre os polígonos do PMAR-BC e do PCR-BC podem ser observados no Anexo IV.13.7-4.

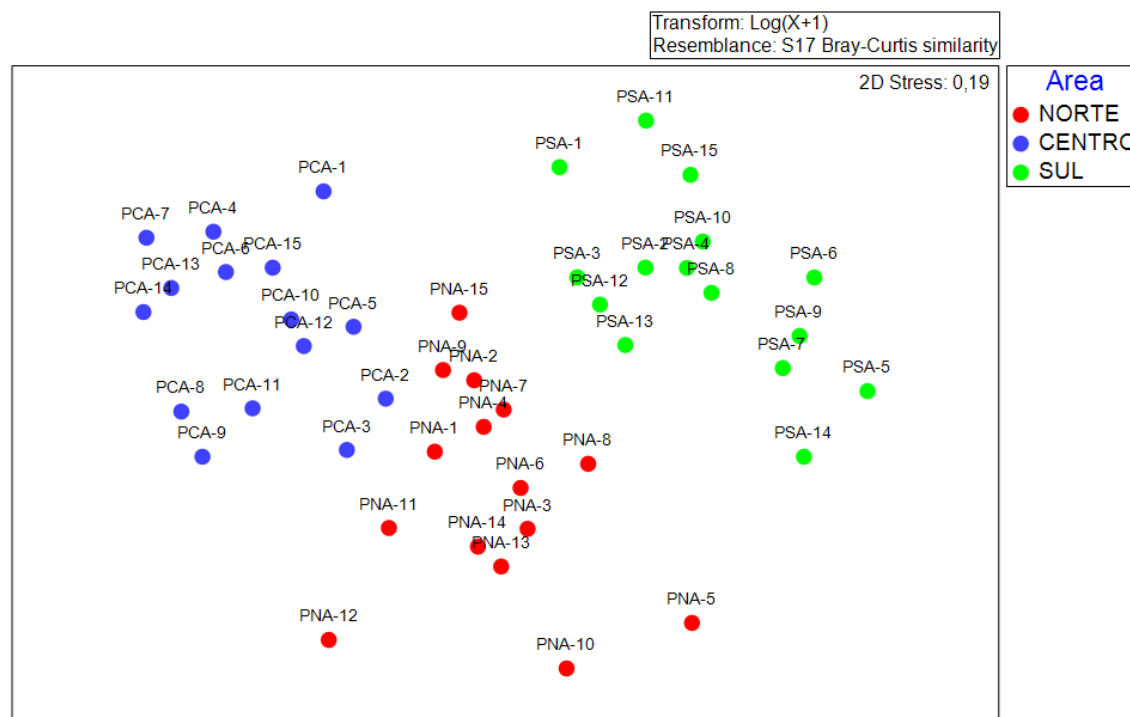


Figura IV.13.3.1.1-2. NMDS com base na matriz de similaridade (Bray-Curtis) calculada entre as densidades da macrofauna nas amostras da Plataforma Continental dos polígonos arenosos nas áreas Norte (PNA), Centro (PCA) e Sul (PSA).

Tabela IV.13.3.1.1-2 – Contribuição (%) dos táxons da macrofauna bentônica para as diferenças entre as áreas Norte (PNA), Centro (PCA) e Sul (PSA) na fácies arenosa da Plataforma Continental, junto à densidade média (ind.m²) dos táxons em cada polígono. Os cinco táxons com maior contribuição foram listados. Em negrito, valores de $p < 0,05$.

Táxon	Contribuição (%)	Média PNA	Média PCA	Média PSA
Centro x Norte (t = 2,80, p = 0,001)				
Chevaliidae (Crustacea)	3,04	1492	893	-
Ampeliscidae (Crustacea)	2,52	347	23	-
Pilargidae (Polychaeta)	2,32	153	12	-
Orbiniidae (Polychaeta)	2,21	7	67	-
Anthuridae (Crustacea)	2,19	112	12	-
Centro x Sul (t = 3,84, p = 0,001)				
Chevaliidae (Crustacea)	3,21	-	893	10288
Ampeliscidae (Crustacea)	2,53	-	23	677
Hyssuridae (Crustacea)	2,36	-	03	172
Amphilochidae (Crustacea)	2,25	-	0	137
Urothoidae (Crustacea)	2,02	-	137	7
Norte x Sul (t = 2,69, p = 0,001)				
Chevaliidae (Crustacea)	2,23	1492	-	10288
Amphilochidae (Crustacea)	2,12	5	-	137
Urothoidae (Crustacea)	1,88	90	-	7
Melitidae (Crustacea)	1,87	3	-	147
Kalliapseudidae (Crustacea)	1,83	0	-	53

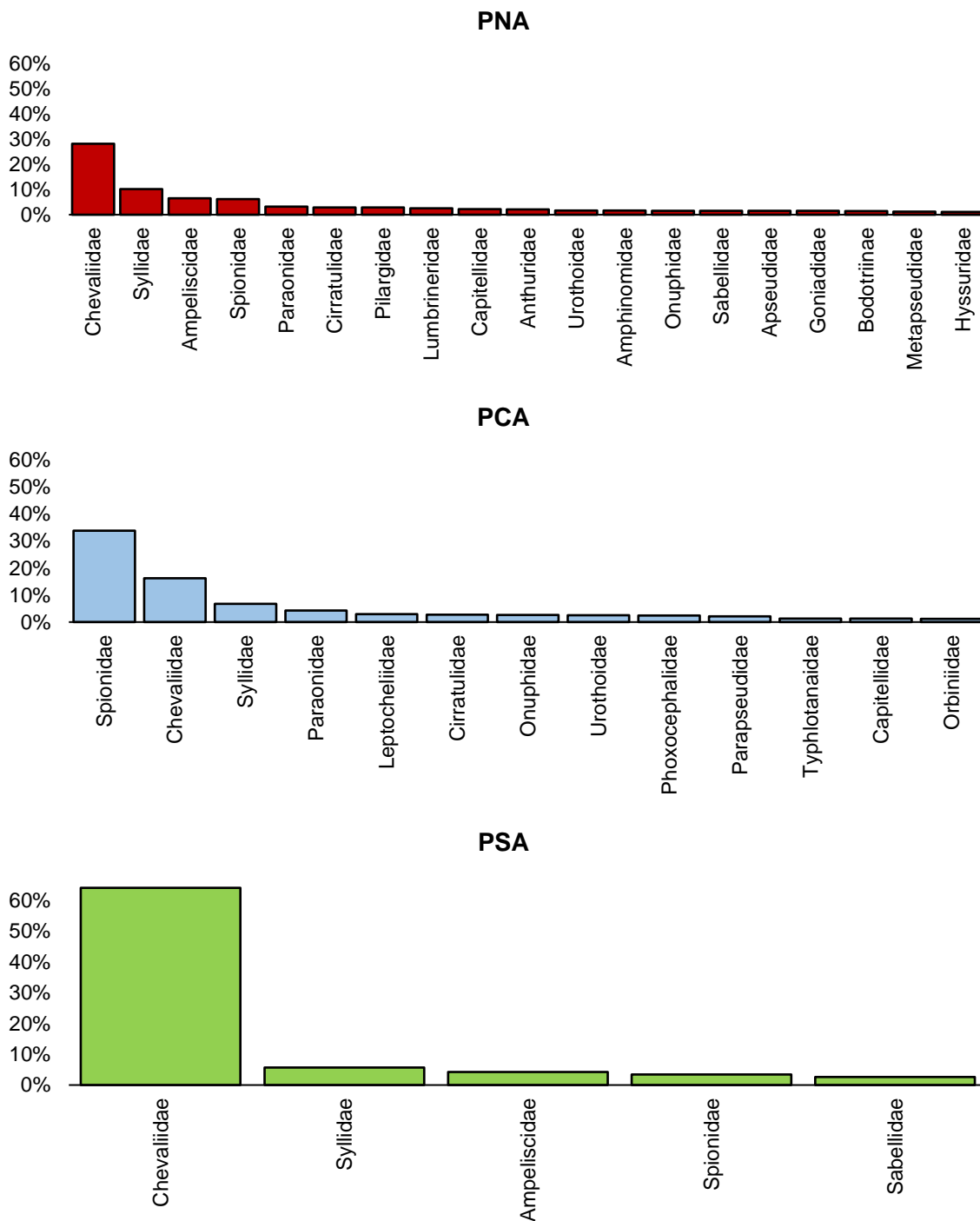


Figura IV.13.3.1.1-3 - Densidade relativa dos táxons que acumulam 80% da densidade total nos polígonos arenosos da área Norte (PNA), Centro (PCA) e Sul (PSA) da Plataforma Continental.

IV.13.3.1.2 – Plataforma Carbonática

A plataforma carbonática apresentou um total de 289775 indivíduos/m² em um total de 43 amostras. Como na Plataforma Arenosa, Crustacea foi o grupo de maior contribuição para a densidade total (76 famílias, 159375 ind/m² - 55%). Polychaeta apresentou um total de 38 famílias e 127175 ind/m² (43,89%), e Mollusca apresentou um total de 20 famílias e 3225 ind/m² (1,11%). A biomassa total na plataforma carbonática foi de 181,77 g/m², com maiores contribuições de Polychaeta (104,11 g/m²), seguido por Crustacea (57,60 g/m²) e Mollusca (20,05 g/m²).

Entre os polígonos PNC, PCC e PSC, assim como na Plataforma Continental Arenosa, não houve grande variação na biomassa total (Tabela IV.13.3.1.2-1). Entretanto, de forma contrária ao observado nos polígonos arenosos, a riqueza na área Centro do polígono carbonático foi maior que nas demais áreas (PCC > PNC = PSC; Figura IV.13.3.1.2-1). Os demais parâmetros (densidade, diversidade, equitatividade e dominância) seguiram o mesmo padrão observado anteriormente para a Plataforma Arenosa (Norte – Sul: ↑ Densidade ↑Dominância ↓Diversidade ↓Equitatividade) (Figura IV.13.3.1.2-1).

Tabela IV.13.3.1.2-1. Número de amostras (N) e valores de biomassa total ($g.m^{-2}$), densidade ($ind.m^{-2}$), riqueza (S), equitatividade de Pielou (J'), diversidade de Shannon (H') e dominância de Simpson (Lambda) obtidos nas áreas Norte (PNC), Centro (PCC) e Sul (PSC) carbonática da Plataforma Continental.

Área (Polígono)	Parâmetro	N	Média	Mediana	Mínimo	Máximo	Desv. Padrão
Norte (PNC)	Biomassa Total	13	3,49	3,10	1,14	7,39	1,52
	Riqueza	13	36,46	36	30	41	3,28
	Densidade	13	4284,62	3800	2125	7325	1416,07
	Equitatividade	13	0,85	0,86	0,74	0,90	0,05
	Diversidade	13	4,39	4,44	3,89	4,63	0,24
	Dominância	13	0,08	0,07	0,06	0,15	0,03
Centro (PCC)	Biomassa Total	15	5,19	3,91	1,65	15,83	3,49
	Riqueza	15	43,47	42	32	66	8,12
	Densidade	15	6718,33	6350	3775	11225	2109,11
	Equitatividade	15	0,80	0,82	0,62	0,86	0,07
	Diversidade	15	4,33	4,41	3,37	5,06	0,45
	Dominância	15	0,10	0,08	0,06	0,24	0,05
Sul (PSC)	Biomassa Total	15	3,91	3,87	1,08	5,97	1,38
	Riqueza	15	35,93	38	17	47	8,55
	Densidade	15	8886,67	4600	1075	31700	8911,33
	Equitatividade	15	0,66	0,84	0,23	0,95	0,28
	Diversidade	15	3,41	4,42	1,22	4,81	1,48
	Dominância	15	0,28	0,07	0,05	0,73	0,29

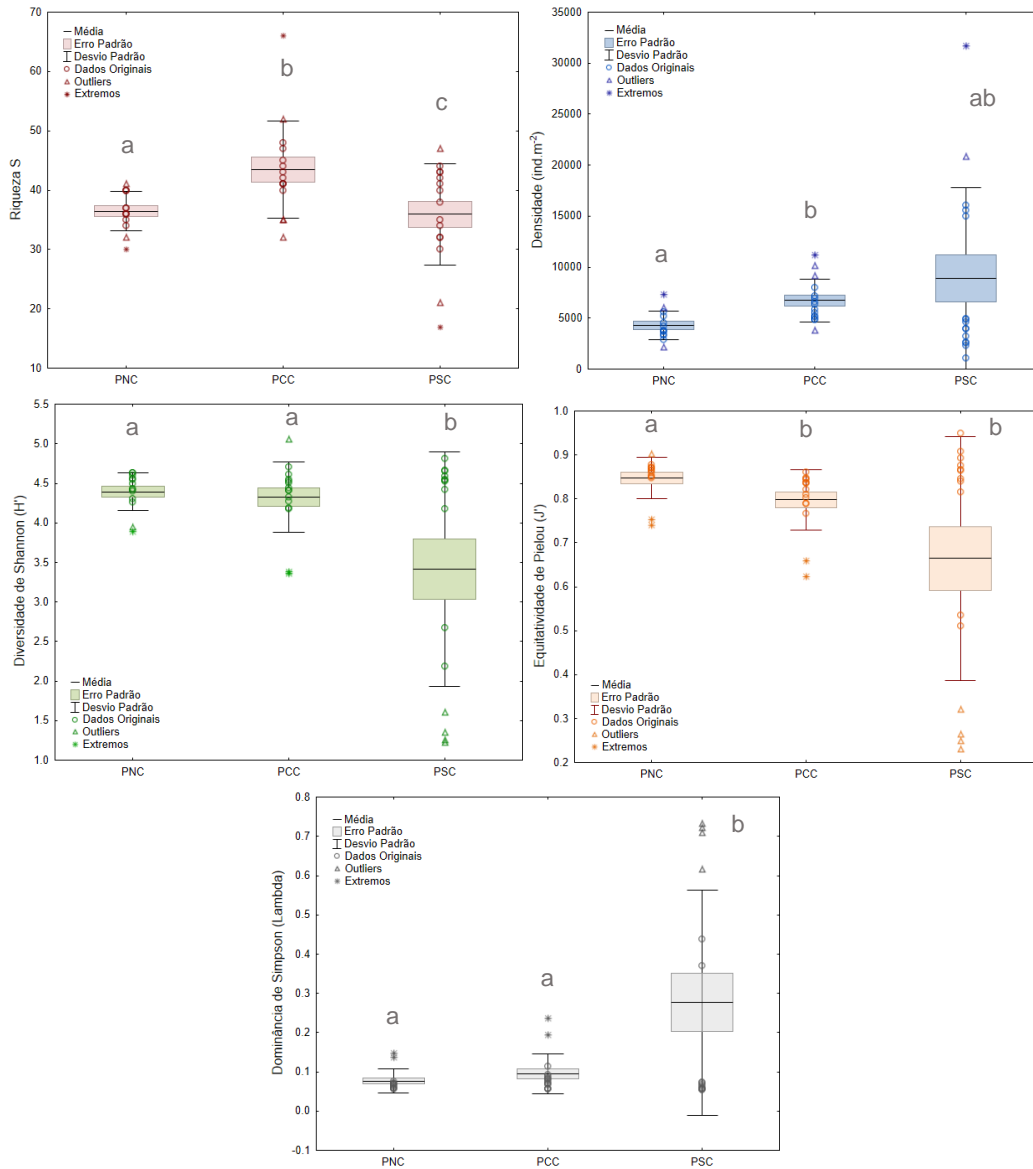


Figura IV.13.3.1.2-1 – Box-plot de riqueza de taxa (S), densidade (ind./m^2), diversidade de Shannon (H'), equitabilidade de Pielou (J') e dominância de Simpson (Lambda) dos polígonos carbonáticos da área Norte (PNC), Centro (PCC) e Sul (PSC) da Plataforma Continental. Letras diferentes conotam diferença significativa entre os polígonos ($p < 0,05$).

Tabela IV.13.3.1.2-2 – Contribuição (%) dos táxons da macrofauna bentônica para as diferenças entre as áreas Norte (PNC), Centro (PCC) e Sul (PSC) na fácies carbonática da Plataforma Continental, junto à densidade média (ind.m²) dos táxons em cada polígono. Os cinco táxons com maior contribuição foram listados. Em negrito, valores de $p < 0,05$.

Táxon	Contribuição (%)	Média PNC	Média PCC	Média PSC
Centro x Norte (t = 2,53, p = 0,001)				
Cossuridae (Polychaeta)	2,31	73	0	-
Glyceridae (Polychaeta)	2,22	10	103	-
Orbiniidae (Polychaeta)	2,2	360	52	-
Chevaliidae (Crustacea)	2,11	562	778	-
Opheliidae (Polychaeta)	2,05	4	72	-
Centro x Sul (t = 2,32, p = 0,001)				
Chevaliidae (Crustacea)	2,46	-	778	5495
Urothoidae (Crustacea)	1,95	-	75	0
Typhlotanaidae (Crustacea)	1,92	-	62	5
Agathotanaidae (Crustacea)	1,83	-	48	0
Dorvilleidae (Polychaeta)	1,8	-	53	8
Norte x Sul (t = 2,80, p = 0,001)				
Agathotanaidae (Crustacea)	2,51	83	-	0
Chevaliidae (Crustacea)	2,39	562	-	5495
Orbiniidae (Polychaeta)	2,38	360	-	28
Urothoidae (Crustacea)	2,22	96	-	0
Cossuridae (Polychaeta)	2,21	73	-	0

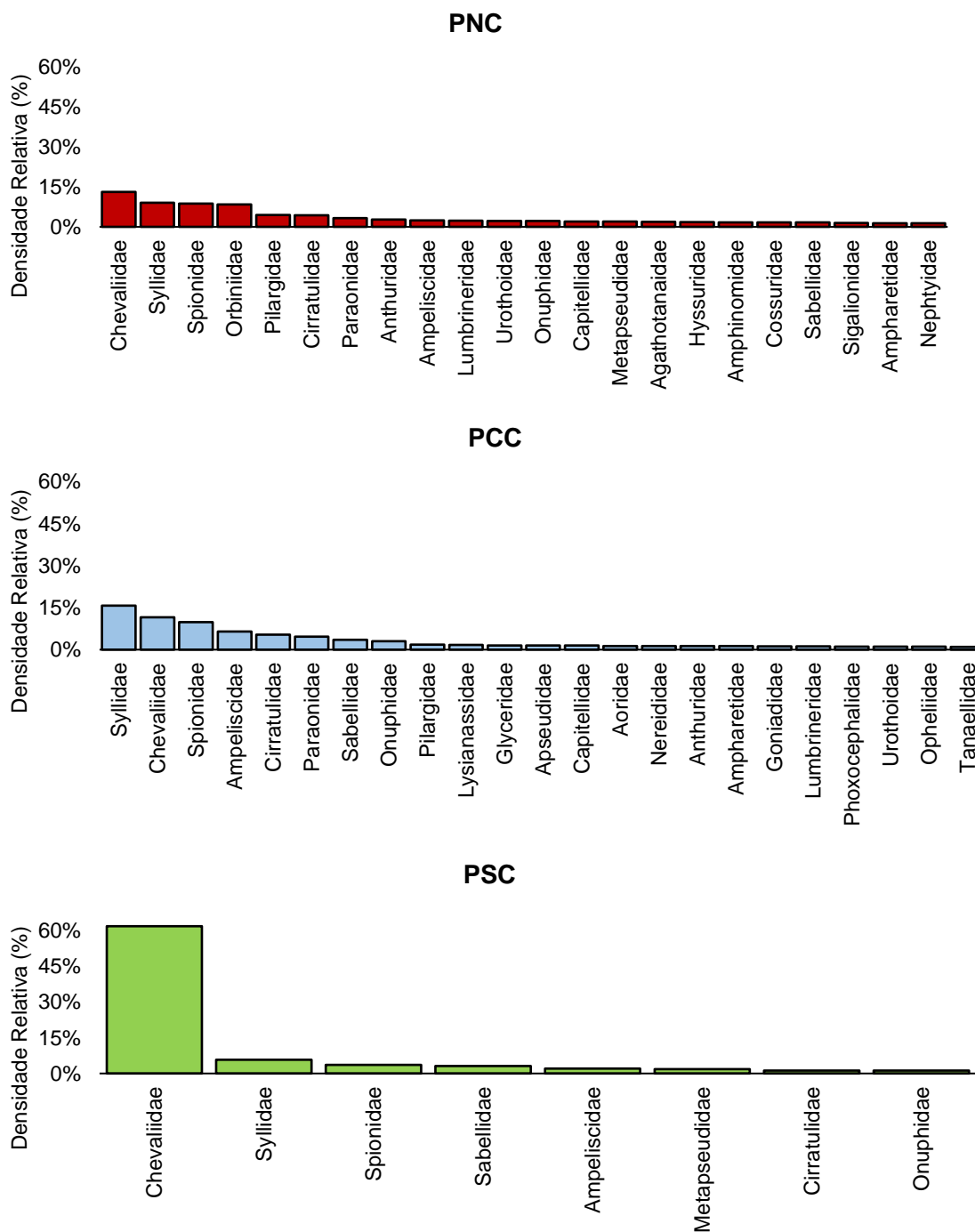


Figura IV.13.3.1.2-3 - Densidade relativa dos táxons que acumulam 80% da densidade total nos polígonos carbonáticos da área Norte (PNC), Centro (PCC) e Sul (PSC) da Plataforma Continental.

IV.13.3.1.3 – Plataforma Lamosa

A plataforma lamosa apresentou um total de 86125 indivíduos/m² em um total de 20 amostras. Polychaeta foi responsável por mais de 50% da densidade total do polígono, com 38 famílias e 45600 ind/m². Crustacea apresentou um total de 47 famílias e 29900 ind/m² (34,72%). O grupo Mollusca, por sua vez, mesmo que ainda com baixas contribuições em comparação aos demais grupos (16 famílias e 10625 ind/m² - 12,33%), apresentou na Plataforma Lamosa densidades mais expressivas que as observadas na Plataforma arenosa e carbonática (1,13 e 1,11% da densidade total, respectivamente). A biomassa total no polígono PSL foi de 139,71 g/m² (Polychaeta 96,78 g/m²; Mollusca 22,18 g/m²; Crustacea 20,75 g/m²). As características dos parâmetros da Plataforma Lamosa podem ser observadas na Tabela IV13.3.1.3-1.

Tabela IV.13.3.1.3-1 – Número de amostras (N) e valores de biomassa total (g.m⁻²), densidade (ind.m⁻²), riqueza (S), equitatividade de Pielou (J'), diversidade de Shannon (H'²) e dominância de Simpson (Lambda) obtidos na fácies lamosa da Plataforma Continental, na área Sul.

Parâmetro	N	Média	Mediana	Mínimo	Máximo	Desv. Padrão
Biomassa Total	20	6,37	4,56	2,12	25,33	5,49
Riqueza	20	36,10	37,00	28,00	41,00	3,55
Densidade	20	4306,25	4350,00	2325,00	6175,00	952,73
Equitatividade	20	0,87	0,87	0,80	0,91	0,03
Diversidade	20	4,48	4,55	4,02	4,82	0,23
Dominância	20	0,07	0,06	0,05	0,11	28,13

A Figura IV.13.3.1.3-1 nos permite observar que 80% da densidade total de organismos registrados no polígono esteve distribuída entre 21 famílias, dentre elas doze de poliquetas, sete de crustáceos e duas de moluscos. De fato, o polígono PSL apresentou, dentre os demais polígonos da plataforma, o maior valor médio de equitatividade (0,87) e o menor de dominância (0,07).

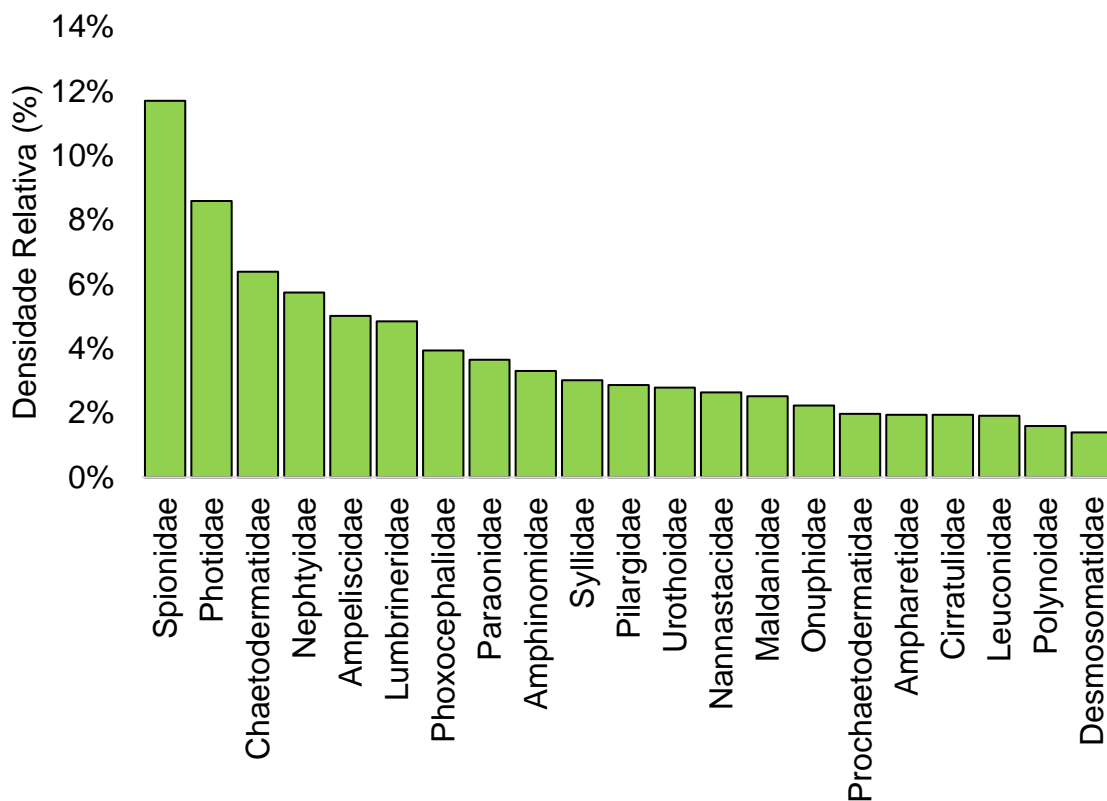


Figura IV.13.3.1.3-1 - Densidade relativa dos táxons que acumulam 80% da densidade total no polígono lamoso da Plataforma Continental.

IV.13.3.1.4. Comparação PMAR-BC e PCR-BC

De modo geral, os projetos PMAR-BR e PCR-BC, apresentaram semelhanças na composição da macrofauna bentônica, sendo que no PCR-BC Polychaeta também foi o grupo dominante (52,86% da densidade total), seguido de Crustacea (35,35%) e Mollusca (11,79%). Podemos observar, através da análise de escalonamento não métrico (nMDS), que as amostras do PMAR-BC (pontos azuis) e do PCR-BC (pontos vermelhos) apresentam grande sobreposição, não sendo possível diferenciar facilmente as nuvens de pontos dos dois projetos (Figura IV.13.3.1.4-1).

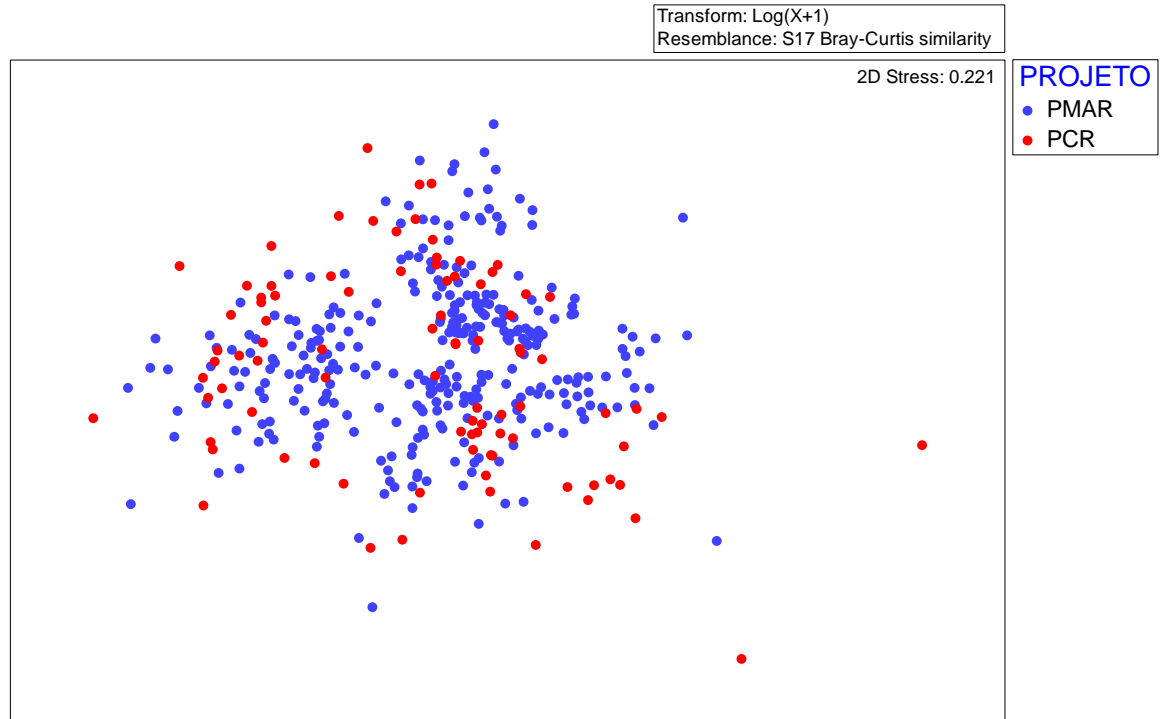


Figura IV.13.3.1.4-1 - NMDS com base na matriz de similaridade (Bray-Curtis) calculada entre as densidades da macrofauna nas amostras do PMAR-BC (pontos azuis) e PCR-BC (pontos vermelhos).

A Figura IV.13.3.1.4-2 mostra as correlações de Pearson entre as variáveis sintéticas descritoras das comunidades (biomassa de Polychaeta, Crustacea, Mollusca e biomassa total, riqueza, densidade, equitatividade, diversidade e dominância). Nesta, podemos observar que as variáveis que mais distinguiram os polígonos do PMAR-BC daqueles do PCR-BC foram a biomassa de Mollusca (BIOM_MOLL, maior no PMAR-BC) e a riqueza de táxons (S, maior no PCR-BC).

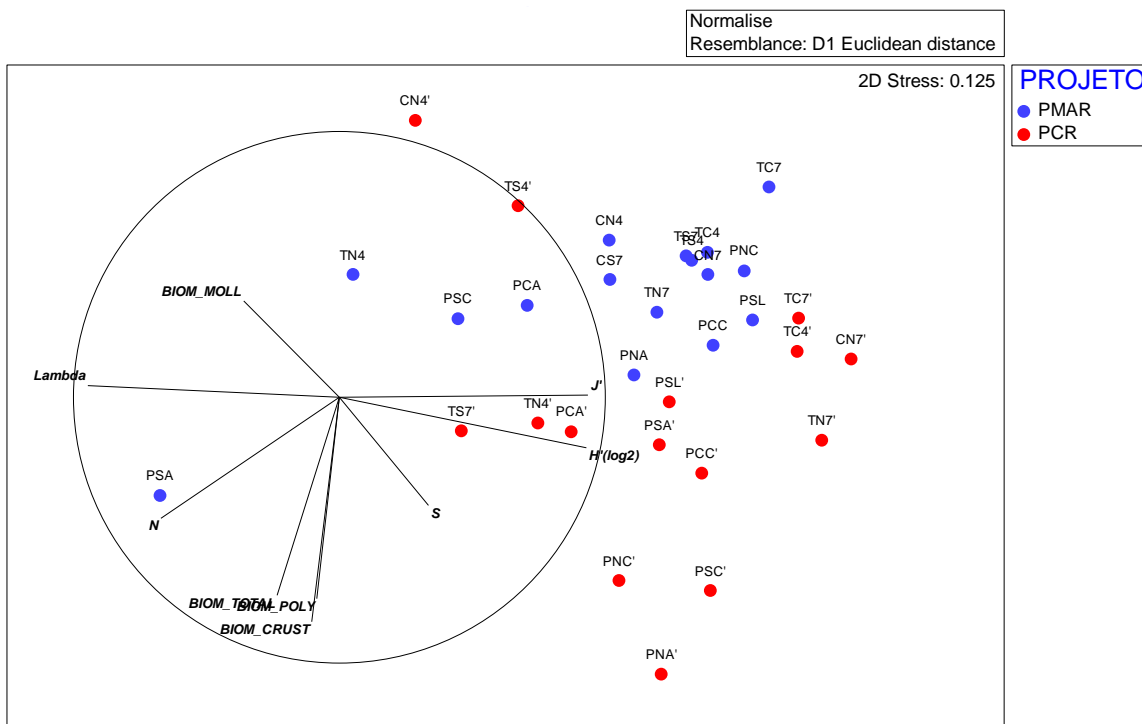


Figura IV.13.3.1.4-2. NMDS com base na matriz de similaridade (Distância Euclidiana) calculada entre as densidades da macrofauna nos polígonos do PMAR-BC (pontos azuis) e PCR-BC (pontos vermelhos). A correlação de Pearson entre as variáveis sintéticas está sobreposta como vetores escalares.

Plataforma Continental

Apesar das amostras da Plataforma Continental do PMAR-BC e PCR-BC estarem agrupadas em nuvens de pontos com localizações ligeiramente diferentes verticalmente (PMAR-BC, círculos cheios, mais ao sul do plano; e PCR-BC, círculos vazados, mais ao norte do plano), na Figura IV.13.3.1.4-3 podemos observar que os polígonos correspondentes dos dois projetos (mesma província, isóбата, área e fácies – pontos com cores iguais) apresentam, horizontalmente, o mesmo padrão de distribuição. Assim, podemos supor que mesmo que o fator Projeto possa estar influenciando na composição e densidade dos táxons da macrofauna bentônica, outros fatores também parecem ser determinantes para a similaridade das amostras (e.g. fácies).

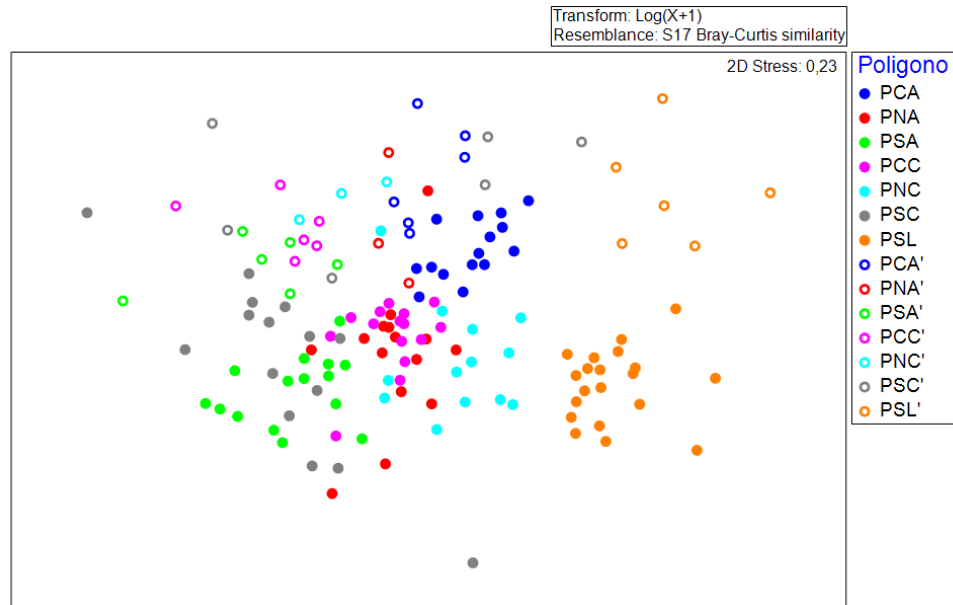


Figura IV.13.3.1.4-3 - NMDS com base na matriz de similaridade (Bray-Curtis) calculada entre as densidades da macrofauna nas amostras da Plataforma Continental dos projetos PMAR-BC e PCR-BC, com destaque para os diferentes polígonos.

Plataforma Arenosa

De modo geral, os descritores ecológicos das comunidades (biomassa, riqueza, densidade total, diversidade, equitatividade e dominância) dos polígonos da plataforma arenosa não apresentaram diferenças significativas entre os projetos PMAR-BC e PCR-BC, apresentando os mesmos padrões de aumento da densidade e dominância, e diminuição da diversidade e equitatividade em direção ao Sul da Bacia de Campos.

Somente foram encontradas diferenças em relação à composição e densidade de táxons da macrofauna bentônica nos polígonos da área sul (PSA x PSA'; $t = 1,515$, $p < 0,004$). Os organismos que mais contribuíram com a dissimilaridade entre estes polígonos foram Chevaliidae (C), Ampeliscidae (C), Pilargidae (P) e Ampharetidae (P), com densidade mais elevada no PMAR-BC e Caprellidae (C) com densidade mais elevada no PCR-BC.

Os resultados das análises PERMANOVA e PERMDISP de comparação entre os polígonos do PMAR-BC e do PCR-BC podem ser observados no Anexo IV.13.7-5.

Plataforma Carbonática

O parâmetro que mais distinguiu os projetos PMAR-BC do PCR-BC na Plataforma Carbonática foi a biomassa total, considerando que esta foi significativamente maior no PCR-BC nas três áreas de estudo. Já para as demais variáveis sintéticas (riqueza, densidade total, diversidade, equitatividade e dominância), foram encontradas diferenças entre os projetos somente na área norte (PNC x PNC'), sendo que o PCR-BC apresentou riqueza e densidade de organismos mais elevadas.

A composição e densidade de táxons das comunidades somente diferiram entre os polígonos das áreas Norte (PNC x PNC') e Centro (PCC x PCC'). Entre os polígonos PNC e PNC' os organismos que mais contribuíram com a dissimilaridade foram Pilargidae (P), Onuphiidae (P) e Ampharetidae (P) que ocorreram em maior densidade no PMAR-BC e Aoridae (C) e Phyllodocydae (P) que apresentaram maior densidade no PCR-BC. Já entre PCC e PCC' os organismos que mais contribuíram com a dissimilaridade foram Pilargidae (P) e Onuphiidae (P) que ocorreram em maior densidade no PMAR-BC e Caprelliidae (C), Chevaliidae (C) e Pholoididae (P) que ocorreram em maior densidade no PCR-BC.

Os resultados das análises PERMANOVA e PERMDISP de comparação entre os polígonos do PMAR-BC e do PCR-BC podem ser observados no Anexo IV.13.7-5.

Plataforma Lamosa

A plataforma lamosa diferiu significativamente entre o PMAR-BC e o PCR-BC em relação à riqueza (PMAR-BC > PCR-BC; $t = 3,75$, $p = 0,003$), densidade total (PMAR-BC > PCR-BC; $t = 1,96$, $p = 0,014$), diversidade (PMAR-BC > PCR-BC; $t = 3,51$, $p = 0,004$) e dominância (PCR-BC > PMAR-BC; $t = 2,16$, $p = 0,036$) (Figura IV.13.3.1.4-4).

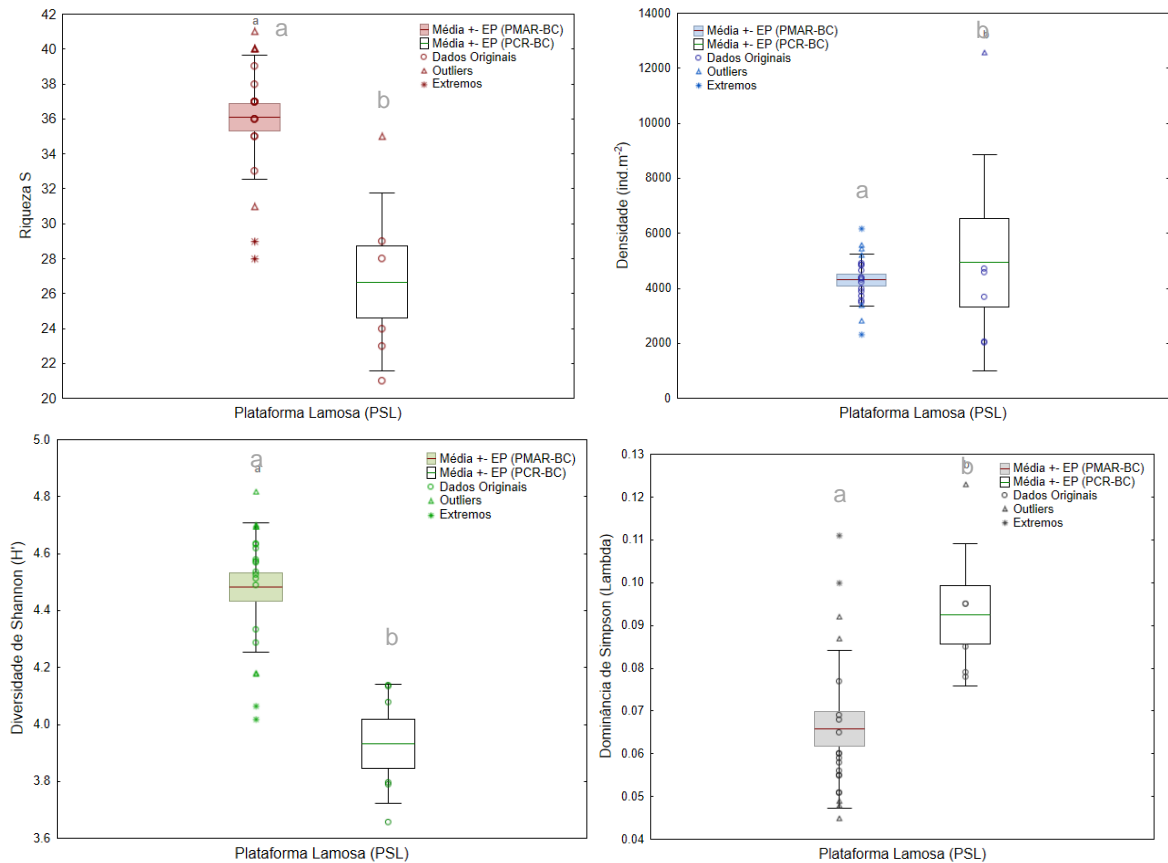


Figura IV.13.3.1.4-4. Box-plot de riqueza de taxa (S), densidade (ind./m²), diversidade de Shannon (H') e dominância de Simpson (Lambda) dos polígonos lamosos do PMAR-BC (PSL) e do PCR-BC (PSL'). Letras diferentes conotam diferença significativa entre os polígonos ($p < 0,05$).

Em relação à composição e densidade de táxons, foi encontrada diferença significativa entre os projetos para o polígono PSL ($t = 2,08$, $p=0,001$). As famílias que mais contribuíram com a dissimilaridade foram Chaetodermatidae (M), Pilargidae (P), Photidae (C) e Onuphidae (P) que ocorreram em maior densidade em PSL e Paranthuridae (C) que apresentou maior densidade em PSL'.

Os resultados das análises PERMANOVA e PERMDISP de comparação entre os polígonos do PMAR-BC e do PCR-BC podem ser observados no Anexo IV.13.7-5.

IV.13.3.2 - Talude e Cânions

Em todos os polígonos localizados nas províncias de Talude e Cânions, Polychaeta foi o grupo dominante, seguido por Crustacea e Mollusca (Figura IV.13.3.2-1). Exceção à esse padrão pôde ser observada somente no polígono norte do Talude na isóbata de 400 m (TN4) e no Cânion sul na isóbata de 700 m (CS7), que apresentaram densidades maiores de Mollusca em comparação à Crustacea (Figura IV.13.3.2-1). Assim como na Plataforma, o Talude e Cânions também apresentaram 21 famílias que contribuíram com 80% da densidade total, seguindo o mesmo padrão de dominância de Polychaeta (12 famílias), seguido de Crustacea (6 famílias) e Mollusca (3 famílias) (Figura IV.13.3.2-2). Entretanto, diferentemente da Plataforma, que apresentou Chevaliidae (Crustacea) como família de maior contribuição para a densidade total da província, o Talude e Cânions apresentaram quatro famílias de Polychaeta com maiores densidades relativas (Paraonidae, Spionidae, Syllidae e Cirratulidae), totalizando 47,96% da densidade total destes locais (Figura IV.13.3.2-2).

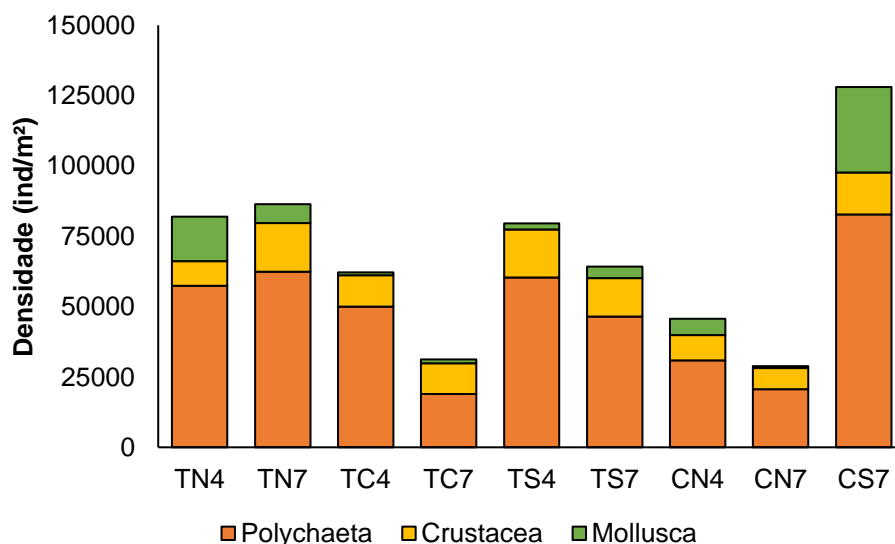


Figura IV.13.3.2-1. Densidade total (ind/m²) para os grupos Polychaeta, Crustacea e Mollusca encontrados em cada polígono do Talude e Cânions.

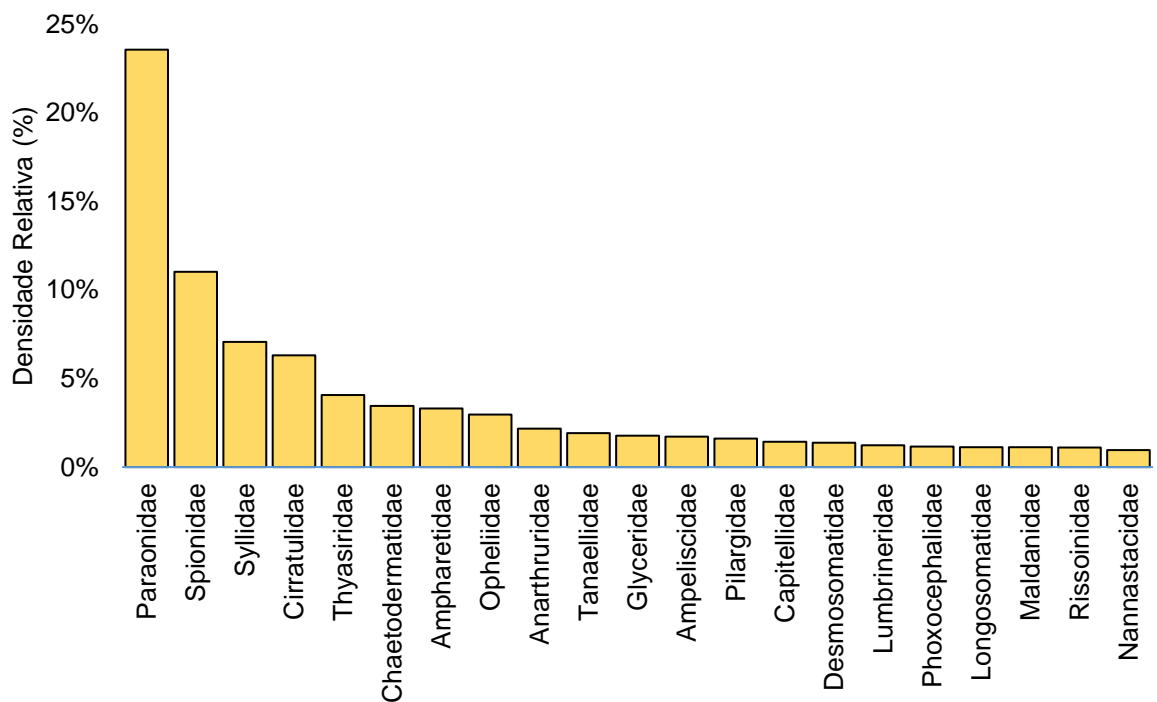


Figura IV.13.3.2-2. Densidade relativa dos táxons que acumulam 80% da densidade total no Talude e Cânions.

Os valores de densidade encontrados nos polígonos do Talude apresentaram tendência de decaimento na área Centro, especialmente na isóbata de 700 m (TC7) (Figura IV.13.3.2-3). Nos Cânions, a área Sul foi a que apresentou maiores densidades (CS7), sendo que na área Norte, a isóbata de 700 m (CN7) apresentou uma média expressivamente menor que a de 400 m (CN4) (Figura IV.13.3.2-3). No geral, foi possível observar uma diminuição da densidade em função do aumento da batimetria na província de Talude nas áreas Centro e Sul, e na província de Cânion na área Norte (Figura IV.13.3.2-3). Em relação à plataforma, os valores de biomassa total encontrados por estação foram menores no Talude e Cânions, o que pode ser observado pela ausência de círculos maiores e mais escuros nos mapas de distribuição (Figuras IV.13.3.2-4 e IV.13.3.2-5).

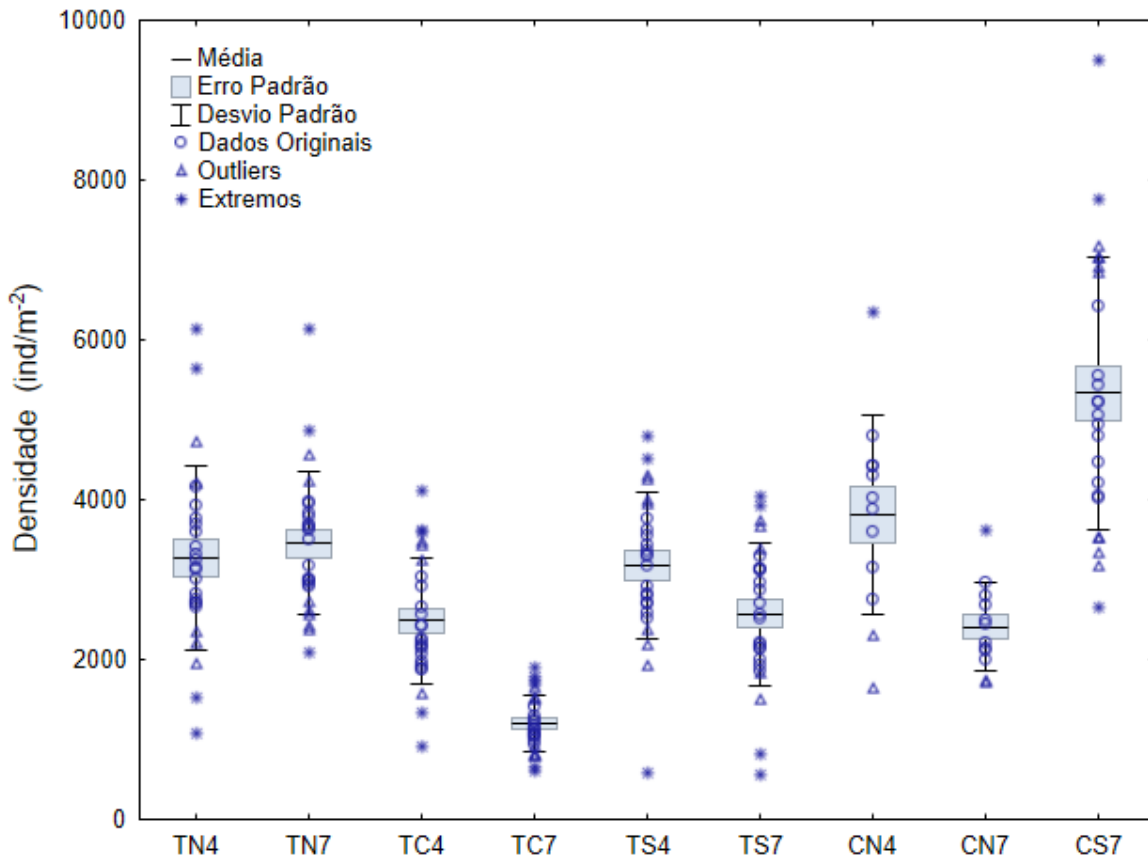


Figura IV.13.3.2-3. Box-plot da densidade (ind/m²) dos polígonos do Talude e Cânions, ao longo das áreas (Norte, Centro e Sul) da Bacia de Campos.

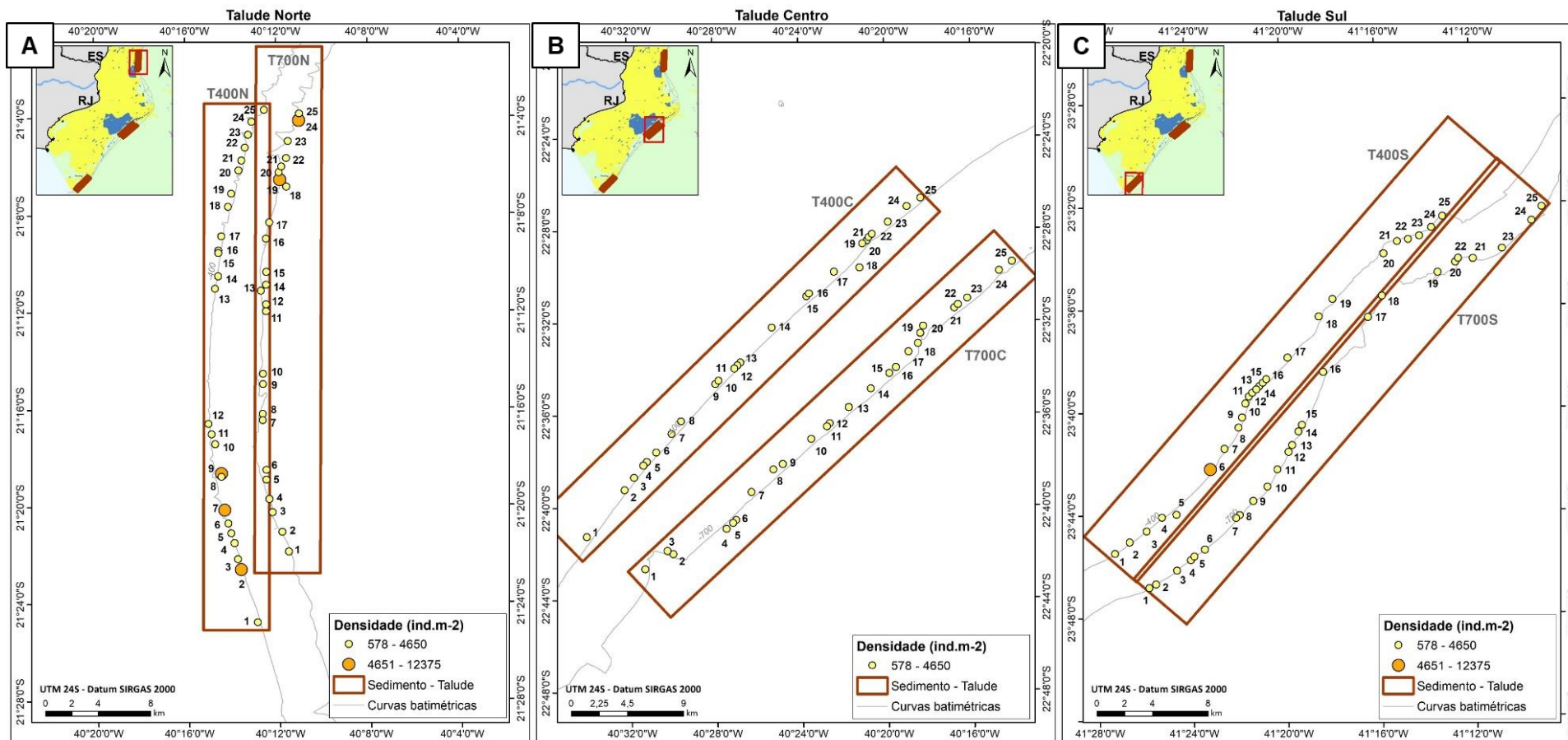


Figura IV.13.3.2-4 - Distribuição da densidade da macrofauna bentônica (ind.m⁻²) obtida ao longo das áreas (A) Norte, (B) Centro e (C) Sul do talude a 400 metros e 700 metros de profundidade.

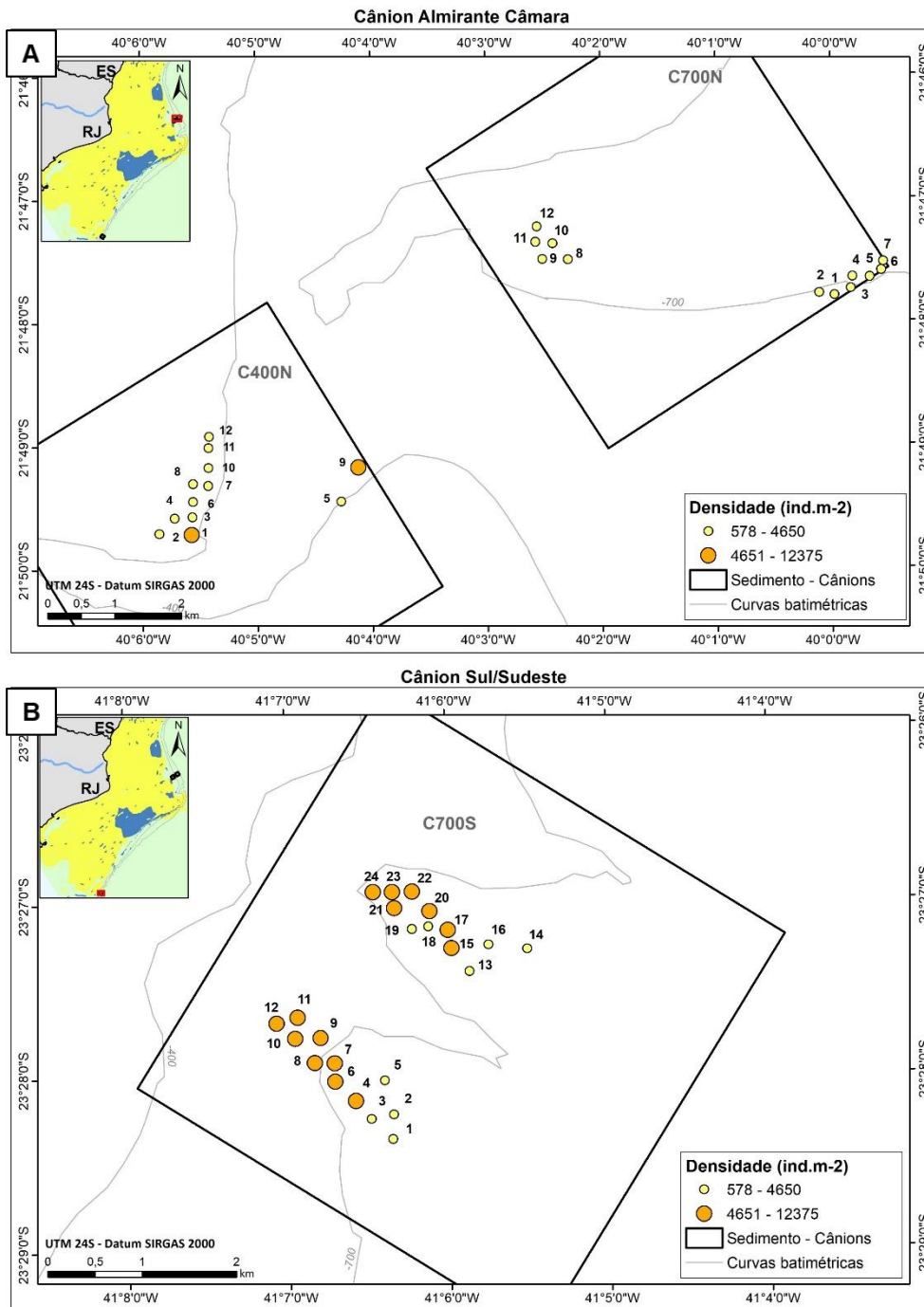


Figura IV.13.3.2-5 - Distribuição da densidade da macrofauna bentônica (ind.m²) obtida ao longo das áreas (A) Norte e (B) Sul do cânion a 400 metros e 700 metros de profundidade.

A biomassa seguiu o mesmo padrão observado para os valores de densidade nos polígonos do Talude e Cânions, com uma baixa na área Centro do Talude em relação às demais áreas, e valor médio maior no Cânion Sul-Sudeste (CS7) que no Cânion Almirante-Câmara (CN4 e CN7) (Figura IV.13.3.2-6). Os maiores valores de biomassa total foram observados na área Norte do Talude, especialmente na isóbata de 400 m (TN4), o que pode ser observado pela presença de círculos maiores e mais escuros (classes de valores mais elevadas) nesta área no Talude (Figura IV.13.3.2-7). O polígono CS7 apresentou uma média maior em relação à CN4 e CN7, apontando que o padrão de presença de valores maiores de densidade e biomassa na área Norte, observado no Talude, não se estendeu à província dos Cânions (Figura IV.13.3.2-7). No Talude, Polychaeta contribuiu expressivamente com a biomassa total nas estações, enquanto nos Cânions pudemos observar um aumento na contribuição dos táxons de Mollusca, especialmente no polígono CS7. Os mapas de distribuição da biomassa considerando a contribuição de Polychaeta, Crustacea e Mollusca podem ser observados no Anexo IV.13.7-3.

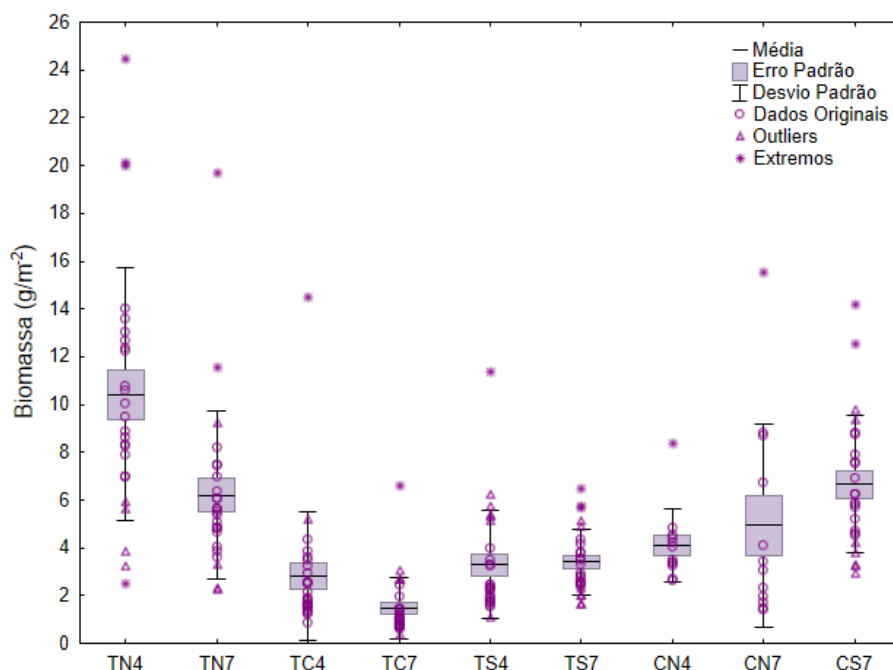


Figura IV.13.3.2-6. Box-plot da biomassa (g/m^2) dos polígonos do Talude e Cânions, ao longo das áreas (Norte, Centro e Sul) da Bacia de Campos.

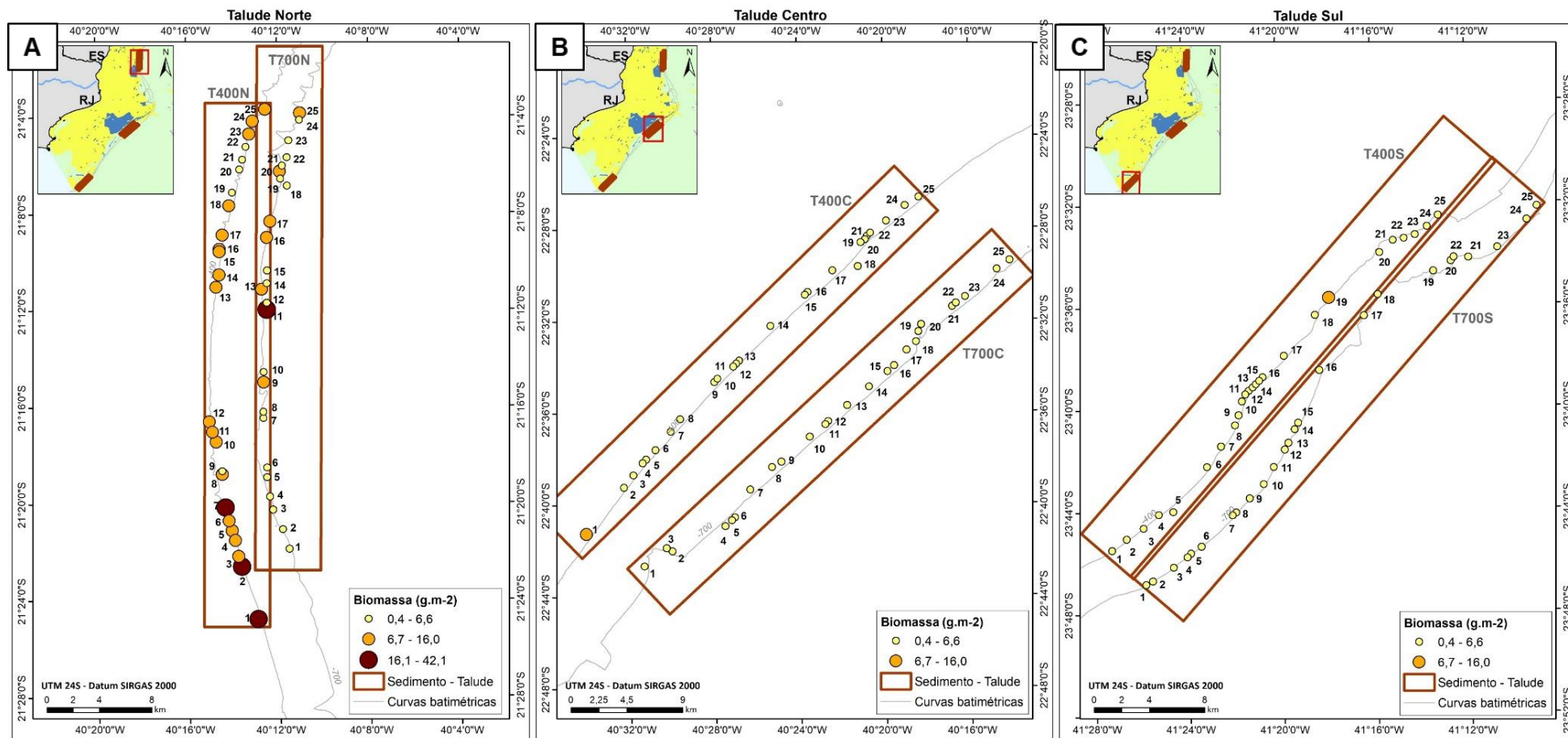


Figura IV.13.3.2-7 - Distribuição da biomassa da macrofauna bentônica (g.m⁻²) obtida ao longo das áreas (A) Norte, (B) Centro e (C) Sul do talude a 400 metros e 700 metros de profundidade.

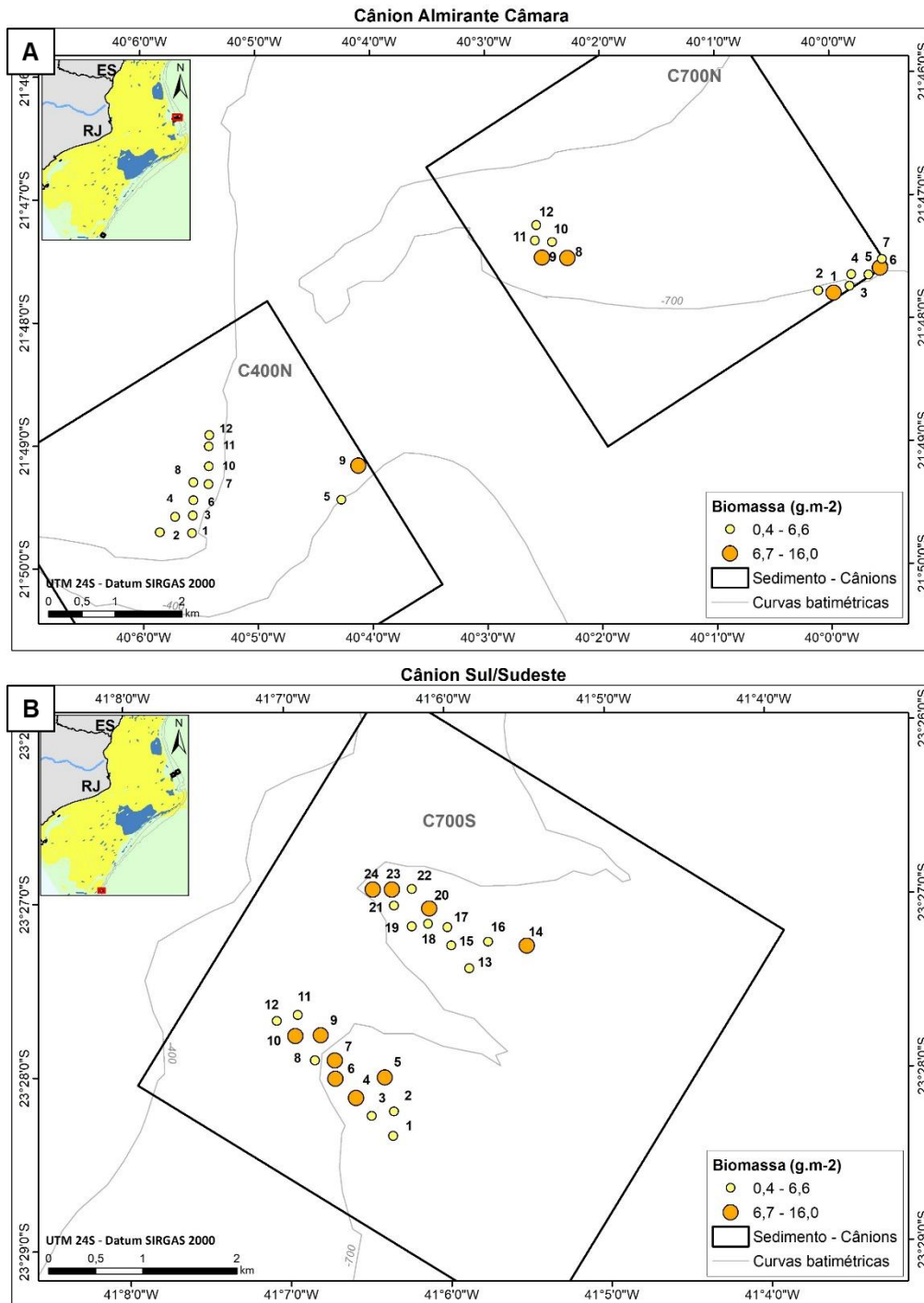


Figura IV.13.3.2-8 - Distribuição da biomassa ($g.m^{-2}$) obtida ao longo das áreas (A) Norte e (B) Sul do cânion a 400 metros e 700 metros de profundidade.

A análise de escalonamento multidimensional não métrica (nMDS) indicou distinções em relação à composição e densidade de táxons nos polígonos do Talude e Cânions (Figura IV.13.3.2-9). Houve a formação de dois grupos distintos,

um formado pelas amostras dos polígonos da isóbata de 400 m (circunferência preta), e outro formado pelas amostras dos polígonos da isóbata de 700 m (circunferência azul) (Figura IV.13.3.2-9).

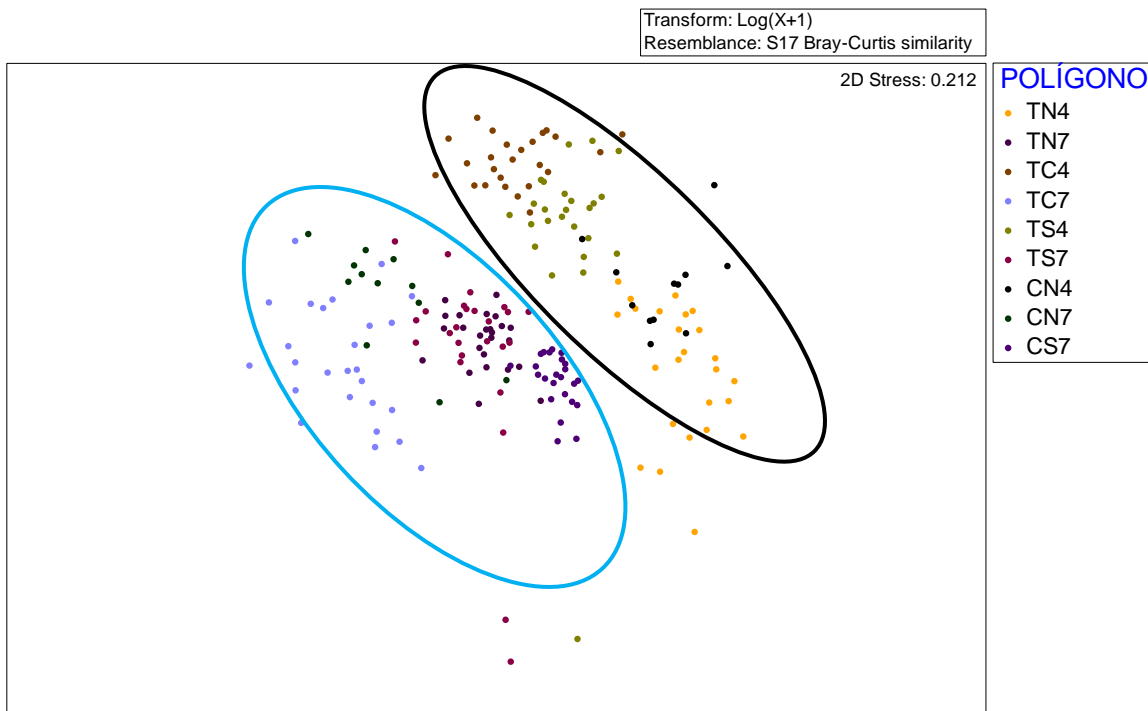


Figura IV.13.3.2-9. NMFDS com base na matriz de similaridade (Bray-Curtis) calculada entre as densidades da macrofauna nas amostras do Talude e Cânions, nas isóbatas de 400 e 700 m.

A avaliação das correlações de Pearson entre os táxons principais (> 5% de abundância relativa) do Talude e Cânions possibilitou a distinção das famílias que contribuíram para a dissimilaridade entre a comunidade bentônica da isóbata de 400 m (pontos vermelhos) e da isóbata de 700 m (pontos verdes), com destaque para Agathotanaidae (C), com maior dominância na isóbata de 700 m e Nephtyidae (P), com maior dominância na isóbata de 400 m (Figura IV.13.3.2-10). Complementarmente, a análise da Figura IV.13.3.2-11, com as correlações de Pearson entre as variáveis sintéticas descritoras das comunidades (biomassa de Polychaeta, Crustacea, Mollusca e biomassa total, riqueza, densidade, equitatividade, diversidade e dominância) demonstra que o fator que mais distinguiu as amostras entre as áreas Norte, Centro e Sul, foi a biomassa (tanto total – BIOM_TOTAL, quanto de Polychaeta – BIOM_POLY).

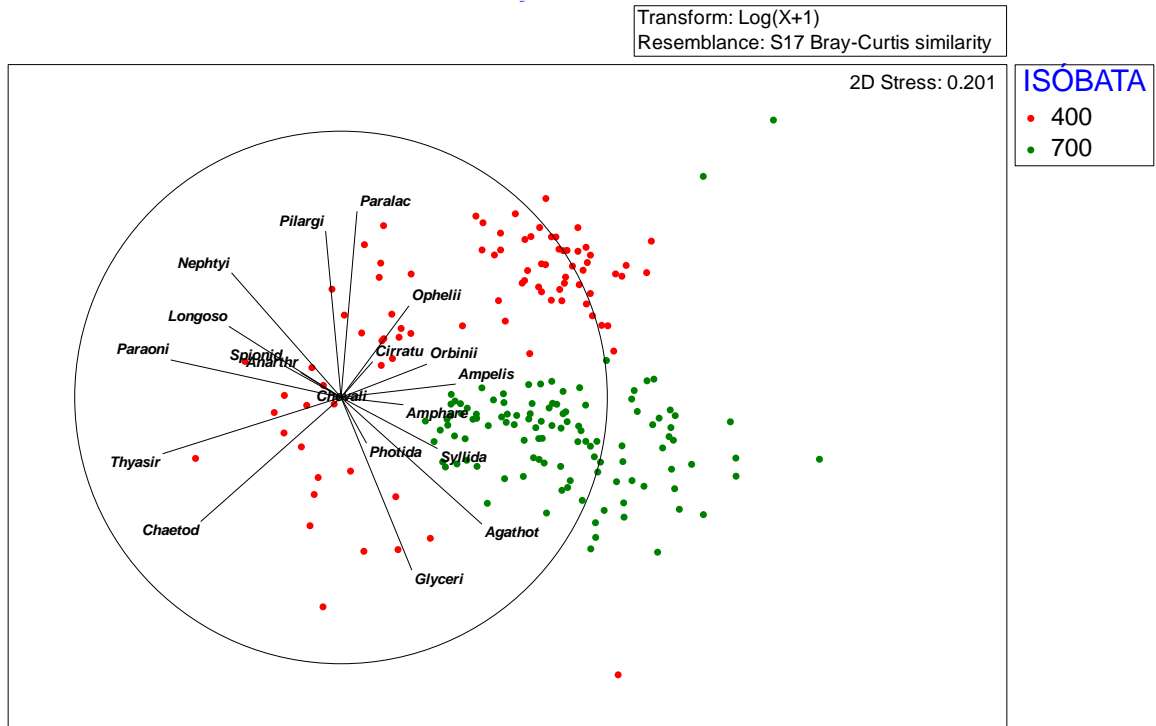


Figura IV.13.3.2-10 - NMDS com base na matriz de similaridade (Bray-Curtis) calculada entre as densidades da macrofauna nas amostras do Talude e Cânions, com destaque para as isóbatas de 400 e 700 m. A correlação de Pearson entre os táxons principais está sobreposta como vetores escalares.

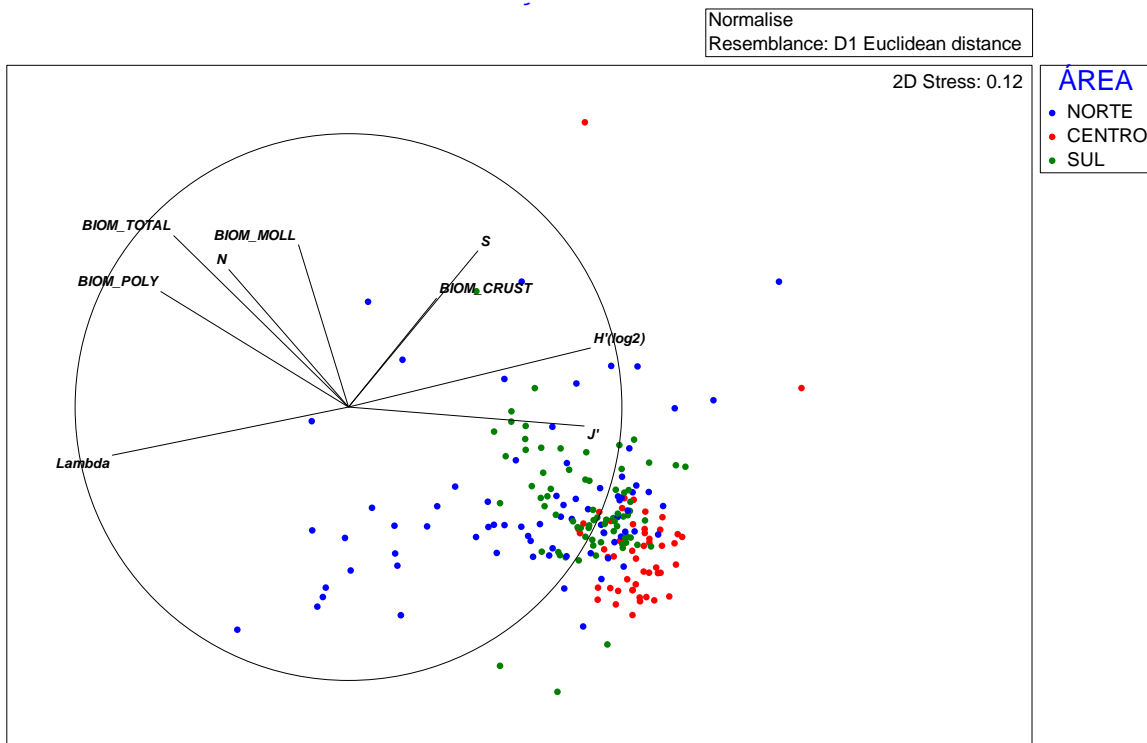


Figura IV.13.3.2-11 - NMDS com base na matriz de similaridade (Distância Euclidiana) calculada entre as densidades da macrofauna nas amostras do Talude e Cânions, com destaque para as áreas Norte, Centro e Sul. A correlação de Pearson entre as variáveis sintéticas está sobreposta como vetores escalares.

IV.13.3.2.1 – Talude na isóbata de 400 m

O Talude na isóbata de 400 m apresentou um total de 223644 indivíduos/m² em um total de 75 amostras. Polychaeta teve densidade expressivamente mais alta (42 famílias, 167744 ind/m², 75% da densidade total) que Crustacea (57 famílias, 38344 ind/m², 17,15%) e Mollusca (30 famílias, 17556 ind/m², 7,85%). A biomassa total dos polígonos TN4, TC4 e TS4 foi de 401,47 g/m², também com maior contribuição de Polychaeta (357,44 g/m²) em relação à Crustacea (27,90 g/m²) e Mollusca (16,12 g/m²).

Em comparação a TC4 e TS4, o polígono TN4 apresentou maiores valores de biomassa, densidade e dominância, e menores valores de riqueza, diversidade e equitatividade (Tabela IV.13.3.2.1-1; Figura IV.13.3.2.1-1). Com exceção da densidade, que foi menor em TC4 do que TS4, estes polígonos apresentaram valores semelhantes dentre as demais variáveis sintéticas (Figura IV.13.3.2.1-1).

Tabela IV.13.3.2.1-1 – Número de amostras (N) e valores de biomassa total ($g.m^{-2}$), densidade ($ind.m^{-2}$), riqueza (S), equitatividade de Pielou (J'), diversidade de Shannon (H') e dominância de Simpson (Lambda) obtidos nas três áreas (Norte, Centro e Sul) da isóbata de 400 m do Talude.

Área (Polígono)	Parâmetro	N	Média	Mediana	Mínimo	Máximo	Desv. Padrão
Norte (TN4)	Biomassa Total	25	10,42	9,46	2,53	24,46	5,28
	Riqueza	25	24,28	24,00	17,00	33,00	4,80
	Densidade	25	3277,33	3155,56	1088,89	6144,44	1150,80
	Equitatividade	25	0,62	0,58	0,37	0,90	0,14
	Diversidade	25	2,85	2,69	1,59	4,07	0,72
	Dominância	25	0,29	0,31	0,09	0,60	0,14
Centro (TC4)	Biomassa Total	25	2,82	1,90	0,89	14,51	2,67
	Riqueza	25	35,84	37,00	23,00	44,00	5,65
	Densidade	25	2486,22	2266,67	922,22	4122,22	783,14
	Equitatividade	25	0,80	0,80	0,72	0,88	0,04
	Diversidade	25	4,09	4,08	3,59	4,69	0,29
	Dominância	25	0,10	0,09	0,06	0,14	0,02
Sul (TS4)	Biomassa Total	25	3,30	2,33	1,10	11,40	2,25
	Riqueza	25	34,92	34,00	15,00	46,00	6,94
	Densidade	25	3182,22	3288,89	600,00	4811,11	922,02
	Equitatividade	25	0,78	0,78	0,67	0,88	0,05
	Diversidade	25	3,98	4,06	3,45	4,65	0,31
	Dominância	25	0,11	0,10	0,06	0,19	0,03

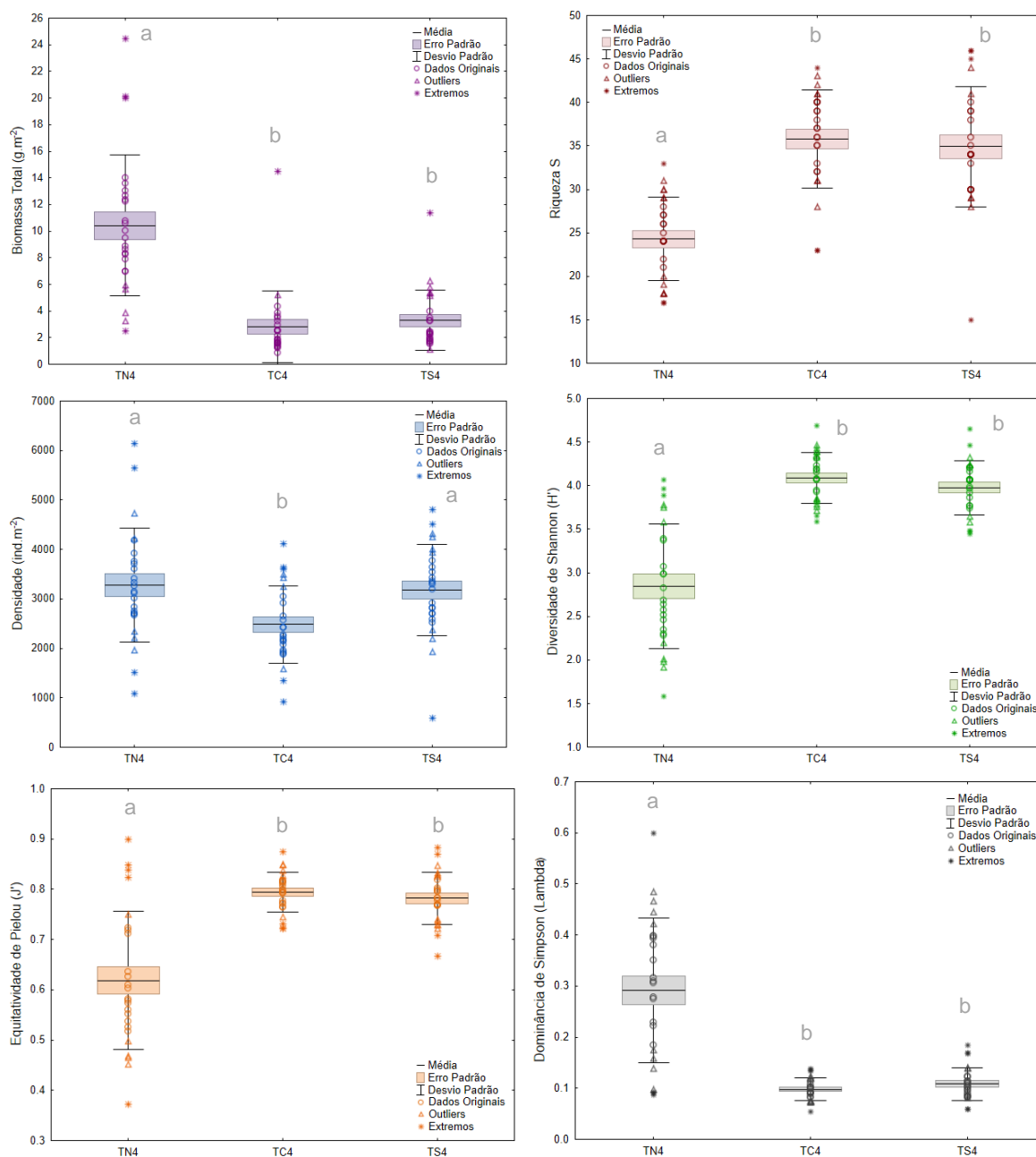


Figura IV.13.3.2.1-1 – Box-plot de biomassa (g/m^2), riqueza de taxa (S), densidade ($\text{ind.}/\text{m}^2$), diversidade de Shannon (H'), equitabilidade de Pielou (J') e dominância de Simpson (Lambda) da macrofauna bentônica para os polígonos TN4, TC4 e TS4. Letras diferentes conotam diferença significativa entre os polígonos ($p < 0,05$).

Foi encontrada diferença significativa entre a macrofauna bentônica dos polígonos TN4, TC4 e TS4, quando considerando a composição e densidade de táxons (Tabela IV.13.3.2.1-2). A análise de escalonamento multidimensional não métrica (nMDS) apontou diferença na localização das nuvens de pontos de cada polígono, sendo que as amostras de TN4 (pontos vermelhos) se distinguiram mais das de TC4 (pontos azuis) e TS4 (pontos verdes) (Figura IV.13.3.2.1-2). Podemos observar, na Figura IV.13.3.2.1-3, que TN4 realmente apresentou uma maior dominância de um menor número de famílias em relação aos demais polígonos, mesmo que as três áreas do Talude na isóbata de 400 m tenham Paraonidae (P) como família mais abundante.

O grupo Mollusca foi o que mais contribuiu para a dissimilaridade entre os polígonos TN4 e os demais, enquanto a comparação entre TC4 e TS4 apontou majoritariamente famílias de Crustacea como discriminantes (Tabela IV.13.3.2.1-2).

Os resultados das análises PERMANOVA entre os polígonos do PMAR-BC e do PCR-BC podem ser observados no Anexo IV.13.7-4.

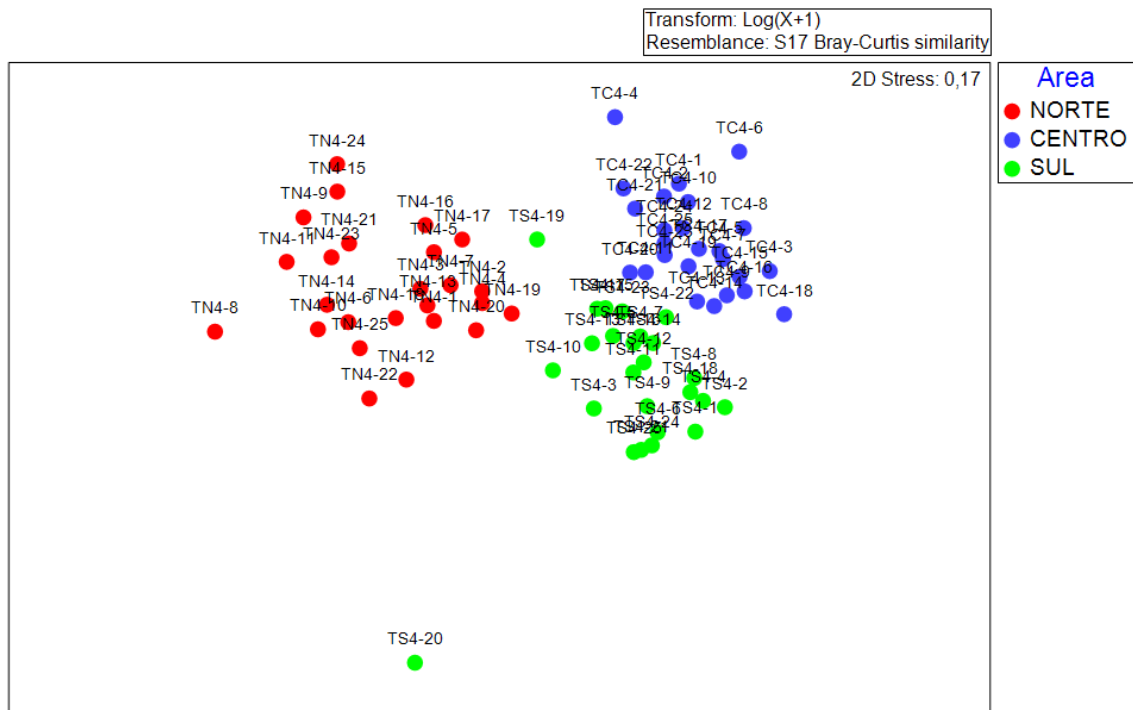


Figura IV.13.3.2.1-2 - NMDS com base na matriz de similaridade (Bray-Curtis) calculada entre as densidades da macrofauna nas amostras dos polígonos TN4, TC4 e TS4.

Tabela IV.13.3.2.1-2 – Contribuição (%) dos táxons da macrofauna bentônica para as diferenças entre as áreas Norte (TN4), Centro (TC4) e Sul (TS4) na isóbata de 400 m do Talude, junto à densidade média (ind.m⁻²) dos táxons em cada polígono. Os cinco táxons com maior contribuição foram listados. Em negrito, valores de $p < 0,05$.

Táxon	Contribuição (%)	Média TN4	Média TC4	Média TS4
Centro x Norte (t = 5,4212, p = 0,001)				
Thyasiridae (Mollusca)	3,44	323	67	-
Opheliidae (Polychaeta)	3,37	7	179	-
Chaetodermatidae (Mollusca)	3,27	80	2	-
Nereididae (Polychaeta)	3,12	1	89	-
Pilargidae (Polychaeta)	2,69	14	211	-
Centro x Sul (t = 3,1258, p = 0,001)				
Nereididae (Polychaeta)	3,33	-	89	1
Apseudidae (Crustacea)	2,41	-	26	1
Colletteidae (Crustacea)	2,4	-	8	51
Nannastacidae (Crustacea)	2,2	-	25	130
Melitidae (Crustacea)	2,05	-	35	37
Norte x Sul (t = 4,726, p = 0,001)				
Paralacydonidae (Polychaeta)	3,47	1	-	168
Thyasiridae (Mollusca)	3,34	323	-	25
Opheliidae (Polychaeta)	3,25	7	-	163
Nannastacidae (Crustacea)	2,98	4	-	130
Chaetodermatidae (Mollusca)	2,93	80	-	6

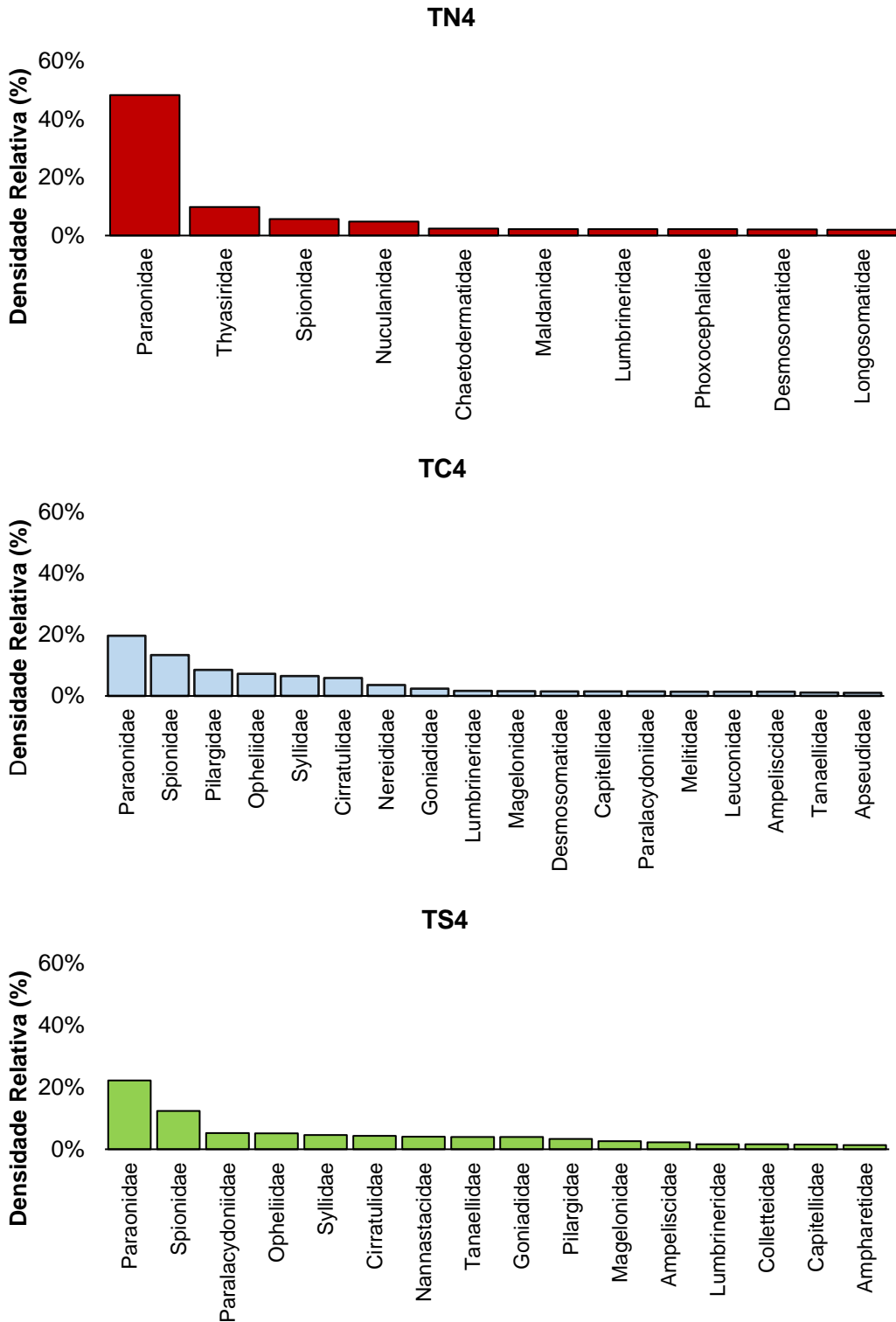


Figura IV.13.3.2.1-3 - Densidade relativa dos táxons que acumulam 80% da densidade total nas áreas norte (TN4), centro (TC4) e sul (TS4) do Talude na isóbata de 400 m.

IV.13.3.2.2 – Talude na isóbata de 700 m

O talude na isóbata de 700 metros apresentou um total de 181922 indivíduos/m² em um total de 76 amostras. Mantendo o padrão encontrado na área de estudo, Polychaeta foi o grupo dominante, com 38 famílias e 127822 ind/m² (70,26%). Crustacea apresentou um total de 59 famílias e 42689 ind/m² (23,56%), e Mollusca apresentou um total de 26 famílias e 11411 ind/m² (6,27%).

A biomassa total no talude na isóbata de 700 metros foi de 278,36 g/m², com maior contribuição de Polychaeta (206,87 g/m²), seguido de Crustacea (44,24 g/m²) e Mollusca (27,24 g/m²). Podemos observar que, apesar de baixa em relação aos demais grupos, a densidade e biomassa de Mollusca foi mais expressiva nos polígonos de fasciologia lamosa (todos do Talude e Cânions e a Plataforma Lamosa) do que nos de fasciologia arenosa e carbonática.

Na isóbata de 700 m do Talude, a área que apresentou características mais distintas das demais foi a área Centro (TC7) (Figura IV.13.3.2.2-1). Esta apresentou menor biomassa, riqueza, densidade e dominância, e maior diversidade e equitatividade em comparação às áreas Norte e Sul (Figura IV.13.3.2.2-1). Tais resultados apontam que mesmo com menores valores de riqueza e densidade de táxons, a comunidade do polígono TN4 foi mais diversa e apresentou maior equitatividade na contribuição de cada família para a composição da macrofauna bentônica.

Tabela IV.13.3.2.2-1 – Número de amostras (N) e valores de biomassa total ($g.m^{-2}$), densidade ($ind.m^{-2}$), riqueza (S), equitatividade de Pielou (J'), diversidade de Shannon (H') e dominância de Simpson (Lambda) obtidos nas três áreas (Norte, Centro e Sul) da isóbata de 700 m do Talude.

Área (Polígono)	Parâmetro	N	Média	Mediana	Mínimo	Máximo	Desv. Padrão
Norte (TN7)	Biomassa Total	25	6,19	5,49	2,24	19,72	3,51
	Riqueza	25	39,28	39,00	30,00	51,00	4,99
	Densidade	25	3455,56	3511,11	2100,00	6133,33	896,14
	Equitatividade	25	0,74	0,76	0,60	0,81	0,06
	Diversidade	25	3,92	4,08	3,19	4,47	0,36
	Dominância	25	0,13	0,11	0,08	0,26	0,05
Centro (TC7)	Biomassa Total	26	1,48	1,02	0,37	6,62	1,27
	Riqueza	26	29,04	27,50	21,00	41,00	5,65
	Densidade	26	1202,99	1127,78	622,22	1911,11	360,04
	Equitatividade	26	0,87	0,87	0,78	0,93	0,03
	Diversidade	26	4,20	4,19	3,64	4,69	0,28
	Dominância	26	0,08	0,08	0,05	0,13	0,02
Sul (TS7)	Biomassa Total	25	3,40	2,97	1,63	6,49	1,35
	Riqueza	25	35,04	36,00	12,00	47,00	8,11
	Densidade	25	2570,22	2566,67	577,78	4044,44	901,74
	Equitatividade	25	0,78	0,77	0,71	0,85	0,04
	Diversidade	25	3,94	3,98	2,56	4,52	0,43
	Dominância	25	0,11	0,11	0,07	0,27	0,04

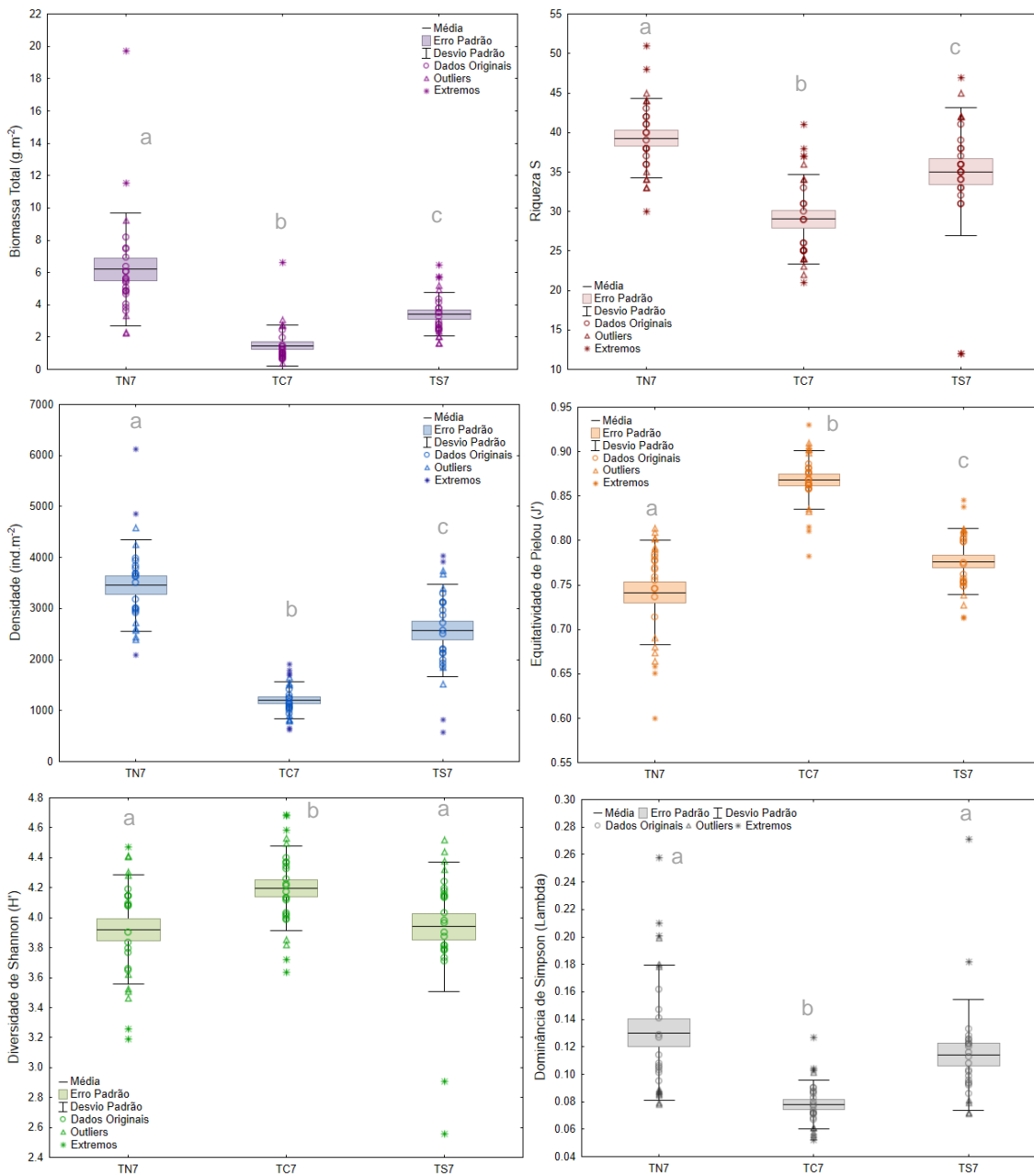


Figura IV.13.3.2.2-1 – Box-plot da biomassa (g/m²), riqueza de taxa (S), densidade (ind./m²), diversidade de Shannon (H'), equitabilidade de Pielou (J) e dominância de Simpson (Lambda) da macrofauna bentônica nos polígonos TN7, TC7 e TS7.

Foi encontrada diferença significativa entre as comunidades da macrofauna bentônica dos polígonos TN7, TC7 e TS7 (Tabela IV.13.3.2.2-2). A análise de escalonamento multidimensional não métrica (nMDS) reforçou a maior diferenciação da área Centro em relação às demais, que pode ser observada pela localização dos pontos de TC7 (pontos azuis), mais distantes das demais (Figura IV.13.3.2.2-2). Os táxons que mais contribuíram com a diferenciação das comunidades entre os polígonos foram majoritariamente do grupo Polychaeta (Tabela IV.13.3.2.2-2). Complementarmente, através da Figura IV.13.3.2.2-3, podemos observar a maior equitatividade na contribuição das famílias na composição do polígono TC7, e a diferença entre os táxons mais expressivos em cada polígono do Talude da isóbata de 700 m.

Os resultados das análises PERMANOVA entre os polígonos do PMAR-BC e do PCR-BC podem ser observados no Anexo IV.13.7-4.

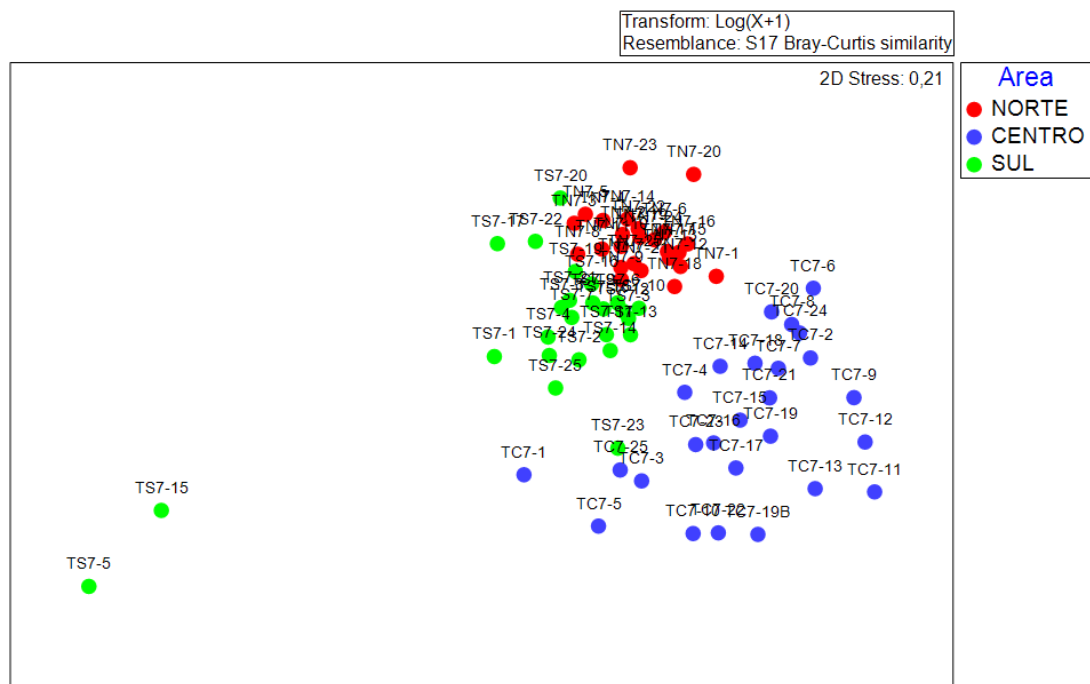


Figura IV.13.3.2.2-2 - NMDS com base na matriz de similaridade (Bray-Curtis) calculada entre as densidades da macrofauna nas amostras dos polígonos TN7, TC7 e TS7

Tabela IV.13.3.2.2-2 – Contribuição (%) dos táxons da macrofauna bentônica para as diferenças entre as áreas Norte (TN7), Centro (TC7) e Sul (TS7) na isóbata de 700 m do Talude, junto à densidade média (ind.m⁻²) dos táxons em cada polígono. Os cinco táxons com maior contribuição foram listados. Em negrito, valores de $p < 0,05$.

Táxon	Contribuição (%)	Média TN7	Média TC7	Média TS7
Centro x Norte (t = 3,8909, p = 0,001)				
Tanaellidae (Crustacea)	2,76	73	5	-
Chaetodermatidae (Mollusca)	2,59	192	29	-
Maldanidae (Polychaeta)	2,41	53	3	-
Cossuridae (Polychaeta)	2,25	29	1	-
Sternaspidae (Polychaeta)	2,25	32	1	-
Centro x Sul (t = 3,3137, p = 0,001)				
Ampharetidae (Polychaeta)	2,97	-	17	215
Cossuridae (Polychaeta)	2,75	-	1	43
Pilargidae (Polychaeta)	2,36	-	2	24
Tanaellidae (Crustacea)	2,31	-	5	50
Thyasiridae (Mollusca)	2,21	-	1	32
Norte x Sul (t = 2,6424, p = 0,001)				
Ampharetidae (Polychaeta)	2,35	24	-	215
Apseudidae (Crustacea)	2,23	10	-	47
Maldanidae (Polychaeta)	2,12	53	-	11
Thyasiridae (Mollusca)	2,1	16	-	32
Desmosomatidae (Crustacea)	1,96	51	-	30

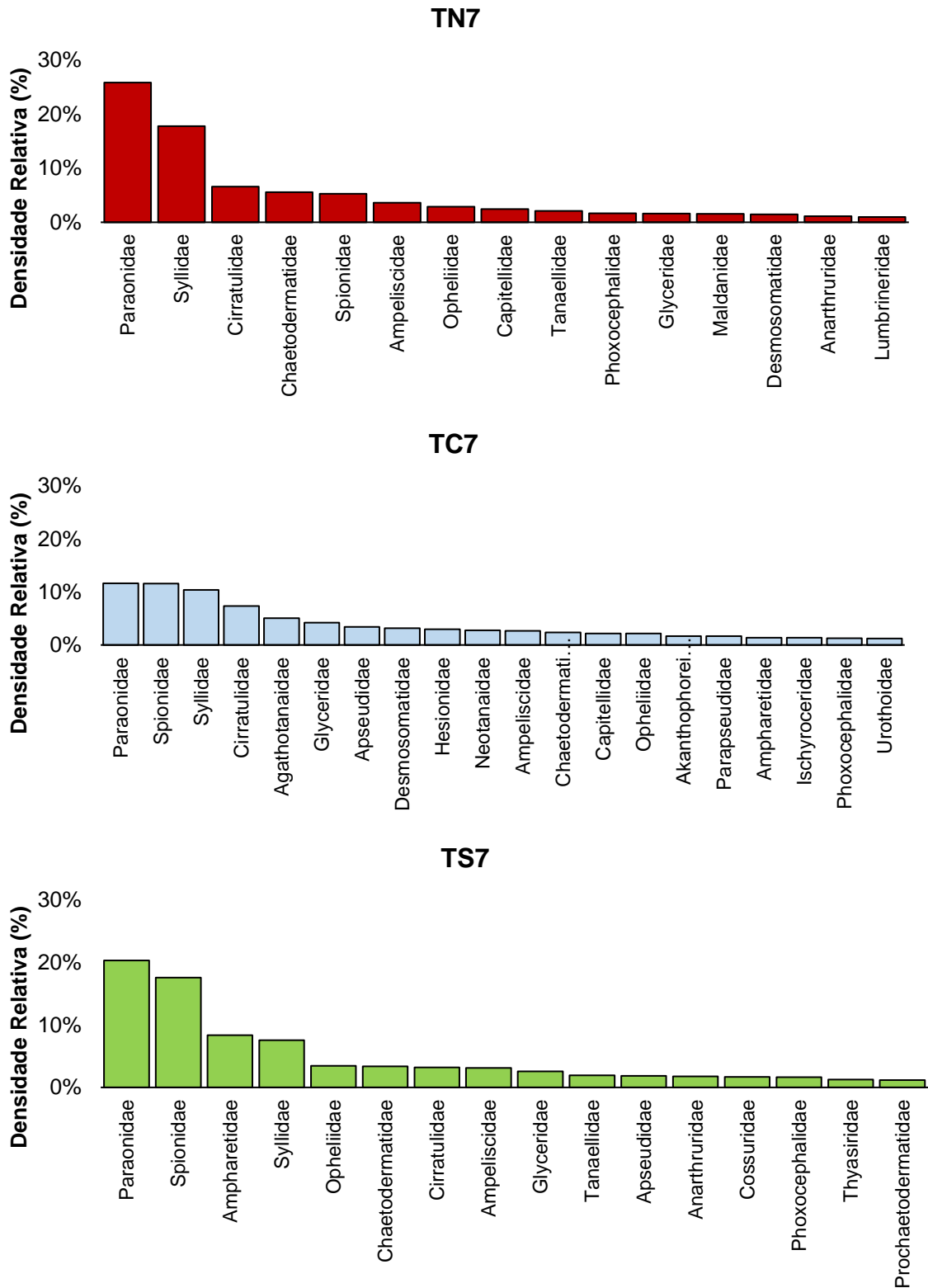


Figura IV.13.3.2.2-3 - Densidade relativa dos táxons que acumulam 80% da densidade total nas áreas norte (TN7), centro (TC7) e sul (TS7) do Talude na isóbata de 700 m.

IV.13.3.2.3 – Cânions nas isóbatas de 400 m e 700 m

Dentre os polígonos dos Cânions, o que apresentou maior densidade foi o CS7, com 128044 indivíduos/m², sendo que este polígono também se destacou pela maior presença de Mollusca (13 famílias; 23,72% da densidade total). O polígono CN4 apresentou um total de 45733 indivíduos/m² (Polychaeta: 30 famílias, 30956 ind/m², 67,69%; Crustacea: 28 famílias, 9189 ind/m², 20,09%; Mollusca, 14 famílias, 5589 ind/m², 12,22%). Por fim, o polígono CN7 apresentou um total de 28900 indivíduos/m², com Polychaeta representando 71,47% da densidade total (20656 ind/m²), Crustacea 26,15% (7556 ind/m²) e Mollusca 2,38% (689 ind/m²).

Os valores de biomassa entre os três polígonos não apresentaram grandes variações, mesmo que CS7 tenha apresentado maior média, com 6,66 g/m² (Tabela IV.13.3.2.3-1). Na Figura IV.13.3.2.3-1 podemos observar que na área Norte, o fator isóbata pareceu exercer influência nas variáveis descritoras da comunidade (riqueza, densidade, diversidade, equitatividade e dominância), uma vez que os polígonos CN4 e CN7 apresentaram grandes discrepâncias nos resultados destes parâmetros. O Cânion Sul-Sudeste, na isóbata de 700 m, apresentou valores intermediários em comparação à CN4 e CN7 (Figura IV.13.3.2.4-1).

Tabela IV.13.3.2.3-1 – Número de amostras (N) e valores de biomassa total ($g.m^{-2}$), densidade ($ind.m^{-2}$), riqueza (S), equitatividade de Pielou (J'), diversidade de Shannon ($H'2$) e dominância de Simpson (Lambda) obtidos nas áreas Norte e Sul das isóbatas de 400 e 700 m dos Cânions Almirante Câmara (CN4 e CN7) e Sul-Sudeste (CS7).

Área (Polígono)	Parâmetro	N	Média	Mediana	Mínimo	Máximo	Desv. Padrão
Norte (CN4)	Biomassa Total	12	4,10	3,74	2,65	8,40	1,53
	Riqueza	12	28,67	27,00	21,00	39,00	5,16
	Densidade	12	3811,11	3961,11	1655,56	6344,44	1243,22
	Equitatividade	12	0,73	0,72	0,65	0,85	0,06
	Diversidade	12	3,50	3,41	3,05	4,47	0,39
	Dominância	12	0,15	0,15	0,07	0,21	0,04
Norte (CN7)	Biomassa Total	12	4,93	3,25	1,43	15,52	4,28
	Riqueza	12	37,42	37,00	32,00	47,00	4,06
	Densidade	12	2408,33	2327,78	1711,11	3622,22	549,38
	Equitatividade	12	0,80	0,80	0,73	0,84	0,03
	Diversidade	12	4,15	4,19	3,71	4,45	0,20
	Dominância	12	0,10	0,09	0,08	0,14	0,02
Sul (CS7)	Biomassa Total	24	6,66	6,04	2,93	14,21	2,87
	Riqueza	24	32,92	33,00	25,00	38,00	3,55
	Densidade	24	5335,19	5144,44	2655,56	9511,11	1705,23
	Equitatividade	24	0,74	0,74	0,68	0,79	0,03
	Diversidade	24	3,70	3,67	3,39	4,01	0,16
	Dominância	24	0,11	0,11	0,09	0,15	0,01

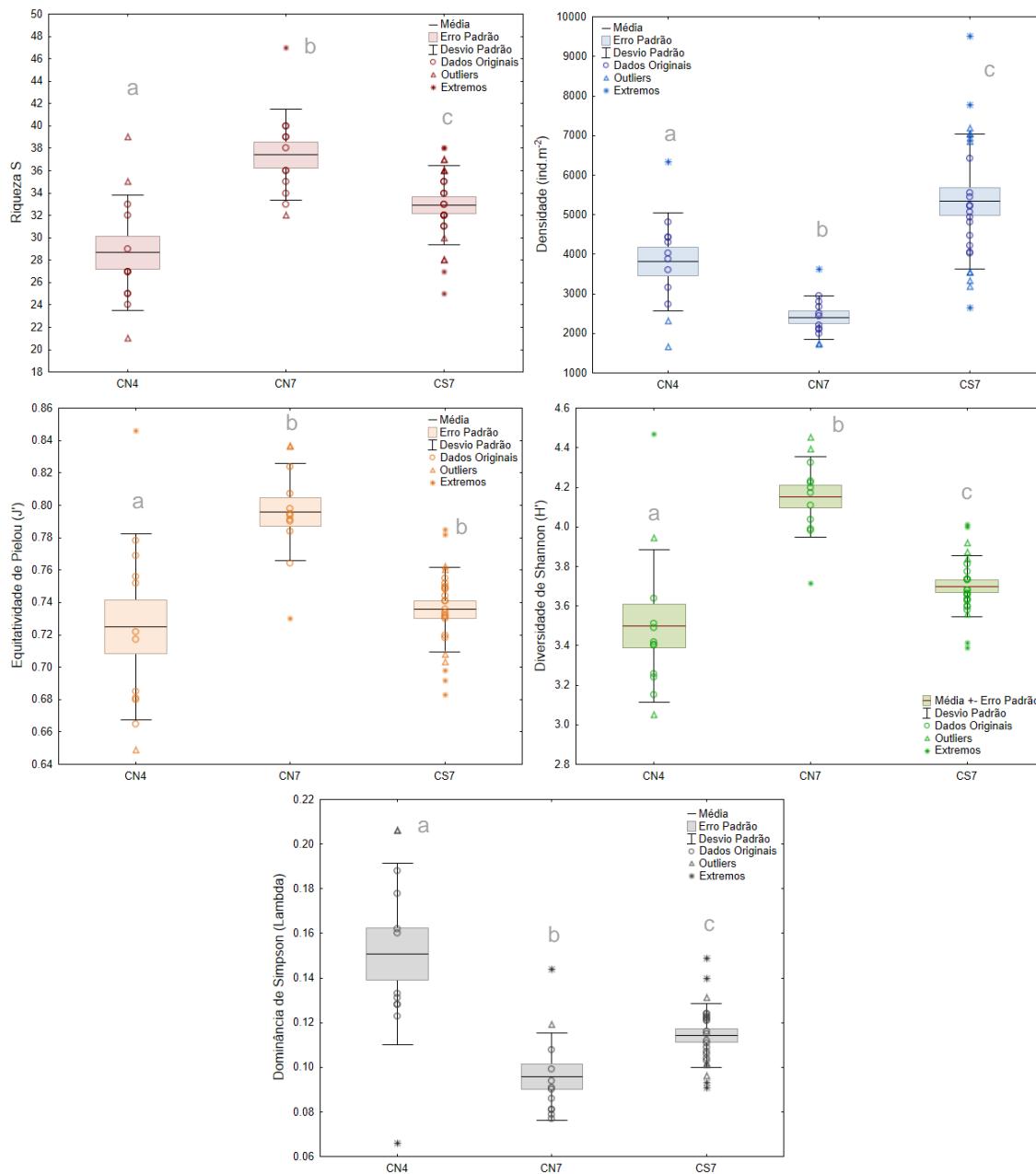


Figura IV.13.3.2.3-1 – Box-plot da riqueza de taxa (S), densidade (ind./m²), diversidade de Shannon (H'), equitabilidade de Pielou (J') e dominância de Simpson (Lambda) da macrofauna bentônica nos polígonos CN4, CN7 e CS7. Letras diferentes conotam diferença significativa entre polígonos ($p < 0,05$).

A macrofauna bentônica diferiu significativamente em relação à composição e densidade dos táxons entre todos os polígonos da província de Cânions (Tabela IV.13.3.2.3-2). Na Figura IV.13.3.2.3-2, podemos observar no nMDS que a localização das nuvens de pontos de cada polígono foi bem distinta, com maiores distâncias entre as amostras de CN4 e CN7, que, de fato, apresentaram comunidades com características diferentes, como observado anteriormente.

O grupo que mais contribuiu para a diferenciação da macrofauna bentônica de CN7 e CS7 foi Mollusca, sendo que estes organismos foram bem mais abundantes na área Sul (Tabela IV.13.3.2.3-2). Poliquetos, crustáceos e moluscos contribuíram de forma equilibrada para a distinção dos polígonos CN4 e CN7, e o grupo Polychaeta contribuiu mais intensamente para a dissimilaridade de CN4 e CS7 (Tabela IV.13.3.2.3-2). A Figura IV.13.3.2.3-3 aponta quais foram os táxons que contribuíram com 80% da densidade total de cada polígono, e nela podemos observar a maior diversidade de táxons no polígono CN7.

Os resultados das análises PERMANOVA entre os polígonos do PMAR-BC e do PCR-BC podem ser observados no Anexo IV.13.7-4.

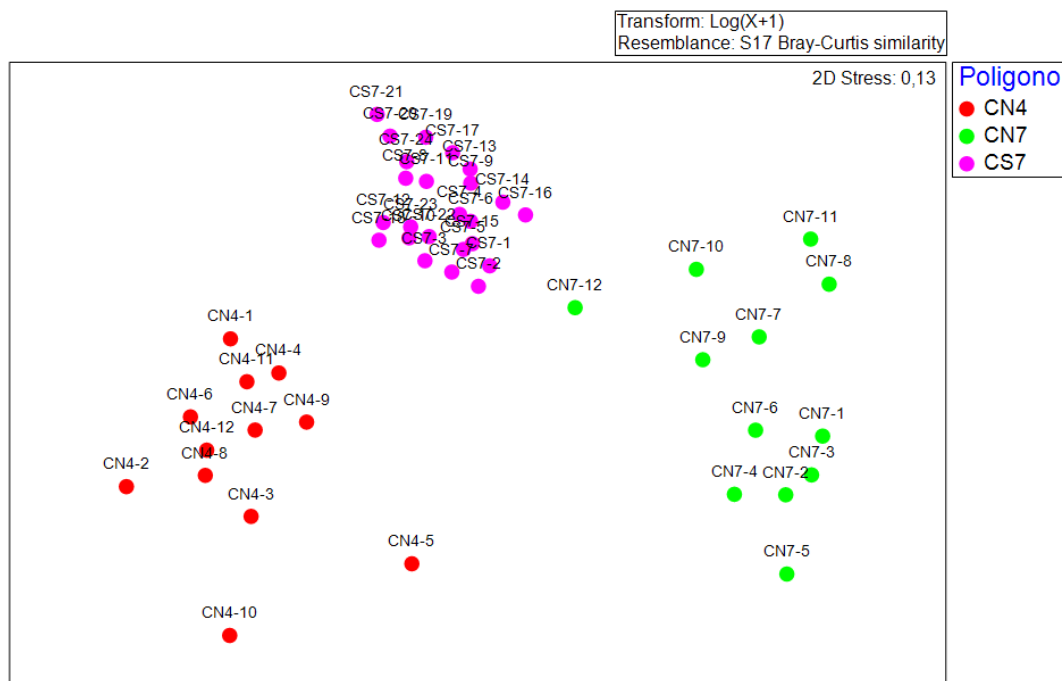


Figura IV.13.3.2.3-2 - NMDS com base na matriz de similaridade (Bray-Curtis) calculada entre as densidades da macrofauna nas amostras dos Cânions dos polígonos CN4, CN7 e CS7.

Tabela IV.13.3.2.3-2 – Contribuição (%) dos táxons da macrofauna bentônica para as diferenças entre os Cânions dos polígonos CN4, CN7 e CS7, junto à densidade média (ind.m⁻²) dos táxons em cada polígono. Os cinco táxons com maior contribuição foram listados. Em **negrito**, valores de $p < 0,05$.

Táxon	Contribuição (%)	Média CN4	Média CN7	Média CS7
Norte 400 x Norte 700 (t=4,34, p=0,001)				
Glyceridae (Polychaeta)	3,48	0	145	-
Longosomatidae (Polychaeta)	3,1	356	8	-
Agathotanaidae (Crustacea)	3,01	0	106	-
Anarthruridae (Crustacea)	2,85	470	11	-
Chaetodermatidae (Mollusca)	2,67	127	23	-
Norte 700 x Sul 700 (t=4,61, p=0,001)				
Thyasiridae (Mollusca)	4.42	-	6	488
Chaetodermatidae (Mollusca)	4.22	-	23	386
Agathotanaidae (Crustacea)	3.06	-	106	1
Pseudotoidae (Mollusca)	2.8	-	4	96
Nuculidae (Mollusca)	2.38	-	0	72
Norte 400 x Sul 700 (t = 4,41, p = 0,032)				
Ampharetidae (Polychaeta)	4,7	5	-	495
Glyceridae (Polychaeta)	4,46	0	-	163
Longosomatidae (Polychaeta)	4,39	356	-	2
Thyasiridae (Mollusca)	2,89	248	-	488
Goniadidae (Polychaeta)	2,84	29	-	0

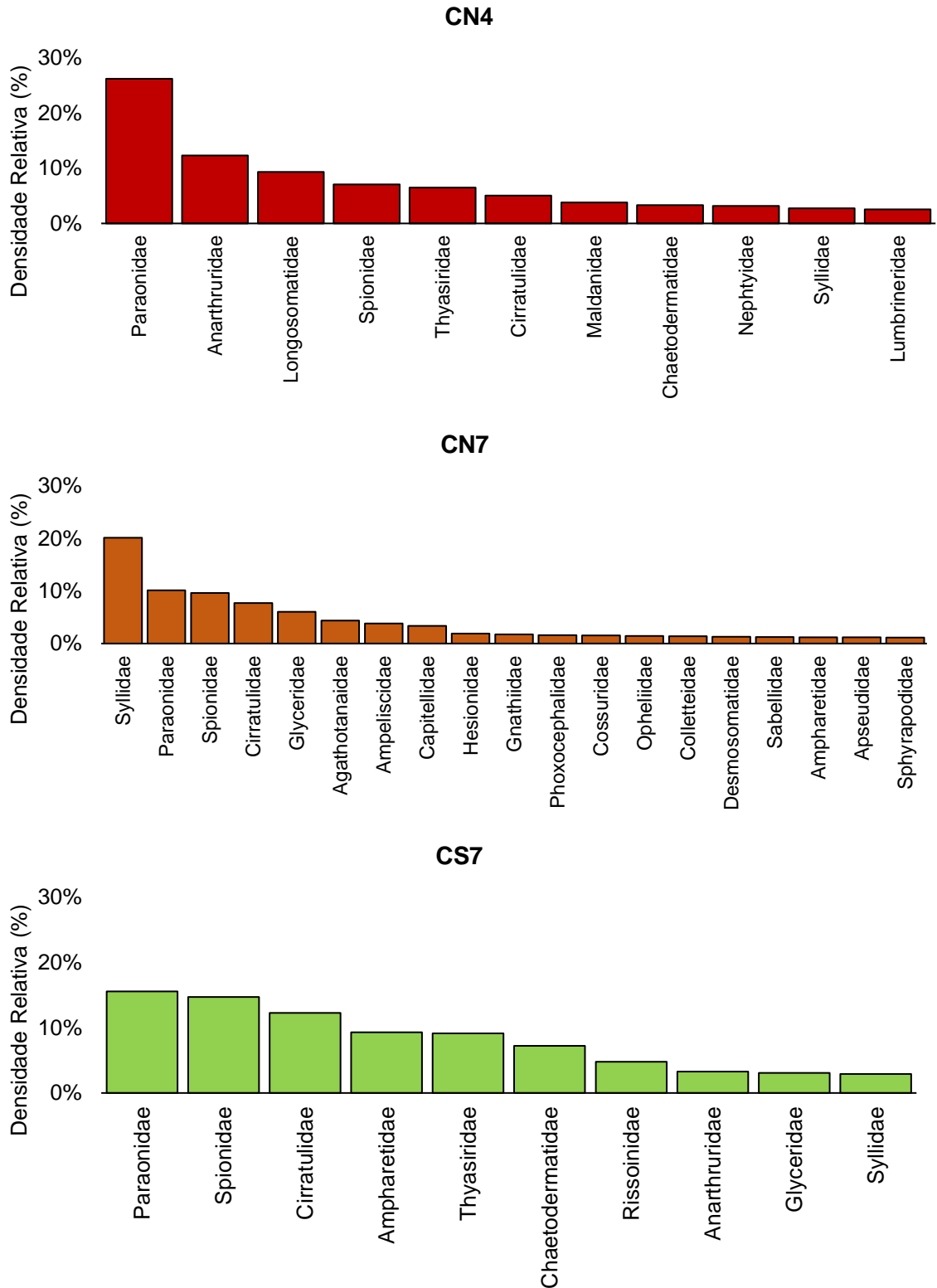


Figura IV.13.3.2.3-3. Densidade relativa dos táxons que acumulam 80% da densidade total nas áreas norte (TN7), centro (TC7) e sul (TS7) do Talude na isóbata de 700 m.

IV.13.3.2.4. Comparação entre PMAR-BC e PCR-BC (Talude e Cânions)

As amostras do Talude e Cânions do PMAR-BC e PCR-BC não apresentaram grandes variações na localização das suas nuvens de pontos, apontando para uma baixa dissimilaridade entre os projetos (Figura IV.13.3.2.4-1). De fato, o fator isóbata parece exercer maior influência na similaridade entre as amostras, em detrimento do fator Projeto, visto que os pontos de polígonos da isóbata de 400 m (pontos rosas, laranjas, amarelos e vermelhos) formaram um subconjunto com localização diferente da dos pontos de polígonos da isóbata de 700 m (Figura IV.13.3.2.4-1). Na Figura IV.13.3.2.4-2, podemos observar de forma mais clara, devido ao agrupamento das amostras em polígonos, a influência da profundidade na diferenciação das comunidades bentônicas, independentemente do fator Projeto.

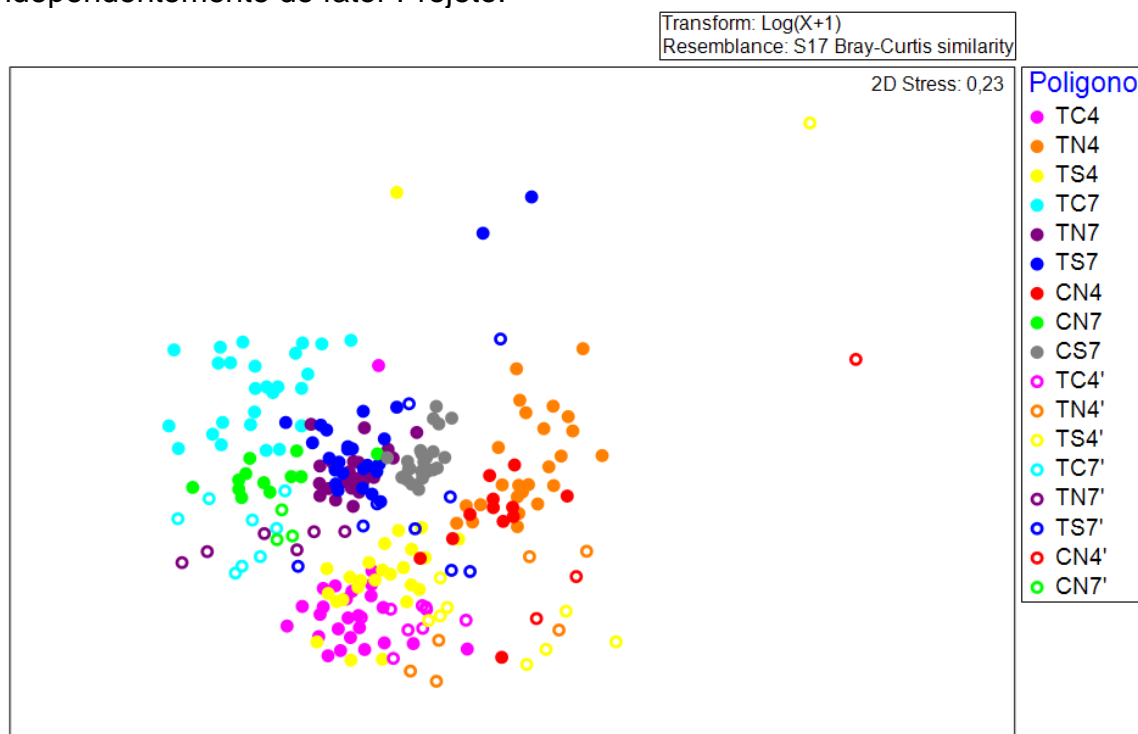


Figura IV.13.3.2.4-1. NMDS com base na matriz de similaridade (Bray-Curtis) calculada entre as densidades da macrofauna nas amostras do Talude e Cânions dos projetos PMAR-BC e PCR-BC, com destaque para os diferentes polígonos.

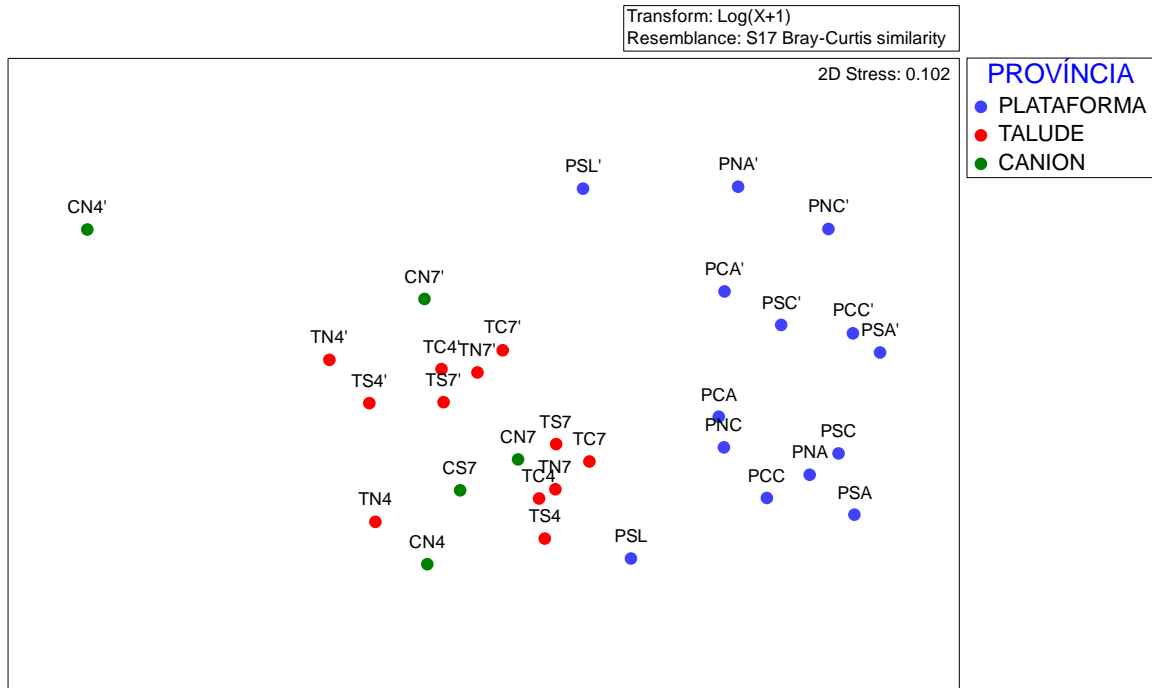


Figura IV.13.3.2.4-2. NMDS com base na matriz de similaridade (Bray-Curtis) calculada entre as densidades da macrofauna nos polígonos da Plataforma Continental, Talude e Cânions dos projetos PMAR-BC e PCR-BC.

Talude na isóbata de 400 m

No talude, na isóbata de 400 m, a biomassa somente diferiu entre os projetos na área Sul ($TS4 < TS4'$; $t = 3,68$, $p = 0,002$). Considerando a riqueza de táxons, os valores encontrados no PCR-BC foram significativamente maiores que no PMAR-BC para todas as três áreas, e o mesmo padrão foi observado para a densidade total. Em relação aos índices ecológicos, a comunidade bentônica apresentou maior equitatividade no PMAR-BC, em relação ao PCR-BC, somente na área Sul ($t = 2,28$, $p = 0,034$), enquanto a diversidade (PMAR-BC < PCR-BC) e dominância (PMAR-BC > PCR-BC) diferiram somente na área Centro.

Foi encontrada diferença significativa entre as comunidades da macrofauna bentônica das áreas Norte, Centro e Sul dos projetos PMAR-BC e PCR-BC no talude na isóbata de 400 metros, quando considerando a composição e densidade de táxons. Entre os polígonos TN4 e TN4' os organismos que mais contribuíram com a dissimilaridade foram Fauvelliopsidae (P), Limifossoridae (C), Ophellidae (P), Colletteidae (C) e Malletidae (M), que ocorreram todos em maior densidade em

TN4'. Entre TC4 e TC4' os organismos que mais contribuíram com a dissimilaridade foram Thyasiridae (M), Dorvilleidae (P), Orbiniidae (P), Colletteidae (C) e Nuculanidae (M) que ocorreram todos em maior densidade em TC4'. Já entre TS4 e TS4' os organismos que mais contribuíram com a dissimilaridade foram majoritariamente moluscos, com presença também de duas famílias de Crustacea: Thyasiridae (M), Nuculanidae (M), Prochaetodermatidae (M), Nototanidae (C) e Limifossoridae (C), com todas as densidades mais elevadas em TS4'.

Os resultados das análises PERMANOVA e PERMDISP de comparação entre os polígonos do PMAR-BC e do PCR-BC podem ser observados no Anexo IV.13.7-5.

Talude na isóbata de 700 m

A biomassa total encontrada no PCR-BC foi significativamente maior que no PMAR-BC em todas as três áreas da província de talude na isóbata de 700 m. A riqueza, diversidade e equitatividade das comunidades bentônicas do PCR-BC também foram maiores no referido projeto, nas áreas Norte (TN7 < TN7') e Centro (TC7 < TC7'), sendo que somente a equitatividade na área Centro foi maior no PMAR-BC (TC7 > TC7'). Por fim, a densidade total diferiu entre as áreas Centro e Sul, sendo que o PCR-BC apresentou valores maiores, especialmente na área Sul.

Os polígonos do Talude na isóbata de 700 m diferiram entre PMAR-BC e PCR-BC quando considerando a composição e densidade das comunidades bentônicas. Entre os polígonos TN7 e TN7', os organismos que mais contribuíram com a dissimilaridade foram Apistobranchidae (M), Trichobranchidae (P), Terebellidae (P) e Nototanidae (C), que ocorreram em maior densidade em TN7', enquanto Chaetodermatidae (M) ocorreu em maior densidade em TN7. Entre TC7 e TC7', os organismos que mais contribuíram com a dissimilaridade foram Colletteidae (C), Bodotriidae (C), Dorvilleidae (P), Trichobranchidae (P) e Photidae (C), que ocorreram todos em maior densidade em TC7'. Já entre TS7 e TS7' os organismos que mais contribuíram com a dissimilaridade foram Colletteidae (C), Trichobranchidae (P), Prochaetodermatidae (M) e Thyasiridae (M), com as

densidades mais elevadas em TS7' e Chaetodermatidae (M) com densidade mais elevada em TS7.

Os resultados das análises PERMANOVA e PERMDISP de comparação entre os polígonos do PMAR-BC e do PCR-BC podem ser observados no Anexo IV.13.7-5.

Cânions nas isóbatas 400 m e 700 m

Seguindo o padrão observado, a biomassa do PCR-BC foi maior que a encontrada no PMAR-BC no cânion da área norte na isóbata de 400 m ($t = 7,10$, $p = 0,001$). A riqueza e diversidade diferiram entre o PMAR-BC e o PCR-BC nos cânions da área norte em ambas as isóbatas (400 e 700m), sendo que na isóbata de 400 m o PMAR-BC apresentou valores maiores das duas variáveis, enquanto na isóbata de 700 m a riqueza e diversidade foram maiores no PCR-BC. Densidade total diferiu somente no cânion da área norte na isóbata de 700 m ($CN7 < CN7'$; $t = 2,39$, $p = 0,033$), e a dominância não apresentou diferença significativa entre os projetos.

Foi encontrada diferença significativa entre as comunidades da macrofauna bentônica somente entre os polígonos CN4 e CN4', quando considerando a composição e densidade de táxons. Os organismos que mais contribuíram para tal dissimilaridade foram Anarthruridae (C), Longosomatidae (P), Lumbrineridae (P) e Nephtyidae (P), que ocorreram em maior densidade em CN4, e Yoldiidae (M) que ocorreu em maior densidade em CN4'.

Os resultados das análises PERMANOVA e PERMDISP de comparação entre os polígonos do PMAR-BC e do PCR-BC podem ser observados no Anexo IV.13.7-5.

IV.13.4 – DISCUSSÃO

A macrofauna bentônica é conhecida como potencial indicador de alterações em ambientes marinhos, devido a sua mobilidade restrita e distintos modos de vida (Bellan *et al.*, 1988; Borja *et al.*, 2000; Muniz *et al.*, 2005; Thrush *et al.*, 2001). Os resultados apresentados neste relatório apontam os aspectos ecológicos da macrofauna bentônica nas províncias de plataforma continental, talude e cânions na bacia de Campos em áreas com atividades de Exploração e Produção. O estudo abrangeu ambientes lamosos, arenosos e cascalhosos, incluiu amostragens em dois cânions e áreas de maior (centro da bacia de Campos) e menor (Norte e Sul da bacia de Campos) concentração de atividades de E&P, em profundidades distintas (100, 400 e 700 m).

A área apresentou, em números absolutos, maior densidade de Polychaeta, compondo mais da metade (59%) da fauna encontrada, seguida por Crustacea (33%) e Mollusca (8%). Este padrão parece se manter, tanto em águas rasas (e.g. Patel & Desai, 2009; Martins & Almeida, 2014) quanto profundas (e.g. Lavrado *et al.*, 2017). Organismos da classe Polychaeta são frequentemente dominantes devido à grande variedade de hábitos alimentares e modos de vida que apresentam (Thistle, 2003). Em estudo realizado por Baldrighi *et al.*, 2013 nas escarpas de Malta, a densidade da macrofauna bentônica apresentou queda gradativa com o aumento da profundidade, mas Polychaeta foi o grupo dominante em todas as profundidades (1200, 1800 e 2100 metros). Em outro estudo realizado no Golfo do México, em profundidades que variaram entre 200 a 3700 metros este mesmo padrão se manteve, com poliquetas sendo os organismos dominantes, seguido por crustáceos e moluscos (Wei *et al.*, 2010). Este mesmo padrão também foi verificado em três cânions portugueses, com profundidades que variaram entre 900 metros a 4500 metros (Cunha *et al.*, 2011). Em média, Polychaeta correspondeu a 42,1% da densidade total, seguido por Crustacea com 20,6% (Cunha *et al.*, 2011).

Em estudo realizado por Rex *et al.* (2006) que reuniu diversas pesquisas ao longo de todo o mundo, foram avaliadas a densidade da macrofauna bentônica em distintas profundidades, em regiões costeiras rasas até 6000 metros de profundidade. O estudo concluiu que existe uma tendência de redução gradual na

densidade conforme ocorre o aumento da profundidade. Isso é devido a exponencial diminuição nas taxas de nutrientes pela queda de fitodetritos e do distanciamento de águas costeiras produtivas. Estes resultados são corroborados por Galéron *et al.* (2000), que realizou estudo no Atlântico Nordeste, em profundidades que variaram entre 1600 metros até 4500 metros, e encontrou elevada densidade na região com profundidade de 1600 metros, variando entre 996 ± 391 até 1357 ± 276 ind./0,25m², decaindo gradualmente com a profundidade, chegando a 51 ± 14 até 58 ± 14 ind./0,25m² em profundidade de 4500 metros. No presente estudo a densidade na plataforma na profundidade de 100 metros (7209 ind./m²) foi mais que o dobro que nas profundidades de 400 metros (3096 ind./m²) e 700 metros (3026 ind./m²). Comparando aos estudos citados acima, verificamos que a tendência de diminuição da densidade com a profundidade se confirma e parece ser um padrão em diversas regiões do mundo.

O trabalho realizado por Lavrado *et al.* (2017) em toda a Bacia de Campos apresentou padrões muito claros em relação a estrutura e composição da comunidade, que corroboram os padrões encontrados em relação à profundidade no estudo atual. O padrão de distribuição de taxa observado por Lavrado *et al.* (2017) também apresentou Polychaeta como grupo dominante na fauna bentônica, seguido por Crustacea e Mollusca. Os números também apresentaram semelhança, principalmente em relação a proporção, sendo que no trabalho de Lavrado *et al.* (2017) foram encontrados em torno de 550 ind./m² na profundidade de 1900 metros com um mínimo de 150 ind./m² em 3000 metros. No presente trabalho a densidade variou de forma muito semelhante, chegando a 7209 ind./m² em 100 metros até o mínimo de 3026 ind./m² na profundidade de 700 metros. Estes estudos foram realizados em profundidades distintas, mas se complementam uma vez que é possível observar que a densidade realmente se mostra inversamente proporcional a profundidade.

A biomassa seguiu padrão semelhante aos descritores ecológicos de riqueza, densidade e diversidade, sendo que ambientes mais rasos apresentaram maior biomassa e decaimento gradual com o aumento da profundidade. Este padrão pode ser explicado por três principais fatores que causam a diminuição na estrutura corpórea dos organismos conforme aumento da profundidade: redução da quantidade e qualidade de nutrientes, níveis reduzidos de oxigênio dissolvido e

elevada pressão (Tunncliffe *et al.*, 2003). Os três grupos estudados aqui (Polychaeta, Crustacea e Mollusca) apresentaram redução na biomassa com o aumento da profundidade.

Em relação às três áreas estudadas (norte, centro e sul) percebemos que as áreas norte e sul apresentaram de modo geral valores de riqueza e diversidade mais elevados que a área central, principalmente para a província da plataforma. Estes resultados possivelmente estão relacionados a influência do rio Paraíba do Sul na região, uma vez que seus nutrientes, quando desembocam no oceano, são transportados pelas águas tropicais (AT) pela corrente do Brasil, que possui direção para o sul (Silveira *et al.*, 2000). Há ainda, historicamente, menor atividade de exploração e produção de petróleo nas áreas Sul e Norte. Entretanto para o talude e cânion os descritores ecológicos foram muito semelhantes entre as áreas, indicando que a região continental pode ter menos influência após a quebra da plataforma (Lavrado *et al.*, 2017). Há ainda teoria bastante aceita que trata do distúrbio intermediário, que diz que se o distúrbio ocorre de forma crônica, não sendo nem muito rara e nem muito frequente no ambiente a riqueza e diversidade podem atingir níveis máximos causado pela inclusão de novos nichos ecológicos (Huxham *et al.*, 2000; Valdivia *et al.*, 2005)

As duas famílias de Polychaeta mais abundantes na área de estudo foram Paraonidae e Spionidae, que apresentam espécies predominantemente depositívoras. Estas são muito comuns e foram encontradas em toda a área de estudo, e também ocorreram em elevadas densidades no estudo de Lavrado *et al.* (2017). A família Paraonidae foi encontrada em maior densidade nas profundidades de 400 e 700 metros, indicando sua preferência por substratos de fácies lamosa. Na plataforma a densidade de Paraonidae foi em torno de 5x menor que em 400 metros e 3x menor que em 700 metros. Entre plataforma Lamosa, Arenosa e Cascalhosa as densidades de Paraonidae foram muito semelhantes, e Spionidae se distribuiu de modo similar em toda a área. O Amphipoda Chevaliidae ocorreu exclusivamente na plataforma, nas fácies arenosa e carbonática, em densidades mais elevadas na área sul, não ocorrendo em nenhuma estação de fasciologia lamosa, indicando uma preferência por substratos mais grosseiros. Seus modos de vida não são muito bem estudados (Myers, 2009), mas são organismos tipicamente tropicais (Souza-

Filho *et al.*, 2010). Ampeliscidae foi outra família pertencente ao grupo Amphipoda muito comum na área de estudo, foi encontrada em toda sua extensão, mas em maior densidade na plataforma, principalmente associada a ambientes arenosos. Os Mollusca que ocorreram em maior densidade foram os pertencentes às famílias Thyasiridae e Chaetodermatidae. O primeiro apresentou baixa ocorrência na plataforma, sendo bastante comum nas profundidades de 400 e 700 metros. Já o segundo ocorreu em elevadas densidades na profundidade de 700 metros, com redução na sua ocorrência em 100 e 400 metros. Estes resultados corroboram aspectos conhecidos da ecologia destas famílias, considerando que Thyasiridae pode ter relações quimiosimbióticas com bactérias, o que permite que sejam muito comuns em ambientes profundos (Marinho, 2020). Da mesma forma, as espécies representantes da família Chaetodermatidae são organismos que habitam todos os tipos de ambientes marinhos, mas têm preferência por ambientes mais profundos, alimentando-se principalmente de detritos (Miranda, 2016).

Entre os projetos PMAR-BC e PCR-BR, realizados em períodos distintos mas em locais muito semelhantes, as diferenças encontradas na estrutura e composição da comunidade foram muito pequenas. De modo geral quando olhamos toda a região estudada não vemos distinções, mas quando observamos as províncias algumas distinções são observadas. A biomassa foi o fator que mais contribuiu com esta distinção, sendo mais elevada em PCR-BC, possivelmente influenciada por um período de maior produtividade. A riqueza também foi um pouco mais elevada no projeto PCR-BR. Apesar de terem sido realizadas em períodos sazonais semelhantes, o regime de chuvas, principalmente na bacia do Rio Paraíba do Sul pode ser um dos principais fatores. De acordo com Zalmon *et al.* (2013) períodos de maior precipitação apresentam valores mais elevados de riqueza e densidade devido ao maior aporte de nutrientes. Durante o mês de dezembro de 2008 ocorreram precipitações que acumularam 407mm, enquanto nos meses que seguiram as amostragens de PCR-BR o acumulado de chuvas foi de 374mm (janeiro, fevereiro e março de 2009), enquanto em dezembro de 2019 o acumulado foi de 126mm, enquanto nos meses que seguiram as amostragens de PMAR-BR o acumulado de chuvas foi de 450mm (janeiro, fevereiro e março de 2020) (dados extraídos de inmet.gov.br) Diversidade e equitatividade não diferiram de modo significativo, indicando que há um equilíbrio dinâmico em toda a região,

onde pequenas alterações na estrutura da comunidade são esperadas, mas não há modificações significativas, como por exemplo a substituição temporal de alguns taxa em detrimento a outros.

IV.13.5 – CONCLUSÕES

A macrofauna bentônica da Bacia de Campos, conforme os resultados da 1ª Campanha do PMAR-BC, apresentou padrões de distribuição e abundância condizentes com o que já havia sido observado para a área, no PCR-BC. Tal padrão, de predominância do grupo Polychaeta, seguido por Crustacea e Mollusca, e diminuição da densidade total dos organismos conforme aumento da batimetria, já foi descrito para comunidades bentônicas de ambientes marinhos em diversas localidades. Assume-se que estes resultados estão relacionados à grande diversidade de atributos funcionais apresentados por organismos da Classe Polychaeta, assim como ao decaimento exponencial nas taxas de nutrientes pela queda de fitodetritos e do distanciamento de águas costeiras produtivas. A biomassa total também apresentou diminuição no sentido Costa – Oceano, provavelmente devido às características de áreas mais profundas, como redução nos níveis de oxigênio dissolvido, elevada pressão e a diminuição da quantidade e qualidade de nutrientes, já mencionada – o que acarreta em uma diminuição no tamanho corporal dos organismos bentônicos.

Apesar de no geral todos os polígonos terem apresentado uma dominância numérica de Polychaeta, com presença menos expressiva de organismos de Crustacea, seguido por Mollusca, as características ecológicas das comunidades flutuaram em função da faciologia do sedimento (Arenosa, Carbonática ou Lamosa), assim como da profundidade do substrato (100, 400 ou 700 m) e da área (Norte, Centro e Sul). Nos polígonos de fácies arenosa, na Plataforma Continental, a área Centro apresentou comunidades mais pobres e menos diversas em relação ao observado na área Norte; na fácies carbonática, por outro lado, foi observado o padrão inverso: comunidades mais ricas e diversas foram encontradas na área Centro, em detrimento das áreas Norte e Sul. A área Sul da Plataforma Continental, única que teve amostragem em polígonos de fácies arenosa, carbonática e lamosa,

também apontou para uma influência do fator fácies na estruturação da comunidade bentônica, uma vez que a fácies lamosa apresentou uma equitatividade expressiva em relação às fácies arenosa e carbonática. No Talude, na isóbata de 400 m, comunidades mais ricas, diversas e equitativas foram observadas na área Centro, sendo que na isóbata de 700 m, apesar de apresentar menor riqueza e densidade, a comunidade da área Centro também apresentou uma maior diversidade e equitatividade em relação às demais áreas. Quanto aos Cânions, observamos a diminuição da densidade na isóbata de 700 m em relação à de 400 m na área Norte. No entanto, a comunidade da isóbata de 700 m (CN7) apresentou maiores valores de riqueza e diversidade. O Cânion da área Sul distinguiu-se expressivamente dos da área Norte, apresentando maior presença de espécimes de Mollusca, e altas densidades.

Em relação ao PCR-BC, apesar de terem sido observadas determinadas diferenças na composição de táxons entre os polígonos, e especialmente nos valores de biomassa da fauna bentônica, as análises multivariadas apontaram que a estruturação das comunidades foram influenciadas pelos mesmos fatores, considerando a dispersão muito similar dos polígonos do PMAR-BC e PCR-BC. No entanto, devido às diferenças na malha amostral e no desbalanceamento do desenho estatístico, torna-se inviável concluir que as variações observadas, apontadas anteriormente, são resultado de uma variação temporal das comunidades bentônicas.

Por fim, apontamos que os resultados da 1ª Campanha do PMAR-BC não apontam para uma influência significativa das atividades de E&P na estruturação da macrofauna bentônica, sendo que outros fatores como a faciologia e a profundidade do substrato parecem ter sido mais expressivos para este processo. Cabe ressaltar, no entanto, que a continuidade do monitoramento será essencial para avaliação mais conclusiva das tendências ambientais regionais desta bacia.

IV.13.6 – REFERÊNCIAS

Alves, E.S. & Pezzuto, P.R. 2009. Effect of cold fronts on the benthic macrofauna of exposed sandy beaches with contrasting morphodynamics. *Brazilian Journal of Oceanography*. 57(2): 73-96.

Anderson, M.J., Gorley, R.N. & Clarke, K.R. 2008. PERMANOVA+ for Primer: Guide to software and statistical methods. PRIMER-E: Plymouth, UK.

Baldrighi, E., Aliani, S., Conversi, A., Laveye, M., Borghini, M. & Manini, E. 2013. From microbes to macrofauna: an integrated study of deep benthic communities and their response to environmental variables along the Malta Escarpment (Ionian Sea). *Scientia Marina*. 77(4): 625-639.

Barros, M.M., Boaventura, T.W. & Netto, S. A. 2007. Composicao, distribuicao e variabilidade temporal da macrofauna bentica do baixo estuario do rio Itajai-Acu. In: XII Congresso Latino-Americano de Ciencias do Mar. Florianopolis.

Bellan, G., Desrosiers, G. & Willsie, A., 1988. Use of an annelid pollution index for monitoring a moderately polluted littoral zone. *Marine Pollution Bulletin*. 12: 662–665.

Borja, A., Franco, J., Pérez, V., 2000. A marine biotic index to establish the ecological quality of soft-bottom benthos within European estuarine and coastal

Castro, P. & Huber, M.E. 1997. *Marine Biology*. WCB McGraw-Hill Co. 450p.

Clarke, K.R. & Warwick, R.M. 2001. *Change in Marine Communities: An Approach to Statistical Analysis and Interpretation*. PRIMER-E, Plymouth.

Craveiro, N., Alves, R.V.A., Silva, J.M., Vasconcelos, E., Alves-Junior, S.A. & Rosa-Filho, J.S. 2021. Immediate effects of the 2019 oil spill on the microbenthic fauna associated with macroalgae on the tropical coast of Brazil. *Marine Pollution Bulletin*. 165: 11-21.

Cunha, M.R., Paterson, G.L.J., Amaro, T., Blackbird, S., Stigter, H.C., Ferreira, C., Glover, A., Hilário, A., Kiriakoulakis, K., Neal, L., Ravara, A., Rodrigues, C.F., Tiago, A. & Billett, D.S.M. 2011. Biodiversity of macrofaunal assemblages from three Portuguese submarine canyons (NE Atlantic). *Deep-Sea Research II*. 58:2433-2447.

Day, J.W., Hall, C.A.S., Kemp, W.M. & Ynz-Arancibia, A. 1989. *Estuarine ecology*. New York: John Wiley & Sons. 558p.

environments. *Mar. Pollut. Bull.* 12, 1100–1114.

Galéron, J., Sibuet, M., Mahaut, M.L. & Dinet, A. 2000. Variation in structure and biomass of the benthic communities at three contrasting sites in the tropical Northeast Atlantic. *Marine Ecology Progress Series*. 197: 121-137.

Gimenez, L., Borthagaray, A. I., Rodríguez, M., Brazeiro, A. & Dimitriadis, C. 2005. Scale-dependent patterns of macrofaunal distribution in soft-sediment intertidal habitats along a large-scale estuarine gradient. *Helgoland Marine Research*. 59: 224–236.

Gray, J.S. 1974. Animal-Sediment Relationships. *Oceanogr. Marine Biology Review*. 12: 223-261, London.

Huxham, M., Roberts, I. & Bremner, J. 2000. A Field Test of the Intermediate Disturbance Hypothesis in the Soft-Bottom Intertidal. *International Review of Hydrobiology*, 85(4): 379–394.

Lana, P.C. 1986. Macrofauna bêntica de fundos sublitorais não consolidados da Baía de Paranaguá (Paraná). *Nerítica*. 1:79-89.

Lavrado, H.P., Omena, E.P. & Bernardino, A.F. Macrofauna bentônica do talude continental e cânions da Bacia de Campos. 2017. In: Falcão, A.P.C. & Lavrado, H.P., editoras. *Ambiente Bentônico: caracterização ambiental regional da Bacia de Campos, Atlântico Sudoeste*. Rio de Janeiro: Elsevier. *Habitats*, 3: 259-306.

Marinho, T.A. 2020. Investigating the Thyasiridae Dall, 1901 (Bivalvia, Mollusca) from the southeastern Atlantic Ocean: A study on the morphology and taxonomy of the brasilian species. *Dissertação de Mestrado*. Universidade Estadual de Campinas. 98p.

Martins, M.O. & Almeida, T.C.M. 2014. Distribuição espacial da macrofauna e sua relação com o sedimento no parque aquícola da enseada da Armação do Itapocoroy, Santa Catarina, Brasil. *Brasilian Journal of Aquatic Science and Technology*. 18(1):45-59.

Melo, K.R., Tagliaro, C.H. & Beasley, C.R., 2013. Seasonal changes in the subtidal benthic macrofauna of a mangrove coast In: Conley, D.C., Masselink, G., Russell, P.E. and O'Hare, T.J. (eds.), *Proceedings 12th International Coastal Symposium (Plymouth, England)*, *Journal of Coastal Research*. 65: 87-92.

Miranda, M.S. 2016. Chaetodermatidae e Limifossoridae (Mollusca, Aplacophora, Caldofoveata) da costa sudeste do Brasil. Dissertação de Mestrado. Universidade Estadual de Campinas. 90p.

Muniz, P., Venturini, N., Pires-Vanin, A.M.S., Tommasi, L.R. & Borja, A., 2005. Testing the applicability of a marine biotic index (AMBI) to assessing the ecological quality of soft-bottom benthic communities, in the South America Atlantic region. *Marine Pollution Bulletin*. 50: 624–637.

Patel, S.J. & Desai, B.G. 2009. Animal-Sediment relationship of the crustaceans and polychaetes in the Intertidal zone around Mandvi, Gulf of Kachchh, Western India. *Journal Geological Society of India*. 74: 233-259.

Petraitis, P.S., Latham, R.E. & Niesenbaum, R.A. 1989. The maintenance of species diversity by disturbance. *The Quarterly Review of Biology*. 393-418

Rex, M.A., Etter, R.J., Morris, J.S., Crouse, J. McClain, C.R., Johnson, N.A., Stuart, C.T., Deming, J.W., Thies, R. & Avery, R. 2006. *Marine Ecology Progress Series*. 317:1-8.

Savage, C., Elmgren, R. & Larsson, U. 2002. Effects of sewage-derived nutrients on an estuarine macrobenthic community. *Marine Ecology Progress Series*. 243, 67–82.

Silveira, I.C.A., Schmidt, A.C.K., Campos, E.J.D., Godoi, S.S. & Ikeda, Y. 2000. A corrente do Brasil ao largo da costa leste brasileira. *Revista Brasileira de Oceanografia*. 48(2):171-183.

Soares-Gomes, A., Pereira, R.C. & Sumida, P.Y.G. 2009. *Biologia Marinha*. Rio de Janeiro: Interciencia. 382p.

Souza-Filho, J.F., Souza, A.M.T. & Valéria-Beraldo, M.T. 2010. Six new species of the genus *Chevalia* Walker, 1904 (Amphipoda, Corophiidea, Chevaliidae) from Brazilian waters, with a key to world species of the genus. *Zootaxa*. 2713: 25-51.

Thistle, D. 2003. The deep-sea floor: an overview. In: Tyler P.A., ed. *Ecosystems of the World, V. 28 Ecosystems of the deep ocean*. Amsterdam: Elsevier. pp 5–39.

Thrush, S.F. & Dayton, P.K., 2002. Disturbance to marine benthic habitats by trawling and dredging: implications for marine biodiversity. *Annual Review of Ecology Systems*. 33: 449–473.

Thrush, S.F., Hewitt, J.E., Funnell, G.A., Cummings, V.J., Ellis, J., Schultz, D., Talley, D. & Norkko, A., 2001. Fishing disturbance and marine biodiversity: the role of habitat structure in simple soft-sediment systems. *Marine Ecology Progress Series*. 223: 277–286.

Tunncliffe, V., Juniper, S.K. & Sibuet, M. 2003. Reducing environments of the deep-sea floor.

Vélez, A. 1971. Fluctuación mensual del índice de engorde del mejillón *Perna perna* natural y cultivado. *Boetin Instituto Oceanografico Universidade Oriente*. 10(2): 3-8.

Wei, C.H., Rowe, G.T., Hubbard, G.F., Scheltema, A.H., Wilson, G.D.F., Petrescu, I., Foster, J.M., Wicksten, M.K., Chen, M. Davenport, R., Soliman, Y. & Wang, Y. 2010. Bathymetric zonation of deep-sea macrofauna in relation to export of surface phytoplankton production. *Marine Ecology Progress Series*. 399: 1-14.

Wilkinson, D.M. 1999. The disturbing history of intermediate disturbance. *Oikos*, 84 (1999), pp. 145-147.

Zalmon, I.R., Macedo, I.M., Rezende, C.E., Falcão, A.P.C. & Almeida, T.C.M. 2013. The distribution of macrofauna on the inner continental shelf of southeastern Brazil: The major influence of an estuarine system. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*. 130: 169-178.

IV.13.7 – ANEXOS

IV.13.7-1. Sinopse dos táxons da macrofauna bentônica registrados na primeira campanha do PMAR-BC.

IV.13.7-2. Densidade total (ind.m⁻²), densidade relativa (contribuição %), número de amostras de ocorrência e frequência de ocorrência (%) das famílias de Polychaeta, Crustacea e Mollusca coletadas na área de estudo.


IV.13.7-3. Mapas de distribuição de Biomassa (g/m²) nas províncias da Bacia de Campos (Plataforma Continental, Talude e Cânions) com destaque para a contribuição de Polychaeta, Crustacea e Mollusca em cada estação.


IV.13.7-4. PERMANOVA para os dados multivariados de famílias de Polychaeta, Crustacea e Mollusca e dados univariados de cada variável sintética (riqueza, biomassa, abundância, diversidade de Shannon, equitatividade de Pielou e dominância de Simpson) da primeira campanha do PMAR-BC nas diferentes províncias (Plataforma Continental, Talude e Cânions), fácies (Arenosa, Carbonática e Lamosa) e áreas (Norte, Centro e Sul).


IV.13.7-5. PERMDISP e PERMANOVA para os dados multivariados de famílias de Polychaeta, Crustacea e Mollusca e dados univariados de cada variável sintética (riqueza, biomassa, abundância, diversidade de Shannon, equitatividade de Pielou e dominância de Simpson) do PMAR-BC e PCR-BC, nas diferentes províncias (Plataforma Continental, Talude e Cânions), fácies (Arenosa, Carbonática e Lamosa) e áreas (Norte, Centro e Sul).

EQUIPE TÉCNICA


Equipe Técnica Petrobras responsável pela operacionalização do PMAR-BC

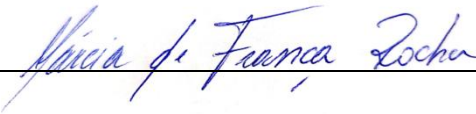
Profissional	Alexandre L. N. Borges
Empresa	Ápice
Formação/Titulação	Biólogo, M.Sc. em Biologia Marinha
Registro no Conselho de Classe	CRBio 29.799/02
Cadastro Técnico Federal de Atividades e Instrumentos de Defesa Ambiental	342803
Função	Analista Ambiental
Assinatura	


Profissional	Breno Frias Dutra
Empresa	Ápice
Formação/Titulação	Biólogo
Registro no Conselho de Classe	CRBio 46.852/05-D
Cadastro Técnico Federal de Atividades e Instrumentos de Defesa Ambiental	1957129
Função	Analista Ambiental
Assinatura	


Profissional	Letícia Luz
Empresa	Ápice
Formação/Titulação	Oceanógrafa, D.Sc. em Química
Registro no Conselho de Classe	*
Cadastro Técnico Federal de Atividades e Instrumentos de Defesa Ambiental	*
Função	Analista Ambiental
Assinatura	

(*) não disponível – área profissional sem conselho de classe.

Profissional	Maiara Albuquerque Hayata
Empresa	Ápice
Formação/Titulação	Bióloga, M.Sc. em Ecologia
Registro no Conselho de Classe	CRBio 121440/02-D
Cadastro Técnico Federal de Atividades e Instrumentos de Defesa Ambiental	6257374
Função	Analista Ambiental
Assinatura	

Profissional	Márcia de França Rocha
Empresa	PETROBRAS
Formação/Titulação	Bióloga, M.Sc. em Oceanografia
Registro no Conselho de Classe	CRBio 11.965/02
Cadastro Técnico Federal de Atividades e Instrumentos de Defesa Ambiental	43627
Função	Analista Ambiental – Coordenação técnica do PCA-BC Sul
Assinatura	

Profissional	Rodrigo de Lima Sobrinho
Empresa	Ápice
Formação/Titulação	Biólogo, D.Sc. em Geoquímica
Registro no Conselho de Classe	CRBio 121177/02
Cadastro Técnico Federal de Atividades e Instrumentos de Defesa Ambiental	7627609
Função	Analista Ambiental
Assinatura	

Profissional	Thainá Vasconcelos Paes
Empresa	Ápice
Formação/Titulação	Geógrafa
Registro no Conselho de Classe	CREA 2013488718
Cadastro Técnico Federal de Atividades e Instrumentos de Defesa Ambiental	7368352
Função	Analista GIS Pleno
Assinatura	



Ministério do Meio Ambiente
Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis
CADASTRO TÉCNICO FEDERAL
CERTIFICADO DE REGULARIDADE - CR



Registro n.º	Data da consulta:	CR emitido em:	CR válido até:
342803	16/07/2021	16/07/2021	16/10/2021

Dados básicos:

CPF: 008.396.887-33
Nome: ALEXANDRE LUIZ NEVES BORGES

Endereço:

logradouro: AV. EMBAIXADOR ABELARDO BUENO
N.º: 3400 Complemento: BLOCO 1/ APTO 501
Bairro: BARRA DA TIJUCA Município: RIO DE JANEIRO
CEP: 22775-040 UF: RJ

Cadastro Técnico Federal de Atividades e Instrumentos de Defesa Ambiental – CTF/AIDA

Código CBO	Ocupação	Área de Atividade
2211-05	Biólogo	Realizar consultoria e assessoria na área biológica e ambiental

Conforme dados disponíveis na presente data, CERTIFICA-SE que a pessoa física está em conformidade com as obrigações cadastrais do CTF/AIDA.

A inscrição no Cadastro Técnico Federal de Atividades e Instrumentos de Defesa Ambiental – CTF/AIDA constitui declaração, pela pessoa física, do cumprimento de exigências específicas de qualificação ou de limites de atuação que porventura sejam determinados pelo respectivo Conselho de Fiscalização Profissional.

O Certificado de Regularidade emitido pelo CTF/AIDA não desobriga a pessoa inscrita de obter licenças, autorizações, permissões, concessões, alvarás e demais documentos exigíveis por instituições federais, estaduais, distritais ou municipais para o exercício de suas atividades, especialmente os documentos de responsabilidade técnica, qualquer o tipo e conforme regulamentação do respectivo Conselho de Fiscalização Profissional, quando exigíveis.

O Certificado de Regularidade no CTF/AIDA não produz qualquer efeito quanto à qualificação e à habilitação técnica da pessoa física inscrita.

Chave de autenticação	VDCKS8YV7XB665XM
------------------------------	------------------



CADASTRO TÉCNICO FEDERAL
CERTIFICADO DE REGULARIDADE - CR

Registro n.º	Data da consulta:	CR emitido em:	CR válido até:
1957129	17/09/2021	17/09/2021	17/12/2021

Dados básicos:

CPF: 012.424.384-32
Nome: BRENO FRIAS DUTRA

Endereço:

logradouro: AV. DOS CAIAPOS
N.º: 121 Complemento: AP 1203; BL FLORENÇA
Bairro: PITIMBU Município: NATAL
CEP: 59067-400 UF: RN

Cadastro Técnico Federal de Atividades e Instrumentos de Defesa Ambiental – CTF/AIDA

Código CBO	Ocupação	Área de Atividade
2211-05	Biólogo	Inventariar biodiversidade
2211-05	Biólogo	Realizar consultoria e assessoria na área biológica e ambiental

Conforme dados disponíveis na presente data, CERTIFICA-SE que a pessoa física está em conformidade com as obrigações cadastrais do CTF/AIDA.

A inscrição no Cadastro Técnico Federal de Atividades e Instrumentos de Defesa Ambiental – CTF/AIDA constitui declaração, pela pessoa física, do cumprimento de exigências específicas de qualificação ou de limites de atuação que porventura sejam determinados pelo respectivo Conselho de Fiscalização Profissional.

O Certificado de Regularidade emitido pelo CTF/AIDA não desobriga a pessoa inscrita de obter licenças, autorizações, permissões, concessões, alvarás e demais documentos exigíveis por instituições federais, estaduais, distritais ou municipais para o exercício de suas atividades, especialmente os documentos de responsabilidade técnica, qualquer o tipo e conforme regulamentação do respectivo Conselho de Fiscalização Profissional, quando exigíveis.

O Certificado de Regularidade no CTF/AIDA não produz qualquer efeito quanto à qualificação e à habilitação técnica da pessoa física inscrita.

Chave de autenticação	3HEI89DCGRRIH37L
------------------------------	------------------



CADASTRO TÉCNICO FEDERAL
CERTIFICADO DE REGULARIDADE - CR

Registro n.º	Data da consulta:	CR emitido em:	CR válido até:
6257374	30/08/2021	30/08/2021	30/11/2021

Dados básicos:

CPF: 359.496.368-30
Nome: MAIARA ALBUQUERQUE HAYATA

Endereço:

logradouro: RUA DO CATETE
N.º: 44 Complemento: APTO 704
Bairro: CATETE Município: RIO DE JANEIRO
CEP: 22220-000 UF: RJ

Cadastro Técnico Federal de Atividades e Instrumentos de Defesa Ambiental – CTF/AIDA

Código CBO	Ocupação	Área de Atividade
2211-05	Biólogo	Realizar consultoria e assessoria na área biológica e ambiental
2211-05	Biólogo	Realizar diagnósticos biológicos, moleculares e ambientais

Conforme dados disponíveis na presente data, CERTIFICA-SE que a pessoa física está em conformidade com as obrigações cadastrais do CTF/AIDA.

A inscrição no Cadastro Técnico Federal de Atividades e Instrumentos de Defesa Ambiental – CTF/AIDA constitui declaração, pela pessoa física, do cumprimento de exigências específicas de qualificação ou de limites de atuação que porventura sejam determinados pelo respectivo Conselho de Fiscalização Profissional.

O Certificado de Regularidade emitido pelo CTF/AIDA não desobriga a pessoa inscrita de obter licenças, autorizações, permissões, concessões, alvarás e demais documentos exigíveis por instituições federais, estaduais, distritais ou municipais para o exercício de suas atividades, especialmente os documentos de responsabilidade técnica, qualquer o tipo e conforme regulamentação do respectivo Conselho de Fiscalização Profissional, quando exigíveis.

O Certificado de Regularidade no CTF/AIDA não produz qualquer efeito quanto à qualificação e à habilitação técnica da pessoa física inscrita.

Chave de autenticação	EKS196R8I7AC2ZXP
------------------------------	------------------



Ministério do Meio Ambiente
Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis
CADASTRO TÉCNICO FEDERAL
CERTIFICADO DE REGULARIDADE - CR



Registro n.º	Data da consulta:	CR emitido em:	CR válido até:
43627	21/09/2021	21/09/2021	21/12/2021

Dados básicos:

CPF: 790.882.604-00
Nome: MÁRCIA DE FRANÇA ROCHA

Endereço:

logradouro: RUA SENADOR VERGUEIRO
N.º: 200 Complemento: AP604
Bairro: FLAMENGO Município: RIO DE JANEIRO
CEP: 22230-900 UF: RJ

Cadastro Técnico Federal de Atividades e Instrumentos de Defesa Ambiental – CTF/AIDA

Código CBO	Ocupação	Área de Atividade
2211-05	Biólogo	Realizar consultoria e assessoria na área biológica e ambiental

Conforme dados disponíveis na presente data, CERTIFICA-SE que a pessoa física está em conformidade com as obrigações cadastrais do CTF/AIDA.

A inscrição no Cadastro Técnico Federal de Atividades e Instrumentos de Defesa Ambiental – CTF/AIDA constitui declaração, pela pessoa física, do cumprimento de exigências específicas de qualificação ou de limites de atuação que porventura sejam determinados pelo respectivo Conselho de Fiscalização Profissional.

O Certificado de Regularidade emitido pelo CTF/AIDA não desobriga a pessoa inscrita de obter licenças, autorizações, permissões, concessões, alvarás e demais documentos exigíveis por instituições federais, estaduais, distritais ou municipais para o exercício de suas atividades, especialmente os documentos de responsabilidade técnica, qualquer o tipo e conforme regulamentação do respectivo Conselho de Fiscalização Profissional, quando exigíveis.

O Certificado de Regularidade no CTF/AIDA não produz qualquer efeito quanto à qualificação e à habilitação técnica da pessoa física inscrita.

Chave de autenticação	8G32BSSLEXLTKWYG
------------------------------	------------------



Ministério do Meio Ambiente
Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis
CADASTRO TÉCNICO FEDERAL
CERTIFICADO DE REGULARIDADE - CR



Registro n.º	Data da consulta:	CR emitido em:	CR válido até:
7627609	28/09/2021	28/09/2021	28/12/2021

Dados básicos:

CPF: 088.150.507-28
Nome: RODRIGO DE LIMA SOBRINHO

Endereço:

logradouro: RUA GENERAL POLIDORO
N.º: 121 Complemento: 103
Bairro: BOTAFOGO Município: RIO DE JANEIRO
CEP: 22280-005 UF: RJ

Cadastro Técnico Federal de Atividades e Instrumentos de Defesa Ambiental – CTF/AIDA

Código CBO	Ocupação	Área de Atividade
2211-05	Biólogo	Realizar diagnósticos biológicos, moleculares e ambientais

Conforme dados disponíveis na presente data, CERTIFICA-SE que a pessoa física está em conformidade com as obrigações cadastrais do CTF/AIDA.

A inscrição no Cadastro Técnico Federal de Atividades e Instrumentos de Defesa Ambiental – CTF/AIDA constitui declaração, pela pessoa física, do cumprimento de exigências específicas de qualificação ou de limites de atuação que porventura sejam determinados pelo respectivo Conselho de Fiscalização Profissional.

O Certificado de Regularidade emitido pelo CTF/AIDA não desobriga a pessoa inscrita de obter licenças, autorizações, permissões, concessões, alvarás e demais documentos exigíveis por instituições federais, estaduais, distritais ou municipais para o exercício de suas atividades, especialmente os documentos de responsabilidade técnica, qualquer o tipo e conforme regulamentação do respectivo Conselho de Fiscalização Profissional, quando exigíveis.

O Certificado de Regularidade no CTF/AIDA não produz qualquer efeito quanto à qualificação e à habilitação técnica da pessoa física inscrita.

Chave de autenticação	F2KJ2FDNPTP7EZ16
------------------------------	------------------



Ministério do Meio Ambiente
Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis
CADASTRO TÉCNICO FEDERAL
CERTIFICADO DE REGULARIDADE - CR



Registro n.º	Data da consulta:	CR emitido em:	CR válido até:
7368352	17/09/2021	17/09/2021	17/12/2021

Dados básicos:

CPF: 140.982.037-82
Nome: THAINÁ VASCONCELOS PAES

Endereço:

logradouro: RUA OITO
N.º: 65 Complemento:
Bairro: IPIRANGA Município: NOVA IGUACU
CEP: 26293-513 UF: RJ

Cadastro Técnico Federal de Atividades e Instrumentos de Defesa Ambiental – CTF/AIDA

Código CBO	Ocupação	Área de Atividade
2513-05	Geógrafo	Tratar informações geográficas em base georreferenciada

Conforme dados disponíveis na presente data, CERTIFICA-SE que a pessoa física está em conformidade com as obrigações cadastrais do CTF/AIDA.

A inscrição no Cadastro Técnico Federal de Atividades e Instrumentos de Defesa Ambiental – CTF/AIDA constitui declaração, pela pessoa física, do cumprimento de exigências específicas de qualificação ou de limites de atuação que porventura sejam determinados pelo respectivo Conselho de Fiscalização Profissional.

O Certificado de Regularidade emitido pelo CTF/AIDA não desobriga a pessoa inscrita de obter licenças, autorizações, permissões, concessões, alvarás e demais documentos exigíveis por instituições federais, estaduais, distritais ou municipais para o exercício de suas atividades, especialmente os documentos de responsabilidade técnica, qualquer o tipo e conforme regulamentação do respectivo Conselho de Fiscalização Profissional, quando exigíveis.

O Certificado de Regularidade no CTF/AIDA não produz qualquer efeito quanto à qualificação e à habilitação técnica da pessoa física inscrita.

Chave de autenticação	4PMH7VYYWIGUBZ4Q
------------------------------	------------------