



**AECOM**

**PROJETO DE CARACTERIZAÇÃO AMBIENTAL DA  
ÁREA NORTE DE CARCARÁ, BACIA DE SANTOS**

**RELATÓRIO FINAL**

**Julho de 2018**



**equinor**



**Índice Geral**

1. INTRODUÇÃO .....	1
1.1. JUSTIFICATIVA .....	1
2. ÁREA DE ESTUDO.....	2
3. OBJETIVOS E METAS .....	3
4. MÉTODOS .....	3
4.1 MALHAAMOSTRAL .....	4
4.2 PROCEDIMENTOS DE AMOSTRAGEM .....	5
<b>4.2.1 COMPARTIMENTO SEDIMENTO: PARÂMETROS FÍSICO QUÍMICOS E COMUNIDADE BENTÔNICA (MEIOFAUNA E MACROFAUNA)</b> .....	5
<b>4.2.2 COMPARTIMENTO ÁGUA: PARÂMETROS FÍSICO QUÍMICOS</b> .....	10
<b>4.2.3 COMUNIDADES PLANCTÔNICAS</b> .....	16
<b>4.2.4 INSPEÇÃO VISUAL DE FUNDO</b> .....	18
4.3 PROCEDIMENTOS DE ANÁLISE.....	21
<b>4.3.1 QUALIDADE DO SEDIMENTO</b> .....	21
<b>4.3.2 COMUNIDADE BENTÔNICA (MEIOFAUNA E MACROFAUNA)</b> .....	22
<b>4.3.3 QUALIDADE DA ÁGUA</b> .....	23
<b>4.3.4 COMUNIDADES PLANCTÔNICAS</b> .....	25
5. RESULTADOS .....	31
5.1 CARACTERIZAÇÃO DA QUALIDADE DO SEDIMENTO .....	32
<b>5.1.1 GRANULOMETRIA E CARBONATOS</b> .....	32
<b>5.1.2 MATÉRIA ORGÂNICA TOTAL E CARBONO ORGÂNICO TOTAL</b> .....	37
<b>5.1.3 NUTRIENTES (NITROGÊNIO E FÓSFORO)</b> .....	39
<b>5.1.4 METAIS</b> .....	41
<b>5.1.5 HIDROCARBONETOS</b> .....	47
<b>5.1.6 BIOMARCADORES</b> .....	50
<b>5.1.7 RADIONUCLÍDEOS</b> .....	57
5.2 MACROFAUNA BENTÔNICA .....	59
<b>5.2.1 ANÁLISE QUALITATIVA</b> .....	59
<b>5.2.2 ANÁLISE QUANTITATIVA</b> .....	61
<b>5.2.3 ÍNDICES BIOLÓGICOS</b> .....	66
5.3 MEIOFAUNA BENTÔNICA .....	68
<b>5.3.1 ANÁLISE QUALITATIVA</b> .....	68
<b>5.3.2 ANÁLISE QUANTITATIVA</b> .....	71

5.3.3	<b>ÍNDICES BIOLÓGICOS</b>	75
5.4	INSPEÇÃO VISUAL DE FUNDO	78
5.5	CARACTERIZAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA	85
5.5.1	<b>TEMPERATURA, SALINIDADE E DENSIDADE DA ÁGUA</b>	85
5.5.2	<b>OXIGÊNIO DISSOLVIDO E PH</b>	93
5.5.3	<b>TRANSPARÊNCIA</b>	95
5.5.4	<b>SÓLIDOS TOTAIS, DISSOLVIDOS E EM SUSPENSÃO</b>	95
5.5.5	<b>CARBONO ORGÂNICO TOTAL</b>	97
5.5.6	<b>NUTRIENTES (SÉRIE NITROGENADA, FOSFATO E SILICATO)</b>	97
5.5.7	<b>CLOROFILA-a</b>	102
5.5.8	<b>SULFETOS</b>	103
5.5.9	<b>HIDROCARBONETOS, BTEX E FENÓIS</b>	103
5.6	CARACTERIZAÇÃO DAS COMUNIDADES PLANCTÔNICAS	104
5.6.1	<b>FITOPLÂNCTON</b>	104
5.6.2	<b>ZOOPLÂNCTON</b>	116
5.6.3	<b>ICTIOPLÂNCTON</b>	129
5.7	ANÁLISE INTEGRADA	143
5.7.1	<b>COMPARTIMENTO SEDIMENTO</b>	143
5.7.2	<b>COMPARTIMENTO ÁGUA</b>	145
5.8	AValiação DE IMPACTOS PRETÉRITOS	149
6	CONCLUSÃO	156
7	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	159
8	EQUIPE TÉCNICA	174

**ÍNDICE DE TABELAS**

TABELA 1 - Localização das estações de coleta para a Campanha de Caracterização Ambiental da Área Norte de Carcará.	5
TABELA 2 - Parâmetros analisados, tipo de frascos, conservação e preservação de amostras de sedimento e laboratórios responsáveis pelas análises, durante a Campanha de Caracterização Ambiental da Área Norte de Carcará.	9
TABELA 3 - Sequência de lançamentos e eventos relacionados à coleta de sedimento durante a Campanha de Caracterização Ambiental da Área Norte de Carcará.	9
TABELA 4 - Profundidades de coleta de água para a caracterização ambiental da Área Norte de Carcará.	12
TABELA 5 - Parâmetros e métodos de campo para Caracterização Ambiental da Área Norte de Carcará, Bacia de Santos.	15
TABELA 6 - Sequência de lançamentos e eventos relacionados à coleta de água durante a Campanha de Caracterização Ambiental da Área Norte de Carcará.	16
TABELA 7 - Sequência de arrastos do zooplâncton realizados durante a Campanha de Caracterização Ambiental da Área Norte de Carcará.	18
TABELA 8 - Etapas com os respectivos equipamentos e softwares utilizados durante o imageamento do fundo da Área Norte de Carcará, Bacia de Santos.	19
TABELA 9 - Coordenadas executadas durante operação de inspeção de fundo.	21
TABELA 10 - Métodos analíticos e seus respectivos limites de quantificação empregados para análise de amostras de sedimento durante a caracterização ambiental da Área Norte de Carcará, Bacia de Santos.	22
TABELA 11 - Métodos analíticos e seus respectivos limites de quantificação empregados para análise de amostras de água durante a Caracterização Ambiental da Área Norte de Carcará, Bacia de Santos.	24
TABELA 12 - Códigos utilizados para individualizar os organismos do microfitoplâncton de acordo com a forma e maior dimensão celular.	26
TABELA 13 - Composição granulométrica (%) das estações amostradas durante a caracterização ambiental da Área Norte de Carcará, Bacia de Santos.	34
TABELA 14 - Comparação de teores de Carbonato (%) nas estações amostradas durante a caracterização ambiental da Área Norte de Carcará, Bacia de Santos, com aqueles obtidos no Bloco BM-S-8.	36
TABELA 15 - Matéria orgânica total e carbono orgânico total (%) nas estações amostradas durante a caracterização ambiental da Área Norte de Carcará e da região do Bloco BM-S-8.	38
TABELA 16 - Nutrientes (Nitrogênio Kjeldahl e Fósforo Total) (mg.kg-1) nas estações amostradas durante a caracterização ambiental da Área Norte de Carcará e do Bloco BM-S-8.	40
TABELA 17 - Resumo das concentrações de metais encontradas no sedimento durante a caracterização ambiental da Área Norte de Carcará e do Bloco BM-S-8.	41

TABELA 18 - Resultados obtidos a partir de análises para os parâmetros MCNR, HRP e HTPTotal (mg.kg-1). Área Norte de carcará e Bloco BM-S-8.	48
TABELA 19 - Códigos das razões entre biomarcadores orgânicos identificados no sedimento marinho durante a caracterização ambiental da Área Norte de Carcará.	51
TABELA 20 - Biomarcadores orgânicos (terpanos e esteranos) e razões entre os compostos no sedimento marinho durante a caracterização ambiental da Área Norte de Carcará.	52
TABELA 21 - Comparação das médias gerais dos valores de cada biomarcador orgânico (terpanos e esteranos) e razões entre os compostos no sedimento marinho obtidas durante a caracterização ambiental da Área Norte de Carcará e do Bloco BM-S-8	54
TABELA 22 - 226Ra e 228Ra (Bq.kg-1) nas estações amostradas durante a caracterização ambiental da Área Norte de Carcará e do Bloco BM-S-8.	58
TABELA 23 - Valores de 226Ra/Ba e 228Ra/Ba durante a caracterização ambiental do Bloco BM-S-8.	58
TABELA 24 - Valores de densidade (cel.L-1) dos táxons da macrofauna bentônica mais abundantes da caracterização ambiental da Área Norte de Carcará e do Bloco BM-S-8.	64
TABELA 25 - Densidade por grupo e total (ind.m-2) dos organismos da macrofauna bentônica em cada estação durante a caracterização ambiental da Área Norte de Carcará e do Bloco BM-S-8.	65
TABELA 26 - Índices biológicos da comunidade da macrofauna bentônica decada amostra durante a caracterização ambiental da Área Norte de Carcará e do Bloco BM-S-8 .	66
TABELA 27 - Frequência de ocorrência (%) dos táxons da comunidade meiobentônica durante a caracterização ambiental da Área Norte de Carcará.	71
TABELA 28 - Valores de densidade (Ind.10 cm-2) da caracterização ambiental da Área Norte de Carcará e do Bloco BM-S-8.	72
TABELA 29 - Índices biológicos da comunidade da macrofauna bentônica em cada amostra durante a caracterização ambiental da Área Norte de Carcará e do Bloco BM-S-8 .	76
TABELA 30 - Frequência de ocorrência (%) dos táxons da comunidade microfitoplanctônica durante a caracterização ambiental da Área Norte de Carcará.	108
TABELA 31 - Os 10 táxons mais frequentes da comunidade microfitoplanctônica durante a caracterização ambiental da Área Norte de Carcará.	108
TABELA 32 - Valores de densidade (cel.L-1) do nanoplâncton e do microfitoplâncton durante a caracterização ambiental da Área Norte de Carcará.	109
TABELA 33 - Valores de densidade (cel.L-1) do microfitoplâncton durante a caracterização ambiental da Área Norte de Carcará.	114

TABELA 34 - Frequência de ocorrência (%) dos táxons da comunidade zooplanctônica durante a caracterização ambiental da Área Norte de Carcará. 121	123
TABELA 35 - Táxons mais frequentes (100%) da comunidade zooplanctônica durante a caracterização ambiental da Área Norte de Carcará.	122
TABELA 36 - Táxons mais abundantes da comunidade zooplanctônica durante a caracterização ambiental da Área Norte de Carcará.	127
TABELA 37 - Frequência de ocorrência dos táxons de larvas de peixes nas estações coletadas com as malhas de 330 e 500 µm durante a caracterização ambiental da Área Norte de Carcará.	135
TABELA 38 - Táxons de larvas de peixes muito frequentes (FO>70%) nas amostras coletadas com as malhas de 330 e 500 µm durante a caracterização ambiental da Área Norte de Carcará.	135
TABELA 39 - Densidade média (larvas.100 m-3) dos táxons de larvas de peixes mais abundantes coletados durante a caracterização ambiental da Área Norte de Carcará (malhas de 330 e 500 µm).	140
TABELA 40 - Códigos para identificação das variáveis utilizadas nas análises multivariadas de integração dos resultados observados no sedimento marinho.	143
TABELA 41 - Variáveis abióticas e bióticas e respectivas abreviaturas utilizadas na análise integrado compartimento água.	146
TABELA 43 - Responsabilidade técnica.	174

**ÍNDICE DE FIGURAS**

FIGURA 1 - Localização da Área Norte de Carcará, Bacia de Santos.	2
FIGURA 2 - Embarcação MV Carmen, utilizada na Campanha de Caracterização Ambiental da Área Norte de Carcará, Bacia Santos.	3
FIGURA 3 - Malha amostral das estações de coleta (sedimento e água) e inspeção de fundo utilizada durante a Campanha de Caracterização Ambiental da Área Norte de Carcará, Bacia de Santos.	4
FIGURA 4 - A e B) Descontaminação do box-corer com Extran. C) Sifonamento das amostras D, E e F) Exemplos de validação e registro fotográfico das amostras de sedimento da Campanha de Caracterização Ambiental da Área Norte de Carcará, Bacia Santos.	6
FIGURA 5 - A) Amostragem de sedimento destinada às análises de metais e nutrientes. B) Coleta para análise de granulometria, carbonatos, MOT e COT. C) Coleta destinada à análise de hidrocarbonetos, durante a campanha de caracterização ambiental da Área Norte de Carcará.	7
FIGURA 6 - A, B e C) Coleta de sedimento para análise da macrofauna bentônica. D) Amostragem da meiofauna bentônica E) Lavagem das amostras de macrofauna em sacos de nylon com abertura de malha de 0,3 mm, durante a campanha de caracterização ambiental da Área Norte de Carcará.	8
FIGURA 7 - A) CTD (Conductivity, temperature and depth), B) acoplado à Rosette; C) Análise dos dados de CTD em tempo real para definição das profundidades de coleta a partir da identificação das massas d'água; D) Exemplo de gráfico bruto, mostrando a perfilagem de toda a coluna d'água de um dos pontos de coleta, durante a campanha de caracterização ambiental da Área Norte de Carcará.	11
FIGURA 8 - Lançamento do disco de Secchi para obtenção da transparência local, durante a campanha de caracterização ambiental da Área Norte de Carcará.	11
FIGURA 9 - A) Coleta para obtenção dos valores de oxigênio dissolvido (OD) e pH; B) Amostragem para análise de BTEX; C) Coleta destinada à filtração de MPS e clorofila; D) Amostragem de água para análise de HPA's; E) Coleta de água em todas as profundidades determinadas; F) Coleta de água destinada à análise de fitoplâncton (amostragem apenas nas 3 primeiras profundidades), realizada durante a campanha de caracterização ambiental da Área Norte de Carcará.	13
FIGURA 10 - Medição in situ de amostras de água com pHmetro e oxímetro realizada durante a Campanha de Caracterização Ambiental da Área Norte de Carcará.	14
FIGURA 11 - Filtração realizada a bordo para posterior análise, em laboratório, de sólidos suspensos totais e dos compostos inorgânicos (amostras de todas as 5 profundidades); e de clorofila (amostras das 3 primeiras profundidades), durante a Campanha de Caracterização Ambiental da Área Norte de Carcará.	14
FIGURA 12 - Armazenamento das amostras dos compartimentos água e sedimento durante a Campanha de Caracterização Ambiental da Área Norte de Carcará.	15



FIGURA 13 - Procedimentos de amostragem de zooplâncton. A - limpeza do copo da rede, após a realização do arrasto. B - Técnico realizando anotações quando aos dados do fluxômetro, durante Campanha de Caracterização Ambiental da Área Norte de Carcará.	17
FIGURA 14 - Amostragem de ictioplâncton. A - Rede Bongô. B - Transferência de amostra para frascos. C - Inclinômetro usado durante as coletas de plâncton, durante a Campanha de Caracterização Ambiental da Área Norte de Carcará.	17
FIGURA 15 - A) Calibração do Beacon e B) parte interna do sistema USBL, durante a Campanha de Caracterização Ambiental da Área Norte de Carcará.	19
FIGURA 16 - CTD (conductivity, temperature and depth), acoplado à Rosette, utilizado durante a Campanha de Caracterização Ambiental da Área Norte de Carcará.	20
FIGURA 17 - Exemplo da aquisição dos dados do CTD, no software seasave V7.	20
FIGURA 18 - A) Sala de operação. B) Aquisição de imagens da dropcam, durante a Campanha de Caracterização Ambiental da Área Norte de Carcará.	21
FIGURA 19 - Localização das estações amostrais referentes ao estudo atual e estudos pretéritos realizados na região.	32
FIGURA 20 - Composição granulométrica média (%) das estações amostradas durante a caracterização ambiental da Área Norte de Carcará, Bacia de Santos e do Bloco BM-S-8.	33
FIGURA 21 - Carbonato médio (%) nas estações amostradas durante a caracterização ambiental da Área Norte de Carcará, Bacia de Santos e do Bloco BM-S-8.	36
FIGURA 22 - Matéria orgânica total e carbono orgânico total médios (%) nas estações amostradas na caracterização ambiental da Área Norte de Carcará, Bacia de Santos e do Bloco BM-S-8.	37
FIGURA 23 - Nutrientes (Nitrogênio Kjeldahl e Fósforo Total) (médias mg.kg-1) nas estações amostradas durante a caracterização ambiental da Área Norte de Carcará e Bloco BM-S-8.	39
FIGURA 24 - Concentrações de metais médias (Al, Mn) nas estações amostradas durante a caracterização ambiental da Área Norte de Carcará e BM-S-8.	43
FIGURA 25 - Concentrações de metais médias (Pb, Ni, Cu e Cr) nas estações amostradas durante a caracterização ambiental da Área Norte de Carcará e BM-S-8.	44
FIGURA 26 - Concentrações de metais médias (V, Zn, Ba) nas estações amostradas durante a caracterização ambiental da Área Norte de Carcará e BM-S-8.	45
FIGURA 27 - Concentrações de metais (Fe) nas estações amostradas durante a caracterização ambiental da Área Norte de Carcará e BM-S-8.	46
FIGURA 28 - Perfil cromatográfico da amostra 2B, analisada durante a caracterização ambiental da Área Norte de Carcará.	48
FIGURA 29 - Perfil cromatográfico da amostra 5A, analisada durante a caracterização ambiental da Área Norte de Carcará.	49
FIGURA 30 - Perfil cromatográfico da amostra 3C, analisada durante a caracterização ambiental do Bloco BM-S-8.	49

Figura 31 - Exemplos dos cromatogramas observados nas estações amostradas durante a caracterização ambiental da Área Norte de Carcará.	56
Figura 32 - Concentrações médias de 226Ra e 228Ra (Bq.kg-1) nas estações amostradas durante a caracterização ambiental da Área Norte de Carcará e do Bloco BM-S-8.	57
FIGURA 33 - Contribuição (%) por grupo na riqueza (nº de táxons) dos organismos da macrofauna bentônica durante a caracterização ambiental da Área Norte de Carcará e do Bloco BM-S-8.	59
FIGURA 34 - Riqueza (nº de táxons) e riqueza de Margalef dos organismos da macrofauna bentônica em cada estação durante a caracterização ambiental da Área Norte de Carcará e do Bloco BM-S-8.	60
FIGURA 35 - Contribuição (%) por grupo na riqueza (nº de táxons) dos organismos da macrofauna bentônica em cada estação durante a caracterização ambiental da Área Norte de Carcará e do Bloco BM-S-8.	61
FIGURA 36 - Contribuição média (%) por grupo na densidade dos organismos da macrofauna bentônica durante a caracterização ambiental da Área Norte de Carcará e do Bloco BM-S-8.	62
FIGURA 37 - Densidade média (ind.m-2) dos organismos da macrofauna bentônica em cada estação durante a caracterização ambiental da Área Norte de Carcará e do Bloco BM-S-8.	63
FIGURA 38 - Contribuição média (%) por grupo na densidade dos organismos da macrofauna bentônica em cada estação durante a caracterização ambiental da Área Norte de Carcará e do Bloco BM-S-8.	65
FIGURA 39 - Índices biológicos da comunidade da macrofauna bentônica em cada estação durante a caracterização ambiental da Área Norte de Carcará e do Bloco BM-S-8.	67
FIGURA 40 - Análise de agrupamento das amostras através do índice de similaridade de Bray-Curtis da macrofauna bentônica em cada estação da caracterização ambiental da Área Norte de Carcará.	68
FIGURA 41 - Contribuição (%) por grupo na riqueza (nº de táxons) dos organismos da meiofauna bentônica durante a caracterização ambiental da Área Norte de Carcará e do Bloco BM-S-8.	69
FIGURA 42 - Riqueza (nº de táxons) dos organismos da meiofauna bentônica em cada estação durante a caracterização ambiental da Área Norte de Carcará e do Bloco BM-S-8.	70
FIGURA 43 - Contribuição (%) por grupo na riqueza (nº de táxons) da meiofauna em cada estação durante a caracterização ambiental da Área Norte de Carcará e do Bloco BM-S-8.	71
FIGURA 44 - Contribuição total (%) por grupo na densidade da meiofauna bentônica durante a caracterização ambiental da Área Norte de Carcará e do Bloco BM-S-8.	73
FIGURA 45 - Densidade média (ind.10cm-2) da meiofauna bentônica em cada estação durante a caracterização ambiental da Área Norte de Carcará e do Bloco BM-S-8.	74



FIGURA 46 - Contribuição média (%) por grupo na densidade da meiofauna em cada estação durante a caracterização ambiental da Área Norte de Carcará e do Bloco BM-S-8.	75
FIGURA 47 - Índices biológicos da meiofauna em cada estação durante a caracterização ambiental da Área Norte de Carcará e do Bloco BM-S-8.	77
FIGURA 48 - Análise de agrupamento das amostras através do índice de similaridade de Bray-Curtis da meiofauna em cada estação durante a caracterização ambiental da Área Norte de Carcará.	77
FIGURA 49 - Presença de pequenas carapaças de coloração branca, podendo ser inteiras ou em fragmentos, de organismos marinhos não identificados durante a campanha de caracterização ambiental da Área Norte de Carcará.	78
FIGURA 50 - Fundo marinho na locação Carcará II, que apresentou características semelhantes a estação Carcará I durante a campanha de caracterização ambiental da Área Norte de Carcará.	79
FIGURA 51 - Abundância de carapaças brancas (inteiras ou fragmentadas). Suspensão de sedimentos próximo ao fundo devido a aterrissagem da dropcam no assoalho marinho. Estação Carcará III durante a campanha de caracterização ambiental da Área Norte de Carcará.	79
FIGURA 52 - Grande suspensão de sedimentos devido ao choque da dropcam no fundo durante a campanha de caracterização ambiental da Área Norte de Carcará.	80
FIGURA 53 - Aspecto do fundo marinho em Carcará V durante a campanha de caracterização ambiental da Área Norte de Carcará.	80
FIGURA 54 - Imagem de fundo obtida através da dropcam, na Estação 4 durante a campanha de caracterização ambiental da Área Norte de Carcará.	81
FIGURA 55 - Imageamento do fundo marinho na Estação 5 durante a campanha de caracterização ambiental da Área Norte de Carcará.	81
FIGURA 56 - Imagens da inspeção de fundo obtidas durante a caracterização ambiental do Bloco BM-S-8, Bacia de Santos.	85
Figura 57 - Perfis de temperatura salinidade, densidade em cada estação durante a caracterização ambiental da Área Norte de Carcará.	88
FIGURA 58 - Perfis de temperatura, salinidade, densidade e velocidade do som em cada estação durante a caracterização ambiental do Bloco BM-S-8.	90
FIGURA 59 - A) Diagrama T&S a partir dos resultados de cada estação durante a caracterização ambiental da Área Norte de Carcará e B) Bloco BM-S-8.	92
FIGURA 60 - Oxigênio dissolvido (OD) (mg.L-1) em cada estação durante as caracterizações ambientais da Área Norte de Carcará (a esquerda) e do Bloco BM-S-8 (a direita)	93
FIGURA 61 - Potencial hidrogeniônico(pH) em cada estação durante as caracterizações ambientais do Bloco Área Norte de Carcará e do Bloco BM-S-8.	94
FIGURA 62 - Transparência (m) em cada estação durante as caracterizações ambientais do Bloco BM-S-8 e da Área Norte de Carcará.	95
FIGURA 63 - Sólidos totais, dissolvidos e em suspensão (mg.L-1) em cada estação durante as caracterizações ambientais na Área Norte de Carcará e do Bloco BM-S-8.	96

FIGURA 64 - Carbono orgânico total (COT) (mg.L-1) em cada estação durante as caracterizações ambientais dos Blocos Área Norte de Carcará e BM-S-8.	97
FIGURA 65 - Nitrato (mg.L-1) (figuras superiores) em cada estação de caracterização ambiental da Área Norte de Carcará e do Bloco BM-S-8 e Nitrito (mg.L-1) (figura inferior) durante a caracterização ambiental da Área Norte de Carcará	99
FIGURA 66 - Fosfato (mg.L-1) em cada estação durante as caracterizações ambientais da Área Norte de Carcará e do Bloco BM-S-8.	100
FIGURA 67 - Silicato (mg.L-1) em cada estação durante as caracterizações ambientais da Área Norte de Carcará e Bloco BM-S-8.	101
FIGURA 68 - Clorofila-a ( $\mu$ g.L-1) em cada estação durante as caracterizações ambientais da Área Norte de Carcará e do Bloco BM-S-8.	102
FIGURA 69 - Contribuição (%) por grupo na riqueza ( $n^{\circ}$ de táxons) da comunidade microfitoplanctônica durante a caracterização ambiental da Área Norte de Carcará e do Bloco BM-S-8.	105
FIGURA 70 - Riqueza ( $n^{\circ}$ de táxons) da comunidade microfitoplanctônica em cada estação durante a caracterização ambiental da Área Norte de Carcará e do Bloco BM-S-8.	106
FIGURA 71 - Contribuição (%) por grupo na riqueza ( $n^{\circ}$ de táxons) da comunidade microfitoplanctônica em cada estação durante a caracterização ambiental da Área Norte de Carcará e do Bloco BM-S-8.	107
FIGURA 72 - Densidade (cel.L-1) da comunidade nanoplanctônica em cada estação durante a caracterização ambiental da Área Norte de Carcará e do Bloco BM-S-8.	110
FIGURA 73 - Densidade (cel.L-1) da comunidade microfitoplanctônica em cada estação durante a caracterização ambiental da Área Norte de Carcará e do Bloco BM-S-8.	110
FIGURA 74 - Contribuição média (%) por grupo na densidade da comunidade microfitoplanctônica durante a caracterização ambiental da Área Norte de Carcará e do Bloco BM-S-8.	111
FIGURA 75 - Contribuição (%) por grupo na densidade da comunidade fitoplanctônica em cada estação durante a caracterização ambiental da Área Norte de Carcará e do Bloco BM-S-8.	112
FIGURA 76 - Contribuição média (%) por grupo na densidade da comunidade fitoplanctônica em cada profundidade durante a caracterização ambiental da Área Norte de Carcará e do Bloco BM-S-8. 113	111
FIGURA 77 - Índices biológicos da comunidade microfitoplanctônica em cada estação durante a caracterização ambiental da Área Norte de Carcará e do Bloco BM-S-8.	115
FIGURA 78 - Análise de agrupamento das amostras através do índice de similaridade de Bray-Curtis da comunidade microfitoplanctônica em cada estação durante a caracterização ambiental da Área Norte de Carcará.	116
FIGURA 79 - Contribuição (%) por grupo na riqueza ( $n^{\circ}$ de táxons) da comunidade zooplanctônica durante a caracterização ambiental da Área Norte de Carcará (arrasto vertical).	117

FIGURA 80 - Contribuição (%) por grupo na riqueza (nº de táxons) da comunidade zooplanctônica durante a caracterização ambiental da Área Norte de Carcará (arrasto horizontal).	117
FIGURA 81 - Riqueza (nº de táxons) da comunidade zooplanctônica em cada estação durante a caracterização ambiental da Área Norte de Carcará e do Bloco BM-S-8 (arrasto vertical).	118
FIGURA 82 - Riqueza (nº de táxons) da comunidade zooplanctônica em cada estação durante a caracterização ambiental da Área Norte de Carcará e do Bloco BM-S-8 (arrasto horizontal).	119
FIGURA 83 - Contribuição (%) por grupo na riqueza (nº de táxons) da comunidade zooplanctônica em cada estação durante a caracterização ambiental da Área Norte de Carcará e do Bloco BM-S-8 (arrasto vertical).	120
FIGURA 84 - Contribuição (%) por grupo na riqueza (nº de táxons) da comunidade zooplanctônica em cada estação durante a caracterização ambiental da Área Norte de Carcará e do Bloco BM-S-8 (arrasto horizontal).	121
FIGURA 85 - Densidade (ind.m-3) dos organismos da comunidade zooplanctônica em cada estação durante a caracterização ambiental da Área Norte de Carcará e do Bloco BM-S-8.	123
FIGURA 86 - Contribuição média (%) por grupo na densidade da comunidade zooplanctônica durante a caracterização ambiental da Área Norte de Carcará e do Bloco BM-S-8 (arrasto vertical).	124
FIGURA 87 - Contribuição média (%) por grupo na densidade da comunidade zooplanctônica durante a caracterização ambiental da Área Norte de Carcará e do Bloco BM-S-8 (arrasto horizontal).	124
FIGURA 88 - Contribuição (%) por grupo na densidade da comunidade zooplanctônica em cada estação durante a caracterização ambiental da Área Norte de Carcará e do Bloco BM-S-8 (arrasto vertical).	125
FIGURA 89 - Contribuição (%) por grupo na densidade da comunidade zooplanctônica em cada estação durante a caracterização ambiental da Área Norte de Carcará e do Bloco BM-S-8 (arrasto horizontal). 126	125
FIGURA 90 - Índices biológicos da comunidade zooplanctônica em cada estação durante a caracterização ambiental da Área Norte de Carcará e do Bloco BM-S-8 (arrasto vertical).	128
FIGURA 91 - Índices biológicos da comunidade zooplanctônica em cada estação durante a caracterização ambiental da Área Norte de Carcará e do Bloco BM-S-8 (arrasto horizontal).	129
FIGURA 92 - Contribuição (%) por família na riqueza (nº de táxons) de larvas de peixes durante a caracterização ambiental da Área Norte de Carcará e do Bloco BM-S-8 (malha de 330 µm).	131
FIGURA 93 - Contribuição (%) por família na riqueza (nº de táxons) de larvas de peixes durante a caracterização ambiental da Área Norte de Carcará e do Bloco BM-S-8, (malha de 500 µm).	131

FIGURA 94 - Riqueza (nº de táxons) da assembleia de larvas de peixes em cada estação durante a caracterização ambiental da Área Norte de Carcará e do Bloco BM-S-8 (malha de 330 µm).	133
FIGURA 95 - Riqueza (nº de táxons) de larvas de peixes em cada estação durante a caracterização ambiental da Área Norte de Carcará e do Bloco BM-S-8 (malha de 500 µm).	133
FIGURA 96 - Contribuição (%) por família na riqueza (nº de táxons) de larvas de peixes em cada estação durante a caracterização ambiental da Área Norte de Carcará e do Bloco BM-S-8(malha de 330 µm)Outras* = famílias com menos de 1% de contribuição do total de táxons.	134
FIGURA 97 - Contribuição (%) por família na riqueza (nº de táxons) de larvas de peixes em cada estação durante a caracterização ambiental da Área Norte de Carcará e do Bloco BM-S-8 (malha de 500 µm). Outras* = famílias com menos de 1% de contribuição do total de táxons.	135
FIGURA 98 - Densidade de ovos de peixes (ovos. 100 m-3) coletados durante a caracterização ambiental da Área Norte de Carcará e do Bloco BM-S-8, após arrastos com as malhas de 330 e 500 µm.	136
FIGURA 99 - Densidade de larvas de peixes (larvas. 100 m-3) coletadas durante a caracterização ambiental da Área Norte de Carcará e do Bloco BM-S-8 (malhas de 330 e 500 µm).	137
FIGURA 100 - Contribuição média (%) por família na densidade média de larvas de peixes (larvas. 100 m-3) durante a caracterização ambiental da Área Norte de Carcará e do Bloco BM-S-8 (malha de 330 µm).	138
FIGURA 101 - Contribuição média (%) por família na densidade média de larvas de peixes (larvas. 100 m-3) durante a caracterização ambiental da Área Norte de Carcará e do Bloco BM-S-8(malha de 500 µm).	138
FIGURA 102 - Densidade (larvas. 100 m-3) das famílias de larvas de peixes mais abundantes em cada estação durante a caracterização ambiental da Área Norte de Carcará e do Bloco BM-S-8 (malha de 330 µm).	139
FIGURA 103 - Densidade (larvas. 100 m-3) das famílias de larvas de peixes mais abundantes em cada estação durante a caracterização ambiental da Área Norte de Carcará e do Bloco BM-S-8 (malha de 500 µm).	140
FIGURA 104 - Índices biológicos da assembleia de larvas de peixes em cada estação durante a caracterização ambiental da Área Norte de Carcará e do Bloco BM-S-8, (malha de 330 µm).	142
FIGURA 105 - Índices biológicos da assembleia de larvas de peixes em cada estação durante a caracterização ambiental da Área Norte de Carcará e do Bloco BM-S-8(malha de 500 µm).	142
FIGURA 106 - Ordenação das variáveis abióticas em relação aos fatores 1-2 extraídos na análise de componentes principais (ACP) para o compartimento sedimento.	145
FIGURA 107 - Ordenação das variáveis abióticas em relação aos fatores 1-2 extraídos na análise de componentes principais (ACP) em função das diferentes profundidades da coluna d'água.	147

FIGURA 108 - Ordenação das variáveis abióticas e bióticas em relação aos fatores 1-2 extraídos na análise de componentes principais (ACP) em função das diferentes profundidades da coluna d'água.	148
FIGURA 109 - Áreas de atividades de O&G na Bacia de Santos (com foco no entorno da Área Norte de Carcará e região do Bloco BM-S-8). Adaptado de ANP (2018).	150
FIGURA 110 - Matéria orgânica total e carbono orgânico total médios (%) nas estações amostradas durante a caracterização ambiental da Área Norte de Carcará e do Bloco BM-S-8.	151
FIGURA 111 - Perfis cromatográficos das análises de biomarcadores nas amostras 2B e 5A analisadas durante a caracterização ambiental da Área Norte de Carcará.	154
FIGURA 112 - Concentrações de nitrato entre Cabo Frio e Ubatuba. Adaptado de Takanoashi et al. (2015).	155

## 1. INTRODUÇÃO

O presente documento apresenta os resultados dos meios biótico e abiótico obtidos no Projeto de Caracterização Ambiental da Área Norte de Carcará, Bacia de Santos. Tal localidade é alvo do desenvolvimento de atividades de perfuração marítima a serem realizadas pela Statoil Brasil Óleo e Gás Ltda, uma empresa do grupo Equinor. Este estudo complementa a caracterização previamente realizada em região contígua, área do Bloco BM-S-8, também operada pela Equinor na Bacia de Santos. A implementação do PCA foi aprovada pelo IBAMA e segue as diretrizes do Termo de Referência nº 5/2018.

A Campanha de Caracterização Ambiental (Baseline) permite o conhecimento da região antes do início das atividades de perfuração. Além disso, os dados primários adquiridos fornecem valores de referência (*background*) para as variáveis físicas, químicas e biológicas do ambiente marinho estudado.

As análises dos compartimentos água e sedimento, o imageamento do fundo marinho e as comparações dos resultados aqui obtidos com aqueles encontrados no Bloco BM-S-8 e com outros estudos pretéritos permitiram uma avaliação das características locais da Área Norte de Carcará, Bacia de Santos.

Adicionalmente, destaca-se que toda a operação de coleta foi realizada seguindo as condicionantes apresentadas na Autorização de Captura, Coleta e Transporte de Material Biológico (ABIO) N° 952/2018.

### 1.1. JUSTIFICATIVA

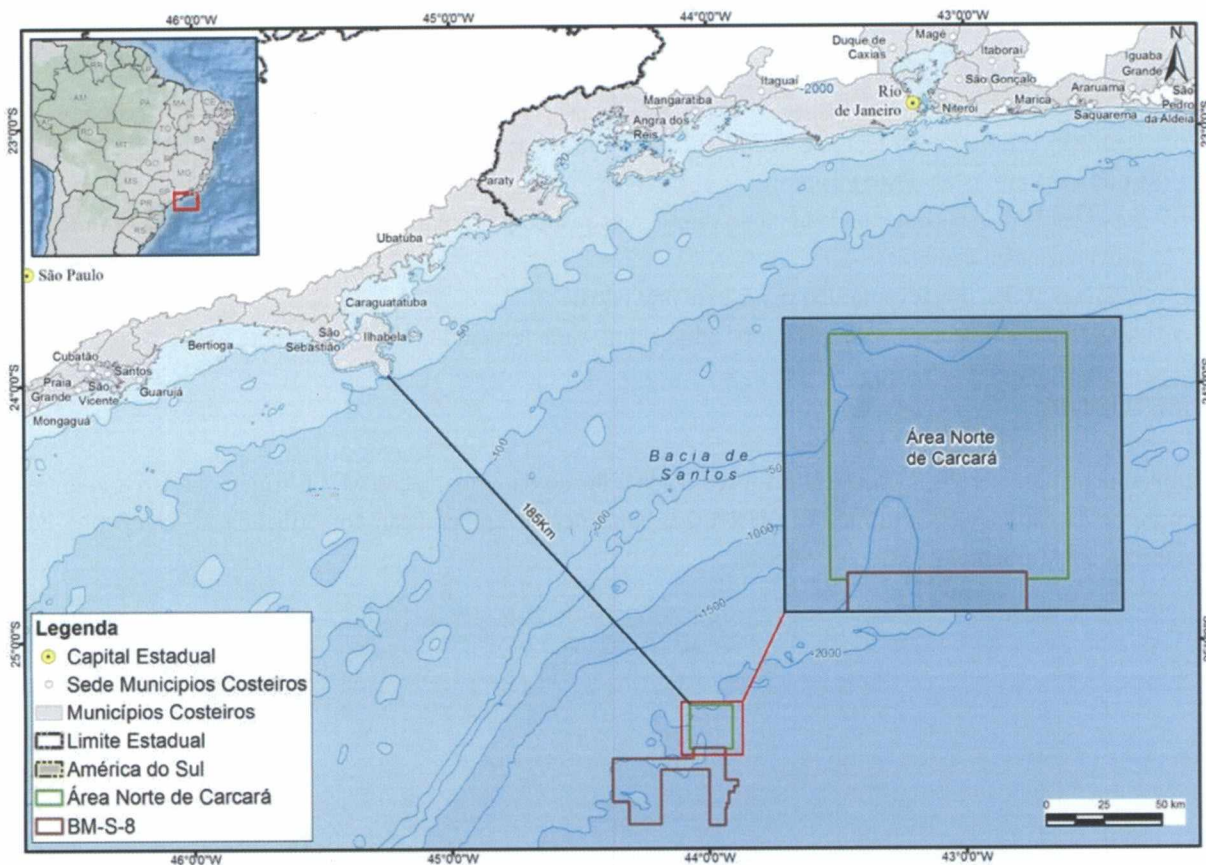
Para o início das atividades de perfuração na Área Norte de Carcará e desenvolvimento da região pela Equinor, é fundamental a obtenção do conhecimento ambiental e oceânico de uma determinada região. Nesse contexto, uma campanha de caracterização na área permite diagnosticar o status atual da qualidade do ambiente e funciona como uma ferramenta para avaliação de possíveis impactos que venham a ocorrer, visto que as atividades exploratórias possuem conhecido potencial poluidor. O potencial poluidor dessas atividades está relacionado, principalmente, ao descarte de cascalho com fluido de perfuração associado, além da possibilidade de vazamento de óleo, vazamento e descarte de embarcações offshore, dentre outros (SCHAFFEL, 2002).





## 2. ÁREA DE ESTUDO

A Área Norte de Carcará, Bacia de Santos localiza-se a sudeste do litoral de São Paulo, a nordeste do bloco exploratório BM-S-8, situado a uma distância de cerca de 185 km da costa (Ilhabela/SP). A batimetria da área varia entre 1.900 a 2.250 m de lâmina d'água (**FIGURA 1**).



**FIGURA 1 – Localização da Área Norte de Carcará, Bacia de Santos.**

### 3. OBJETIVOS E METAS

Os objetivos gerais deste estudo são:

- Caracterizar a qualidade da água do mar, através de parâmetros físicos, químicos e biológicos (estrutura das comunidades planctônicas);
- Caracterizar a qualidade do sedimento, através de parâmetros físicos, químicos, biológicos (estrutura da comunidade bentônica);
- Inspeccionar com imagens submarinas o entorno das locações de poços previstas e estações de coleta, visando a identificação de comunidades coralíneas de águas profundas.

As metas relacionadas aos objetivos propostos são apresentadas a seguir:

- Realizar 100 % das coletas de sedimento marinho e suas respectivas análises (biológicas, físicas e químicas) previstas neste Projeto;
- Realizar 100% das coletas de água do mar e suas respectivas análises (biológicas, físicas e químicas) previstas neste Projeto;
- Realizar 100% dos levantamentos visuais previstos;
- Apresentar e discutir 100% dos dados adquiridos, caracterizando o meio ambiente local.

### 4. MÉTODOS

A campanha de caracterização ambiental foi realizada a bordo da embarcação MV Carmen, da parceria entre as empresas OceanPact e Gardline (**FIGURA 2**). Esta mesma embarcação foi utilizada na campanha de Caracterização Ambiental do Bloco BM-S-8.



**FIGURA 2 – Embarcação MV Carmen, utilizada na Campanha de Caracterização Ambiental da Área Norte de Carcará, Bacia Santos.**

A navegação, posicionamento e operação dos equipamentos como CTD, Câmera, *Rosette* e *boxcorer* foi de responsabilidade da equipe da Gardline. Já, a equipe AECOM foi responsável pela validação das amostras,

identificação e controles de armazenamento e manutenção das mesmas como forma de garantir a qualidade (QA/QC) nos diferentes processos inerentes à atividade.

#### 4.1 MALHA AMOSTRAL

O planejamento da malha amostral levou em consideração a batimetria local e as áreas de interesse para perfuração, conforme apresentado no referido PCA. Desta forma, além de pontos de amostragem posicionados nas locações propostas para a perfuração, outras duas estações foram também amostradas nos vértices ao norte do bloco ampliando a caracterização da área como um todo.

A FIGURA 3 apresenta a malha amostral e é composta por 05 estações (numeradas de 1 a 5) onde foram coletadas amostras de água e sedimento e realizado imageamento do fundo marinho. Em outras 2 estações, correspondes a locações propostas para a perfuração de poços, ocorreu apenas o imageamento do fundo (nomeadas como Carcará IV e Carcará V; TABELA 1).

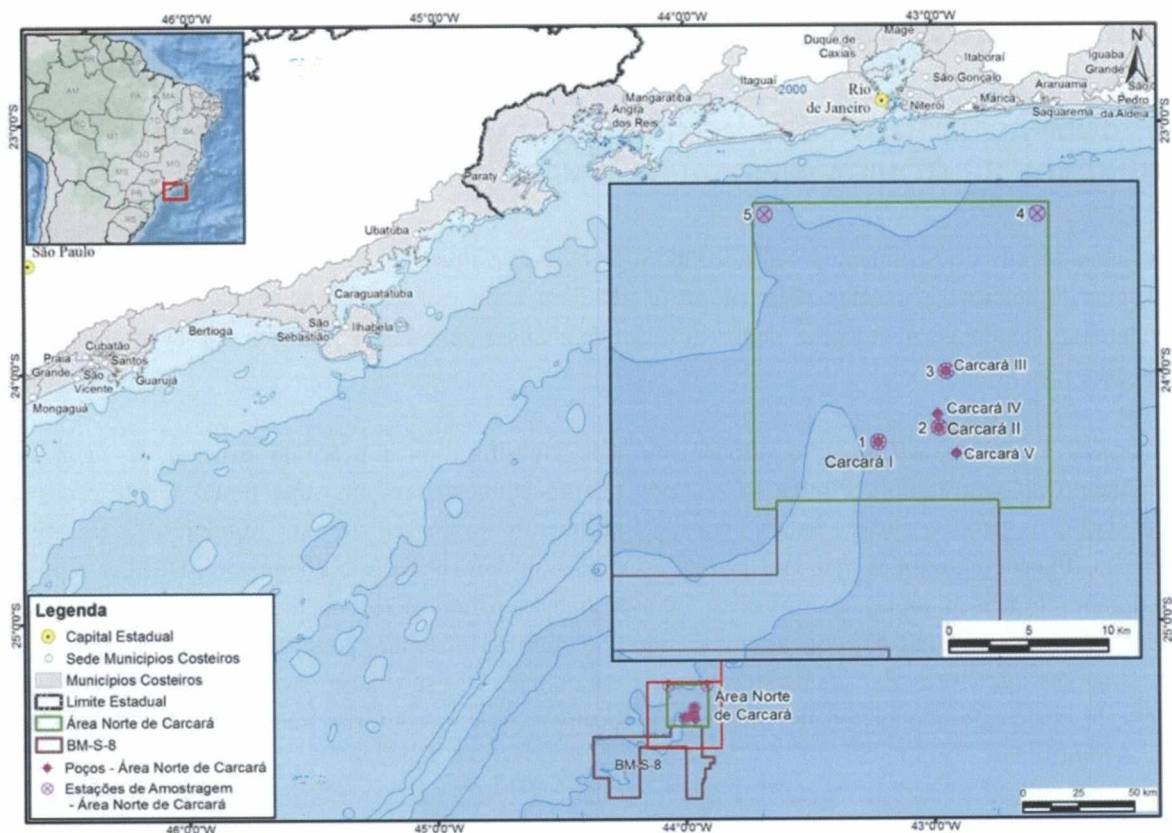


FIGURA 3 – Malha amostral das estações de coleta (sedimento e água) e inspeção de fundo utilizada durante a Campanha de Caracterização Ambiental da Área Norte de Carcará, Bacia de Santos.

**TABELA 1 – Localização das estações de coleta para a Campanha de Caracterização Ambiental da Área Norte de Carcará.**

Representação	Poço/Estação	Compartimento avaliado	Latitude	Longitude	Latitude	Longitude
			(Graus Decimais)	(Graus° Minutos' Segundos")	(Graus° Minutos' Segundos")	(Graus° Minutos' Segundos")
1	Poço Carcará I	Água, Sedimento, Inspeção de Fundo	-25,3845	-44,0054	25° 23' 04,2260"S	44° 00' 19,3683"W
2	Poço Carcará II	Água, Sedimento, Inspeção de Fundo	-25,3767	-43,9711	25° 22' 35,9421"S	43° 58' 16,0624"W
3	Poço Carcará III	Água, Sedimento, Inspeção de Fundo	-25,3448	-43,9671	25° 20' 41,2180"S	43° 58' 01,7200"W
4	Estação 4	Água, Sedimento, Inspeção de Fundo	-25,2566	-43,9152	25° 15' 23,7600"S	43° 54' 54,7270"W
5	Estação 5	Água, Sedimento, Inspeção de Fundo	-25,2566	-44,0692	25° 15' 23,7600"S	44° 04' 09,0340"W
-	Poço Carcará IV	Inspeção de Fundo	-25,3691	-43,9719	25° 22' 08,6510" S	43° 58' 18,6880"W
-	Poço Carcará V	Inspeção de Fundo	-25,3910	-43,9612	25° 23' 27,5690" S	43° 57' 40,4450"W

Datum: SIRGAS 2000

## 4.2 PROCEDIMENTOS DE AMOSTRAGEM

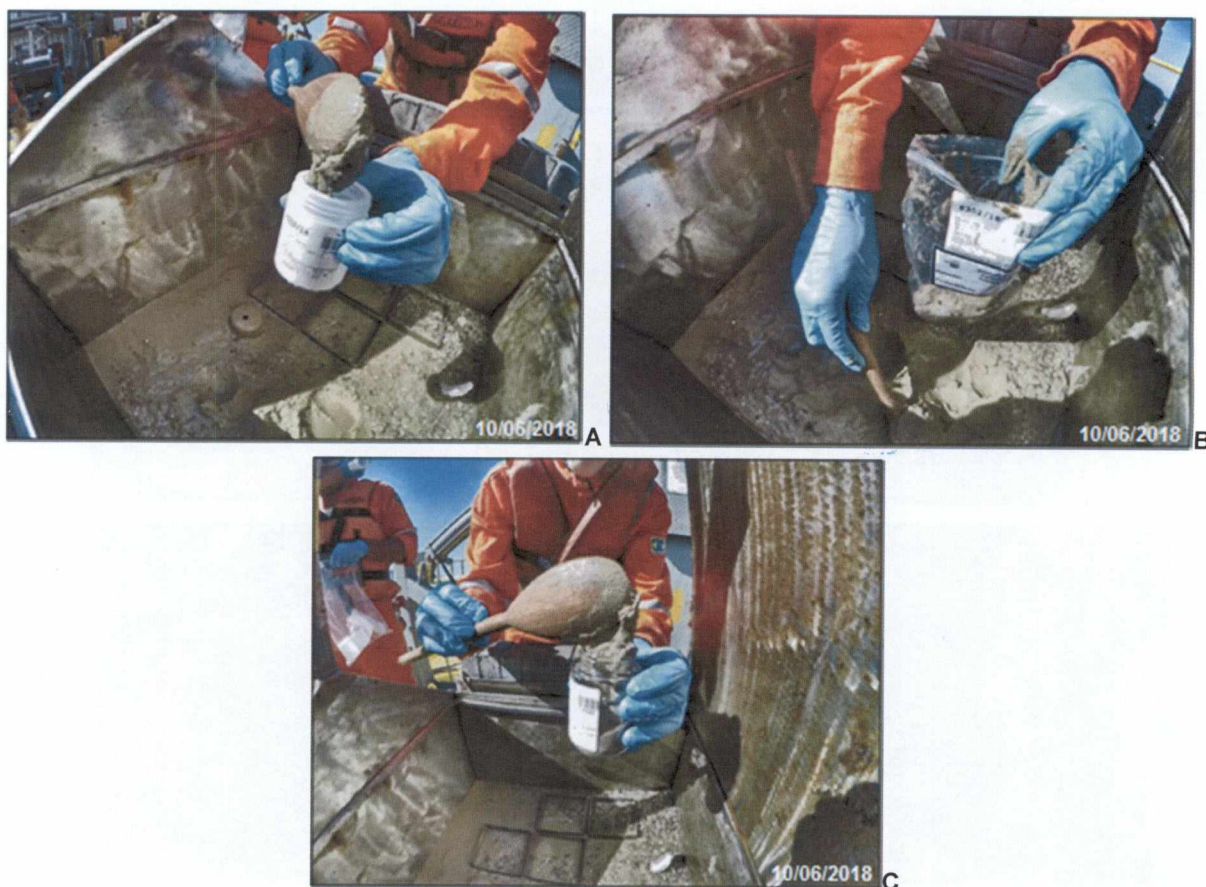
### 4.2.1 COMPARTIMENTO SEDIMENTO: PARÂMETROS FÍSICO QUÍMICOS E COMUNIDADE BENTÔNICA (MEIOFAUNA E MACROFAUNA)

Para a amostragem de sedimentos foi utilizado um *boxcorer*, que foi lavado e descontaminado com Extranantes do início das coletas (**Figura 4A e 4B**). Para cada estação foram coletadas 3 réplicas (3 lançamentos), obtendo assim amostras para realização de análises de todos os parâmetros previstos no PCA (biológicos e físico-químicos).

Em todas as estações realizou-se o sifonamento das amostras, em função do excesso de água de preenchimento do amostrador (**Figura 4C**). Após tal procedimento, as amostras foram identificadas e fotografadas e as características visuais gerais do sedimento foram registradas (**Figura 4D, 4E, 4F**). Imagens da superfície de todas amostras são apresentadas no **Anexo A** deste documento. De cada réplica válida, foram retiradas alíquotas dos primeiros 5 cm da amostra para posterior análise dos parâmetros físico-químicos. Ressalta-se que as coletas ocorreram de forma a evitar possíveis contaminações dos subamostradores e coletores. Para os parâmetros físicos e químicos, as subamostras foram retiradas através de coletores de madeira e acondicionadas nos seus respectivos frascos conforme recomendação do método analítico (**Figura 5**).



FIGURA 4 – A e B) Descontaminação do box-corer com Extran. C) Sifonamento das amostras D, E e F) Exemplos de validação e registro fotográfico das amostras de sedimentoda Campanha de Caracterização Ambiental da Área Norte de Carcará, Bacia Santos.



**FIGURA 5 – A) Amostragem de sedimento destinada às análises de metais e nutrientes. B) Coleta para análise de granulometria, carbonatos, MOT e COT. C) Coleta destinada à análise de hidrocarbonetos, durante a campanha de caracterização ambiental da Área Norte de Carcará.**

Após a retirada das amostras destinadas às análises físico-químicas, realizou-se a amostragem da macrofauna bentônica, em uma área de 400 cm<sup>2</sup>, através da utilização de 4 subamostradores de 10x10x10 cm. Já para a meiofauna, utilizou-se um corer com 4 cm de diâmetro por 10 cm de altura (**Figuras 6 A e D**).

As amostras coletadas para análise da comunidade bentônica (macrofauna) foram transferidas para sacos de *nylon* com abertura de malha de 0,3 mm onde, por meio de agitação em um reservatório com água do mar, os sedimentos finos foram eliminados. Em seguida, as alíquotas retidas foram acondicionadas em sacos de polipropileno, fixadas em solução de formaldeído a 4%, preparada com água do mar e identificadas com rótulos contendo as informações das estações de coleta (**Figura 6 B, C, E e F**).

Ressalta-se que, após o sifonamento das amostras, foi realizada a medição da profundidade e temperatura das amostras coletadas no *boxcorer*, como forma de controle de qualidade e registro de informações adicionais à caracterização sedimentar da área.



**FIGURA 6 – A, B e C) Coleta de sedimento para análise da macrofauna bentônica. D) Amostragem da meiofauna bentônica E) Lavagem das amostras de macrofauna em sacos de nylon com abertura de malha de 0,3 mm, durante a campanha de caracterização ambiental da Área Norte de Carcará.**

A **Tabela 2** apresenta os parâmetros, os respectivos frascos de acondicionamento, os métodos de preservação das subamostragens do sedimento e os laboratórios responsáveis pelas análises. Todas as amostras foram mantidas sob as respectivas preservações determinadas pelos laboratórios e, posteriormente, foram

transportadas em caixas de isopor com excesso de gelo úmido. As amostras biológicas foram armazenadas em bombonas, em ambiente aberto até o transporte ao laboratório de análise.

**TABELA 2 – Parâmetros analisados, tipo de frascos, conservação e preservação de amostras de sedimento e laboratórios responsáveis pelas análises, durante a Campanha de Caracterização Ambiental da Área Norte de Carcará.**

Parâmetros	Quantidade de amostras	Recipiente	Volume	Preservação	Laboratórios
Granulometria, Carbonatos (CaCO <sub>3</sub> ), Carbono Orgânico Total (COT) e Matéria Orgânica Total (MOT)	15	Ziplocs	500 g	Congelamento	Anatech
Nutrientes (Nitrogênio e Fósforo)	15	Recipiente Plástico (Pet)	100 g	Refrigeração a 6°C	Anatech
Metais (Al, As, Ba, Cd, Cu, Cr, Fe, Hg, Mn, Ni, Pb, V e Zn)	15	Recipiente Plástico (Pet)	100 g	Refrigeração a 6°C	Anatech
Compostos de Hidrocarbonetos, n-alcenos, 16 HPAs prioritários e alquilados, e HTP	15	Recipiente de vidro	100 g	Refrigeração a 6°C	Anatech
Biomarcadores (hopanos e esteranos)	Serão retiradas alíquotas das amostras de hidrocarbonetos	Recipiente de Vidro de 100ml, com tampa de Teflon	-	Refrigeração a 6°C	Anatech
Radionuclídeos: Ra226 e Ra 228	Serão retiradas alíquotas das amostras de metais ou nutrientes	Recipiente de vidro 200g	-	Refrigeração a 6°C	Anatech
Macrofauna bentônica	15	Formaldeído	-	Formol	Oceânides
Meiofauna bentônica	15	Formaldeído	-	Formol	Oceânides

A **Tabela 3** a seguir apresenta a sequência de lançamentos, a profundidade local de cada estação, além da data, hora e coordenadas da coleta de sedimentos desta campanha.

**TABELA 3 – Sequência de lançamentos e eventos relacionados à coleta de sedimento durante a Campanha de Caracterização Ambiental da Área Norte de Carcará.**

Estação	Réplica	Data	Hora Local	Coordenadas em UTM (Datum SIRGAS 2000)		Observações
				East	North	
1	R1	12/06/2018	22:44	600062,13	7192087,95	Amostra válida
	R2	13/06/2018	0:50	600034,07	7192121,53	Amostra válida
	R3	13/06/2018	3:17	600025,68	7192100,51	Amostra válida
2	R1	12/06/2018	14:55	603531,35	7192930,83	Amostra válida



Estação	Réplica	Data	Hora Local	Coordenadas em UTM (Datum SIRGAS 2000)		Observações
				East	North	
	R2	12/06/2018	17:07	603498,51	7192933,33	Amostra válida
	R3	12/06/2018	19:29	603520,54	7192963,98	Amostra válida
3	R1	10/06/2018	10:05	603972,45	7196448,80	Amostra descartada. Impossibilidade de subamostragem no convés devido às condições de vento e mar.
		12/06/2018	21:04	603902,37	7196475,24	Amostra válida
	R2	11/06/2018	22:31	603961,09	7196487,74	Amostra inválida (guincho perdeu freio)
		12/06/2018	8:42	603960,17	7196463,49	Amostra válida
	R3	12/06/2018	11:06	603893	7196490,38	Amostra válida
4	R1	10/06/2018	3:11	609248,76	7206174,59	Amostra válida
	R2	10/06/2018	4:50	609245,56	7206180,85	Amostra válida
	R3	10/06/2018	6:48	609252,20	7206209,86	Amostra válida
5	R1	09/06/2018	18:26	594020,56	7206047,57	Falha. <i>Boxcorer</i> não desarmou.
		09/06/2018	19:57	593703,67	7206346,76	Amostra válida
	R2	10/06/2018	22:09	593729,56	7206283,51	Amostra válida
	R3	10/06/2018	23:34	593757,26	7206314,50	Amostra válida

#### 4.2.2 COMPARTIMENTO ÁGUA: PARÂMETROS FÍSICO QUÍMICOS

As amostragens de água foram realizadas nas cinco estações, as mesmas onde ocorreram as coletas de sedimento. Em cada estação, foram obtidos dados de temperatura, salinidade e densidade através de perfilagens ao longo da coluna d'água, utilizando um CTD acoplado a um sistema automático de garrafas interligadas (*Rosette*) (**Figura 7A e B**). Os dados foram processados em tempo real, a bordo, para determinar as 5 profundidades de coleta dos parâmetros físico-químicos e biológicos (plâncton), baseando-se nas características das massas d'água previstas na região (**Figura 7C e D e Tabela 4**). Além disso, foi avaliada também a transparência local, por meio do lançamento de um disco de Secchi (**Figura 8**).

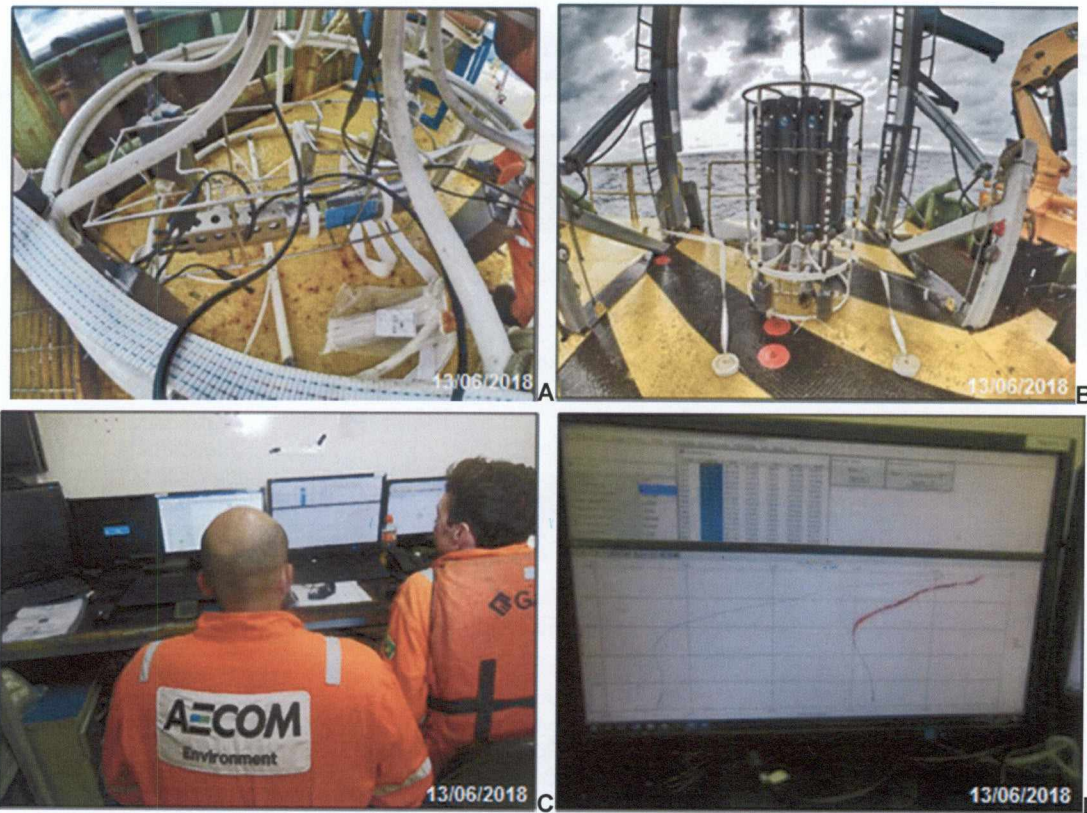


FIGURA 7 – A) CTD(Conductivity, temperatureanddepth), B) acoplado à Rosette; C) Análise dos dados de CTD em tempo real para definição das profundidades de coleta a partir da identificação das massas d’água; D)Exemplo de gráfico bruto, mostrando a perfilagem de toda a coluna d’água de um dos pontos de coleta, durante a campanha de caracterização ambiental da Área Norte de Carcará.

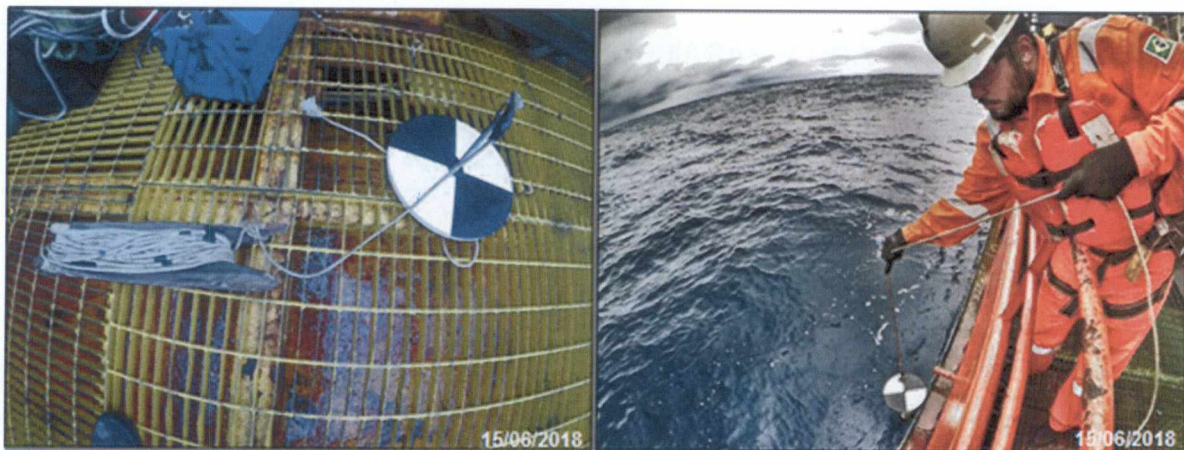


FIGURA 8 - Lançamento do disco de Secchi para obtenção da transparência local, durante a campanha de caracterização ambiental da Área Norte de Carcará.

**TABELA 4 – Profundidades de coleta de água para a caracterização ambiental da Área Norte de Carcará.**

Estrato de Coleta	Profundidade (m)	Massa d'água representada	Temperatura (°C)	Salinidade
A	10	Água de Mistura e/ou Subsuperficial(AM)	>18	34 - 36
B	100	Água Tropical (AT)	>18	< 36
C	400	Água Central do Atlântico Sul (ACAS)	6- 18	34,5 - 36
D	800	Água Intermediária Antártica (AIA)	2,75 - 5	34,1 - 34,5
E	1600	Água Profunda do Atlântico Norte (APAN)	2,04 - 3,31	34,59 - 34,87

As amostras de água do mar foram coletadas através de garrafas Go-Flo instaladas na *Rosette* (**Figura 9**). Os valores de pH e oxigênio dissolvido (OD) de cada estrato foram medidos *in situ* a partir de sensores portáteis (phmetro e oxímetro; **Figura 10**). Para a análise do pigmento clorofila-a e material particulado em suspensão (MPS) foram realizadas filtrações da água do mar com uso de filtros do tipo GF/F e GF/C, respectivamente. No caso da clorofila-a, todos os filtros foram identificados, estocados em recipiente sob o abrigo de luz e congelados para evitar a degradação do pigmento. Para o MPS, os filtros foram previamente pesados e identificados. A água do mar filtrada foi utilizada para o preenchimento dos frascos das análises de sulfeto e nutrientes (nitrito, nitrato, nitrogênio amoniacal e fosfato). Cabe destacar que as filtrações da água para as amostras de clorofila-a, foram realizadas somente nos extratos A, B e C considerando este último como o limite máximo para a obtenção deste pigmento ao longo da coluna d'água (**Figura 11**).

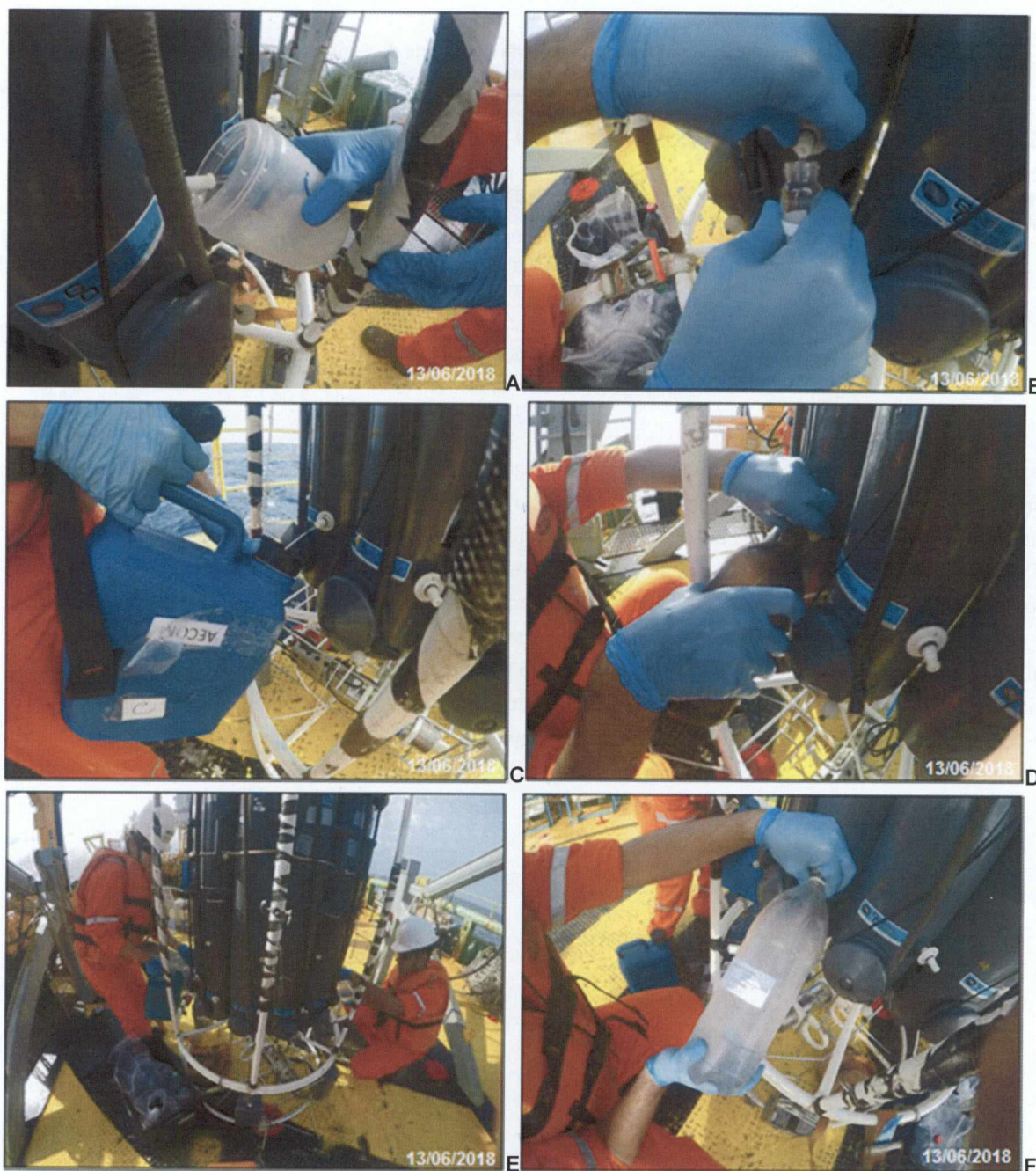


FIGURA 9 – A) Coleta para obtenção dos valores de oxigênio dissolvido (OD) e pH; B) Amostragem para análise de BTEX; C) Coleta destinada à filtração de MPS e clorofila; D) Amostragem de água para análise de HPA's; E) Coleta de água em todas as profundidades determinadas; F) Coleta de água destinada à análise de fitoplâncton (amostragem apenas nas 3 primeiras profundidades), realizada durante a campanha de caracterização ambiental da Área Norte de Carcará.





FIGURA 10 – Medição *in situ* de amostras de água com pHmetro e oxímetro realizada durante a Campanha de Caracterização Ambiental da Área Norte de Carcará.



FIGURA 11 – Filtração realizada a bordo para posterior análise, em laboratório, de sólidos suspensos totais edos compostos inorgânicos (amostras de todas as 5 profundidades); e de clorofila (amostras das 3 primeiras profundidades), durante a Campanha de Caracterização Ambiental da Área Norte de Carcará.

As amostras de água foram armazenadas no refrigerador (refrigeradas) e freezers (congeladas) disponibilizados pela embarcação. A preservação de cada amostra seguiu a determinação para cada parâmetro estabelecida pelos respectivos laboratórios de análises (Figura 12; Tabela 5).



**FIGURA 12 – Armazenamento das amostras dos compartimentos água e sedimento durante a Campanha de Caracterização Ambiental da Área Norte de Carcará.**

**TABELA 5 – Parâmetros e métodos de campo para Caracterização Ambiental da Área Norte de Carcará, Bacia de Santos.**

Parâmetros	Recipiente	Preservação	Conservação
<b>Parâmetros analisados <i>in situ</i></b>			
Densidade	NA	NA	NA
Salinidade			
Temperatura			
Oxigênio Dissolvido			
pH			
Transparência	NA	Análise <i>in situ</i>	NA
<b>Parâmetros analisados em laboratório</b>			
Sólidos totais, dissolvidos e em suspensão	Filtro GF/C e Recipiente de polietileno	Congelamento	-
Carbono Orgânico Total	Recipiente de vidro	Refrigeração	50 µL de H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>
Nutrientes (Amônia, Nitrito, Nitrato, Fosfato e Silicato)	Recipiente de polipropileno ou polietileno	Congelamento	-



Parâmetros	Recipiente	Preservação	Conservação
Clorofila-a	Filtro GF/F	Congelamento	-
Sulfetos	Recipiente de polietileno	Refrigeração	1 mL de Zn <sub>2</sub> OAc
Hidrocarbonetos poliaromáticos – HPAs (16 prioritários e compostos alquilados) e n-alcanos+HTP	Recipiente de vidro	Refrigeração a 6°C	-
BTEX	Vial de vidro	Refrigeração a 6°C	1mL/L HCl 1/1 (50%)
Fenóis Totais	pet	Refrigeração a 6°C	1mL/L H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> 1/1

A Tabela 6 a seguir apresenta a sequência dos perfis de CTD e a coleta de água de cada estação, além da data, hora e as coordenadas das coletas.

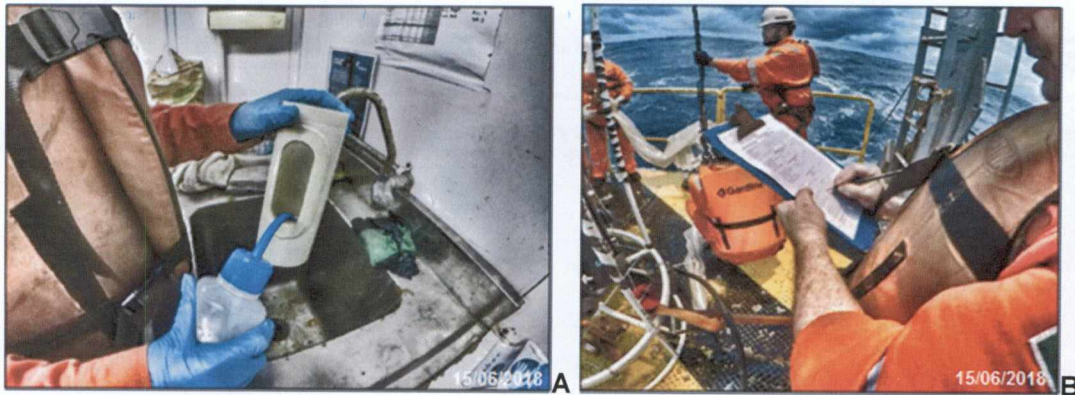
**TABELA 6 – Sequência de lançamentos e eventos relacionados à coleta de água durante a Campanha de Caracterização Ambiental da Área Norte de Carcará.**

Estação	Data	Hora Local	Hora GMT	Coordenadas em UTM (DatumSIRGAS 2000)		Observações
				East	North	
1	13/06/2018	12:31	15:31	600091,67	7192084,43	Coleta nas 5 profundidades em cada estação
2	13/06/2018	16:12	19:12	603552,91	7192944,93	
3	13/06/2018	18:54	21:54	603927,90	7196502,77	
4	15/06/2018	12:36	15:36	609236,32	7206239,28	
5	15/06/2018	16:03	19:03	593712,01	7206351,38	

#### 4.2.3 COMUNIDADES PLANCTÔNICAS

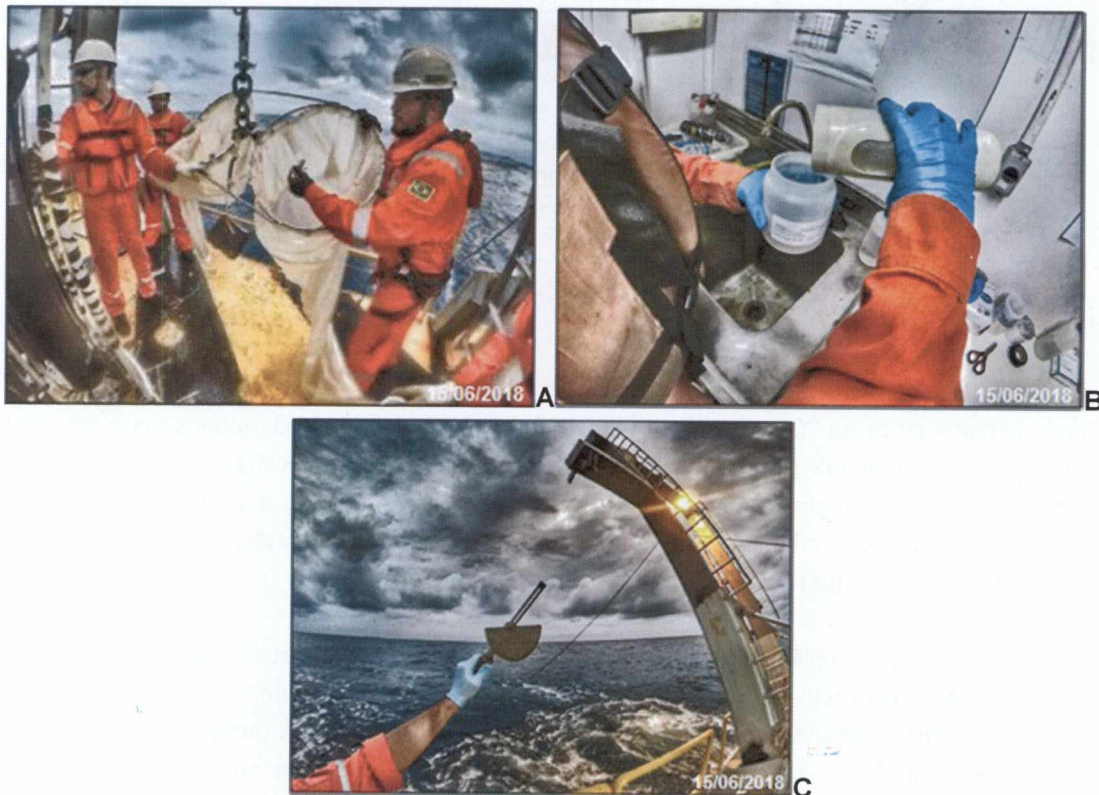
Devido à distribuição preferencial do plâncton nas camadas mais superficiais, os arrastos tiveram como profundidade máxima cerca de 200 m, com o objetivo de ultrapassar o início da termoclina e amostrar os organismos concentrados acima da mesma. É importante ressaltar que a localização da termoclina foi avaliada em campo através da perfilagem da temperatura com o CTD, estando seu início em torno de 100 metros em todas as estações perfiladas, o que indica a homogeneidade das condições meteoceanográficas encontradas na camada de mistura nas diferentes estações

A coleta dos organismos do zooplâncton foi realizada através de dois tipos de arrastos: um vertical, de 200 m de profundidade até a superfície, e um horizontal na camada de subsuperfície. A rede utilizada para o zooplâncton foi com malha de 200 µm, com um fluxômetro acoplado ao aro. A duração dos arrastos foi de 10 minutos. A Figura 13, a seguir, apresenta procedimentos relacionados ao processo de coleta e processamento de amostras de plâncton.



**FIGURA 13 – Procedimentos de amostragem de zooplâncton. A – limpeza do copo da rede, após a realização do arrasto. B – Técnico realizando anotações quando aos dados do fluxômetro, durante Campanha de Caracterização Ambiental da Área Norte de Carcará.**

As amostras de ictioplâncton foram obtidas através de arrastos oblíquos, com malhas de 330 $\mu$ m e 500 $\mu$ m (rede Bongô) da profundidade de 200 m até a superfície, também com fluxômetros acoplados aos aros. A utilização dos fluxômetros possibilitará o cálculo posterior do volume de água filtrada. Os arrastos tiveram duração média de 10 minutos em uma velocidade de aproximadamente 2 nós (**Figura 14**).



**FIGURA 14 – Amostragem de ictioplâncton. A – Rede Bongô. B – Transferência de amostra para frascos. C – Inclínômetro usado durante as coletas de plâncton, durante a Campanha de Caracterização Ambiental da Área Norte de Carcará.**



Para a coleta de fitoplâncton foram utilizadas as mesmas garrafas oceanográficas utilizadas nas coletas de água, com obtenção de amostras com volume de 2 L. As profundidades das amostragens para o fitoplâncton foram as mesmas da água, porém somente nos estratos A, B e C, pois, nos demais estratos, a ausência/baixa luminosidade não justifica a avaliação dos organismos fotossintéticos do fitoplâncton.

Após a coleta, as amostras foram fixadas com formoldeído, sendo a concentração final de 2% para o fitoplâncton e 4% para o zoo e ictioplâncton.

A **Tabela 7** a seguir, apresenta a sequência dos perfis dos arrastos oblíquo (redes de 330µm e 500µm), vertical e horizontal (redes de 200 µm) de cada estação, além da data, hora e as coordenadas dos arrastos.

**TABELA 7 – Sequência de arrastos do zooplâncton realizados durante a Campanha de Caracterização Ambiental da Área Norte de Carcará.**

Estação	Arrasto	Data	Hora Local	Hora GMT	Coordenadas em UTM (Datum SIRGAS 2000)		Observações
					East	North	
1	Oblíquo	15/06/2018	9:02	12:02	599960,28	7192498,80	Amostra válida
	Horizontal	15/06/2018	8:14	11:14	600193,47	7192847,50	Amostra válida
	Vertical	15/06/2018	8:39	11:39	600063,35	7192047,44	Amostra válida
2	Oblíquo	15/06/2018	7:04	10:04	603226,41	7193421,83	Amostra válida
	Horizontal	15/06/2018	7:39	10:39	603390,93	7193950,61	Amostra válida
	Vertical	15/06/2018	7:21	10:21	603365,38	7192687,97	Amostra válida
3	Vertical	15/06/2018	0:32	3:32	604091,65	7196338,17	Lançamento abortado. Corrente muito forte. Rede derivando muito. Amostra inválida
		15/06/2018	6:16	9:16	604009,18	7196619,17	Amostra válida
	Horizontal	14/06/2018	23:36	2:36	603447,23	7197169,87	Amostra válida
	Oblíquo	15/06/2018	6:37	9:37	603874,14	7196122,06	Amostra válida
4	Vertical	15/06/2018	11:04	14:04	609258,58	7206197,41	Amostra válida
	Horizontal	15/06/2018	11:17	14:17	609143,55	7206687,56	Amostra válida
	Oblíquo	15/06/2018	10:48	13:48	609173,73	7206389,36	Amostra válida
5	Horizontal	15/06/2018	17:25	20:25	593687,34	7206806,27	Amostra válida
	Vertical	15/06/2018	17:50	20:50	593711,15	7206281,59	Amostra válida
	Oblíquo	15/06/2018	18:03	21:03	593833,67	7206866,11	Amostra válida

Ressalta-se que devido às condições meteoceanográficas reinantes durante a campanha os arrastos foram feitos independente da luminosidade.

#### 4.2.4 INSPEÇÃO VISUAL DE FUNDO

O imageamento do fundo permite a investigação sobre a possibilidade de ocorrência de estruturas biogênicas bentônicas, em especial formações de corais de águas profundas, no assoalho oceânico e representa uma importante etapa de identificação das áreas mais sensíveis às atividades de perfuração, podendo auxiliar na gestão e mitigação dos impactos associados a estas atividades.

Adicionalmente, a ocorrência de estruturais biogênicas nas estações de amostragem de sedimento pode exigir a relocação de tal estação, de forma a preservar ao máximo tais estruturas.

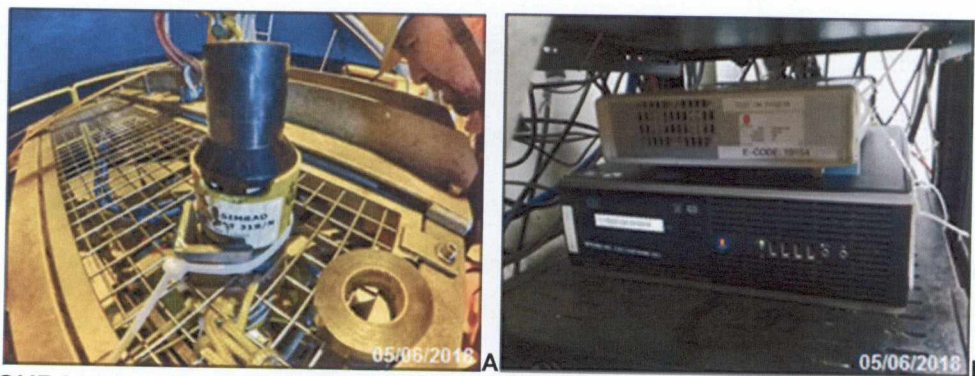
As atividades de inspeção visual submarina foram realizadas através de uma *dropcam*, entre os dias 07 e 09 de junho de 2018, e caracterizam-se pela execução de uma série de etapas (descritas a seguir), todas fundamentais para todo o processo de imageamento do fundo, englobando diversos equipamentos e *softwares* (Tabela 8).

**TABELA 8 – Etapas com os respectivos equipamentos e softwares utilizados durante o imageamento do fundo da Área Norte de Carcará, Bacia de Santos.**

Etapas	Equipamentos	softwares
Calibração do sistema usbl	Beacon, Transdutor, Guinchos principal e auxiliar, A-Frame	software ( HiPAP 351)
Aferição velocidade do som	Conductivity, Temperature and Depth (CTD)	Hypack, seasave V7, SBE Data Processing
Lançamento/Recolhimento <i>dropcam</i>	Guincho principal, A-Frame, Guindaste	Hypack
Aquisição de imagens de fundo	<i>DropcamDTS 6000</i> Seatronics, gravador <i>Honeywell</i> , video overlay <i>Ocean Tools</i> , Guincho principal, A-frame	HiPAP 351, Hypack, iosp, DTS 6000 Power Control

A primeira etapa realizada consiste na calibração do *beacon* e do sistema USBL (Figura 15), objetivando obter e manter o correto posicionamento da *dropcam* nas estações de coleta. A mesma foi realizada próximo à isóbata de 100 m, durante o dia, antes da chegada da embarcação às locações de amostragem.

Ao chegar ao ponto a ser imageado, realizou-se uma perfilagem da coluna d’água através de um CTD (Figura 16), para aferição da velocidade do som na água do mar naquele ponto (Figura 17). Os valores obtidos para a velocidade do som foram inseridos no *software* do sistema USBL (HiPAP 351), para utilização durante o levantamento com a *dropcam*.

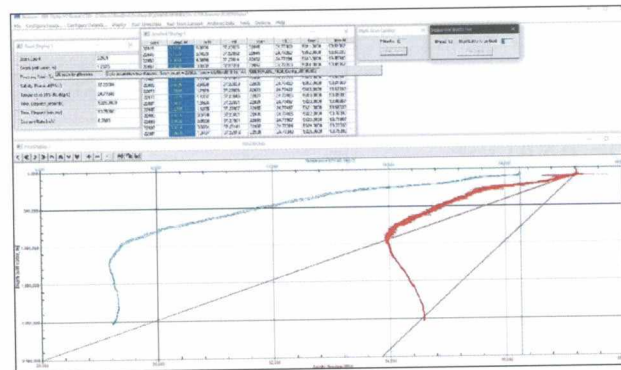


**FIGURA 15 – A) Calibração do Beacon e B) parte interna do sistema USBL, durante a Campanha de Caracterização Ambiental da Área Norte de Carcará.**





**FIGURA 16 – CTD (conductivity, temperature and depth), acoplado à Rosette, utilizado durante a Campanha de Caracterização Ambiental da Área Norte de Carcará.**



**FIGURA 17 – Exemplo da aquisição dos dados do CTD, no software seasave V7.**

O início do imageamento do fundo ocorreu através do lançamento da *Dropcam* na estação determinada, por meio de um sistema operacional composto pelos itens citados na **Tabela 8**, sob supervisão dos coordenadores da AECOM e da Gardline (**Figura 18**).

As equipes puderam acompanhar as filmagens, em tempo real, buscando sempre a navegação sobre o ponto pré determinado da estação, com a maior proximidade do fundo marinho possível e a melhor qualidade das imagens. Durante o levantamento foram também registradas as coordenadas, profundidade local, hora, data e identificação do ponto de filmagem. Ao longo do levantamento foram obtidas imagens estáticas



(*printscreens*) da tela que pudessem caracterizar a região. As mesmas são apresentadas no **Item 5.4 – Resultados** e no **Anexo C**.



**FIGURA 18 – A) Sala de operação. B) Aquisição de imagens da dropcam, durante a Campanha de Caracterização Ambiental da Área Norte de Carcará.**

As coordenadas executadas de cada ponto inspecionado são apresentadas na **Tabela 9** a seguir.

**TABELA 9 – Coordenadas executadas durante operação de inspeção de fundo.**

Poço/Estação	Data	Hora Local	Hora GMT	Coordenadas em UTM (Datum SIRGAS 2000)	
				East	North
Poço Carcará I (estação Carcará I)	09/06/2018	4:20	7:20	600053,12	7192149,78
Poço Carcará II (estação Carcará II)	09/06/2018	0:03	3:03	603489,82	7192943,90
Poço Carcará III (estação Carcará III)	09/06/2018	7:19	10:19	603902,41	7196444,52
Estação 4	09/06/2018	12:19	15:19	609224,94	7206173,52
Estação 5	09/06/2018	15:36	18:36	593714,07	7206310,10
Poço Carcará IV (estação Carcará IV)	09/06/2018	21:03	0:03	603393,38	7193776,31
Poço Carcará V (estação Carcará V)	07/06/2018	18:45	21:45	604501,50	7191389,34

## 4.3 PROCEDIMENTOS DE ANÁLISE

### 4.3.1 QUALIDADE DO SEDIMENTO

As metodologias de análise aplicadas para cada parâmetro analisado a partir das amostras de sedimento e os respectivos laboratórios de análise são apresentados na **Tabela 10** a seguir. Em geral, os protocolos seguem recomendações da *US Environmental Protection Agency* (USEPA).

A partir dos resultados analíticos, os dados foram discutidos e representados em tabelas e gráficos. Salienta-se que as concentrações que permaneceram abaixo do limite analítico foram representadas nos gráficos como “0,00”, porém o valor exato do limite é sempre mencionado, seja ao longo do texto ou nos respectivos laudos laboratoriais.



**TABELA 10 – Métodos analíticos e seus respectivos limites de quantificação empregados para análise de amostras de sedimento durante a caracterização ambiental da Área Norte de Carcará, Bacia de Santos.**

Parâmetro	Método	Limite de Quantificação	Laboratório Responsável
Granulometria	Grãos >2,00 mm: SUGUIO (1973) Grãos <2,00 mm: Granulômetro a Laser Malvern Hidro 2000MU	0,01%	Analytical Technology
Carbonatos (CaCO <sub>3</sub> )	HOLME & MCINTYRE (1984) e SUGUIO (1973)	0,3%	
Carbono Orgânico Total e Matéria Orgânica Total	Combustão catalítica em um analisador elementar de carbono CHN, marca ThermoScientific, modelo Flash 2000	0,003 %	
Nutrientes (Nitrogênio e Fósforo)	USEPA 6010C:2007	Nitrogênio 1 mg.kg <sup>-1</sup> Fósforo 1,87mg.kg <sup>-1</sup>	
HPAs (16 HPAs prioritários e alquilados)	USEPA 8270D	HPA Total 4,79 - 9,01 µg.kg <sup>-1</sup>	
HTPs (alifáticos totais, hidrocarbonetos resolvidos de petróleo, hidrocarbonetos não resolvidos (MCNR), n-alcanos + pristano e fitano,)	USEPA 8015C	Total: 14.300– 25700µg.kg <sup>-1</sup> Demais: 480 –3.920 µg.kg <sup>-1</sup>	
Hopanos e Esteranos	Cromatografia	Anexo A	
Bário	USEPA 6010C	0,82 - 1,5 mg.kg <sup>-1</sup>	
Cádmio		0,410 - 0,751mg.kg <sup>-1</sup>	
Chumbo		0,82 - 1,5mg.kg <sup>-1</sup>	
Cobre		0,82 - 1,5mg.kg <sup>-1</sup>	
Cromo		1,84 - 3,75mg.kg <sup>-1</sup>	
Ferro		2,05 - 3,75mg.kg <sup>-1</sup>	
Manganês		1,23 - 2,25mg.kg <sup>-1</sup>	
Níquel		0,82 - 1,5mg.kg <sup>-1</sup>	
Vanádio		1,64 - 3,00mg.kg <sup>-1</sup>	
Zinco		2,05 - 3,75mg.kg <sup>-1</sup>	
Mercúrio		USEPA 7470A	0,016 – 0,231mg.kg <sup>-1</sup>
Radionuclídeos: Ra226 e Ra 228	SM - 22ND 75000 D E 7501 D	0,05 e 0,1 Bq.L <sup>-1</sup>	

#### 4.3.2 COMUNIDADE BENTÔNICA (MEIOFAUNA E MACROFAUNA)

As análises de meiofauna e macrofauna bentônica foram executadas pelo laboratório Oceânides, conforme ABIO nº 952/2018. As amostras de meiofauna foram processadas em duas peneiras superpostas, sendo a superior com uma abertura de malha de 300 µm (0,3 mm) e a inferior com abertura de malha de 45 µm (0,045 mm). Antes do início da lavagem, o fixador (formol) foi vertido através das peneiras para um recipiente de armazenamento, com o objetivo de descarte adequado. Na lavagem do sedimento, foi utilizada uma mangueira com pressão d'água fraca, a fim de evitar possíveis danos aos organismos. O material foi retido na peneira de menor abertura pela técnica de flotação, com o uso de uma solução de sílica coloidal, de densidade 1,18 (SOMERFIELD, WARWICK & MOENS, 2005).

As amostras da macrofauna foram retidas nas peneiras de 500  $\mu\text{m}$  (0,5 mm), para então serem submetidas à triagem sob magnificação com auxílio de um microscópio estereoscópico. Os animais foram classificados no menor nível taxonômico possível (Filo, Classe, Ordem, Família, etc), acondicionados em frascos rotulados e enviados para identificação taxonômica.

Após a identificação dos organismos, tanto da meiofauna quanto da macrofauna, foram elaboradas matrizes qualitativas (presença x ausência) com base nas planilhas de identificação e triagem e, a partir destas, calculados os parâmetros quali-quantitativos da macrofauna: inventário de taxa, número de taxa, número de ocorrências, densidades taxonômicas, dentre outros parâmetros descritores.

Os valores obtidos a partir das contagens feitas durante a triagem e identificação taxonômica foram transformados em indivíduos por metro quadrado ( $\text{ind.m}^{-2}$ ) tomando-se por base a superfície efetivamente amostrada. Nas avaliações quantitativas foram utilizados os seguintes parâmetros: número de táxons identificados; densidade ( $\text{ind.m}^{-2}$ ); abundância relativa (%); riqueza expressa pelo índice de Margalef – d (CLARKE & WARWICK, 1994); diversidade –  $H' \text{Log}_2$  (SHANNON & WIENER, 1949); equitabilidade –  $J'$  (PIELOU, 1975) e dominância. Para a ordenação das estações são empregados métodos estatísticos multivariados, como a análise de agrupamento com o índice de Bray-Curtis e análise de multiescalonamento não métrico (nMDS).

Destaca-se que as amostras relacionadas à comunidade bentônica são analisadas estatisticamente em conjunto com aquelas obtidas para análises físico-químicas no sedimento através de uma análise fatorial de componentes principais (ACP).

#### 4.3.3 QUALIDADE DA ÁGUA

Em laboratório (Analytical Technology), foram realizadas as análises nas amostras de água seguindo os métodos cujas referências são representadas a seguir (**Tabela 11**). Tais protocolos seguem majoritariamente recomendações do *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (SM) (APHA, AWWA, AEF, 2005) e da *US Environmental Protection Agency* (USEPA).

Assim como para o sedimento, os dados foram discutidos a partir da representação em tabelas e gráficos e as concentrações que permaneceram abaixo do limite de quantificação/detecção estão representadas nos gráficos como “0,00”. Ressalta-se que o valor exato do limite é sempre mencionado, seja ao longo do texto ou no respectivo laudo analítico. Ao longo do documento são citados como valores de referência os limites estipulados pela Resolução CONAMA 357/05 para águas salina classe 1.



**TABELA 11 – Métodos analíticos e seus respectivos limites de quantificação empregados para análise de amostras de água durante a Caracterização Ambiental da Área Norte de Carcará, Bacia de Santos.**

Parâmetros	Metodologia	Limite de Quantificação	Laboratório de Análise
Densidade	CTD	-	<i>In situ</i>
Salinidade			
Temperatura			
Oxigênio Dissolvido	Oxímetro	-	
pH	Phmetro		
Transparência	Disco de Secchi		
Sólidos totais, dissolvidos e em suspensão	SMEWW – 21st Ed. 2005 – 2540 B/C/D	-	Analytical Technology
Carbono Orgânico Total	Oxidação Catalítica	0,59 mg.L <sup>-1</sup>	
Nutrientes (Amônia, Nitrito, Nitrato, Fosfato e Silicato)	SMEWW – 22nd Ed. 2012 – 4500, USEPA 9056A	NH <sub>3</sub> - <sub>4</sub> - 0,0174 mg.L <sup>-1</sup> ; NO <sub>2</sub> – 0,0027 mg.L <sup>-1</sup> ; NO <sub>3</sub> - 0,0201 mg.L <sup>-1</sup> ; PO <sub>4</sub> – 0,028 mg.L <sup>-1</sup> e SiO <sub>2</sub> – 0,042 mg.L <sup>-1</sup>	
Clorofila-a	AMINOT & CHAUSSEPIED (1983)	0,0059 µg.L <sup>-1</sup>	
Sulfetos	GRASSHOFF (1983)	0,020**J mg.L <sup>-1</sup>	
HTP, alifáticos totais, hidrocarbonetos resolvidos de petróleo, hidrocarbonetos não resolvidos (MCNR), n-alcanos + pristano e fitano	USEPA 8015C:2007	TPH, TRP and UCM: 435,0 µg.L <sup>-1</sup> n-alcanos, pristano e fitano: 15,0 µg.L <sup>-1</sup>	
HPAs totais, 16 HPAs prioritários e alquilados	USEPA 8270 D	0,019 µg.L <sup>-1</sup>	
BTEX	USEPA 8260 C	0,900 µg.L <sup>-1</sup>	
Fenóis Totais	SMEWW – 22nd Ed. 2012 – 5530D	9,00 µg.L <sup>-1</sup>	

\*Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (SMEWW) e da US Environmental Protection Agency (USEPA)

\*\*Representado como limite de detecção.

#### 4.3.4 COMUNIDADES PLANCTÔNICAS

A identificação dos organismos da biota planctônica foi realizada pela equipe da Thalassa Pesquisa e Consultoria Ambiental.

##### Fitoplâncton

O fitoplâncton foi analisado em laboratório a partir de alíquotas de 100 mL, sedimentadas durante 72 h, segundo o método de UTERMÖHL (1958). As amostras foram analisadas em microscópio invertido Nikon TS100F, sob o aumento final de 400X para o nanoplâncton e 200X para o microfitoplâncton, com contraste de fase.

O nanoplâncton foi quantificado, em campos aleatórios, até atingir o mínimo de 400 unidades sedimentadas. A identificação em nível específico precisa de um tratamento diferenciado das amostras desde a coleta até a análise (SOURNIA, 1978; BICUDO & MENEZES, 2006; BERGESCH et al., 2008).

O microfitoplâncton ( $> 20 \mu\text{m}$ ) foi analisado quali-quantitativamente, sempre que possível em nível de espécie, a partir da contagem de um mínimo de 100 unidades sedimentadas para garantir uma margem de erro inferior a 20% (LUND et al., 1958). Dessa forma, uma unidade sedimentada pode corresponder a uma célula individual, uma cadeia de células ou a um filamento. A identificação das células baseou-se no conceito morfológico de espécie (MSC – Morphological Species Concept).

Alguns caracteres morfológicos necessários à identificação em nível específico nem sempre são evidenciados. Visando minimizar o erro na avaliação da riqueza de espécies (expressa pelo número de táxons por amostra), para alguns organismos, utilizou-se a individualização em categorias taxonômicas mais amplas (classe, ordem e família), segundo sua forma e dimensão celular (**Tabela 12**). Os valores quantitativos foram expressos em unidades de densidade ( $\text{cel.L}^{-1}$ ).

A identificação dos organismos foi realizada segundo os trabalhos de CUPP (1943), HASLE & SYVERTSEN (1997), WOOD (1968), TAYLOR (1976) E STEIDINGER & TANGEN (1997). Os sistemas de classificação para circunscrição e arranjo taxonômico em nível de divisão, classe e família utilizados foram: ROUND et al. (1990) para as diatomáceas, FENSOME et al. (1993) para os dinoflagelados; KOMÁREK & ANAGNOSTIDIS (1989; 2005) para as cianofíceas, HEIMDAL (1997) para os coccolitoforídeos e THRONSEN (1997) para silicoflagelados.





**TABELA 12 – Códigos utilizados para individualizar os organismos do microfitoplâncton de acordo com a forma e maior dimensão celular.**

CÓDIGOS DOS MORFOTIPOS DO MICROFITOPLÂNCTON		
		FORMA
Diatomáceas	1	Lanceolada
	5	Bicapitata
	7	Retangular
Dinoflagelados	1	Arredondada
	2	Bicônica
	3	Ovóide
	4	Oblonga
		DIMENSÕES (µm)
A	20 - 50	
B	50 - 100	
C	100 - 150	
D	> 150	

A avaliação das espécies mais representativas foi efetuada através do cálculo da frequência de ocorrência de todos os táxons identificados nas 15 amostras coletadas.

A análise da estrutura da população do microfitoplâncton foi avaliada a partir das variações conjuntas da composição específica e densidade celular de cada táxon. Foram calculados os seguintes índices utilizando o Programa PRIMER® 6.0: Riqueza (S), índice absoluto de diversidade específica de Shannon-Wiener (H'), índice relativo de equitabilidade de Pielou (J') e Dominância de Simpson (D'). A diversidade foi calculada através da fórmula:

$$H' = - \sum_{i=1}^S \frac{n_i}{N} \cdot \log_2 \left( \frac{n_i}{N} \right)$$

Onde:  $n_i$  é o número de células da espécie  $i$ ,  $N$  é o número total de células da amostra e  $S$  representa o número de espécies (FRONTIER, 1986).

O índice relativo de uniformidade ou equitabilidade (J') que evidencia anomalias no índice de diversidade ligadas à ocorrência de amostras com baixo número de espécies foi calculado pela fórmula:

$$J' = \frac{1}{\log_2 S}$$

A Dominância foi calculada através da seguinte fórmula:

$$D' = \sum_{i=1}^S p_i^2$$

Onde:  $p_i$  é a abundância relativa (proporção) da espécie  $i$  na amostra;  $p_i$  é  $n_i/N$ .

O índice de diversidade de Shannon-Wiener relaciona a frequência relativa de diferentes espécies na amostra e pode alcançar valores altos quando todas as espécies distribuem-se homoganeamente na amostra

(LEGENDRE & LEGENDRE, 1998). Entretanto, em amostras com baixa concentração celular, para as quais os índices de diversidade absoluta apresentam geralmente valores artificiais, é importante associar o Índice Relativo de Equitabilidade na interpretação ecológica dos resultados, e varia de 0 (diversidade é mínima) a 1 (diversidade é máxima). Para o cálculo desses índices foram utilizados somente os indivíduos identificados até o nível taxonômico de espécie, uma vez que inclusão de categorias taxonômicas mais amplas pode prejudicar a precisão do índice de diversidade (WU, 1982).

Foi realizada uma análise de agrupamento aglomerativo hierárquico com “group-averaging linking”, utilizando o coeficiente de similaridade de Bray-Curtis (CLARKE & WARWICK, 1994). A matriz utilizada foi a mesma gerada para o cálculo da diversidade e compreendeu 75 táxons e 15 amostras. Foi utilizado o índice de similaridade de Bray-Curtis. Os dados de abundância do microfitoplâncton foram transformados através da expressão  $\log(x+1)$ , para diminuir as variações entre as abundâncias dos táxons mais numerosos e os mais raros. As análises foram realizadas no programa estatístico Primer, versão 6 (Primer-E Ltd).

### Zooplâncton

Os organismos zooplanctônicos foram contados e triados sob microscópio estereoscópio Olympus SZ 51. As amostras foram fracionadas com o auxílio do “Folsom Plankton Sample Splitter” (MC EWEN *et al.*, 1954). Os organismos foram triados até um limite mínimo de 100 indivíduos por grupo (FRONTIER, 1981).

A identificação do zooplâncton foi realizada sob microscópio estereoscópio Zeiss Stemi SV6 e microscópio ótico Zeiss AxioStar Plus.

Os grupos zooplanctônicos Branchiopoda, Copepoda, Chaetognatha, Appendicularia, Doliolida, Salpida e Pyrosomatida, importantes na caracterização da comunidade local, foram identificados a níveis taxonômicos inferiores, utilizando-se bibliografia especializada: ONBÉ (1999) para Branchiopoda; DIAS & ARAUJO (2006) para Copepoda; AVILA *et al.* (2006) para Chaetognatha; BONECKER & CARVALHO (2006) para Appendicularia; BONECKER & QUINTAS (2006a) para Doliolida, BONECKER & QUINTAS (2006b) para Salpida, e SOEST (1981) para Pyrosomatida. Os demais grupos foram todos quantificados.

A abundância do zooplâncton coletado foi padronizada em indivíduo por metro cúbico de água filtrada ( $\text{ind.m}^{-3}$ ).

Os volumes de água filtrada na rede foram estimados através do cálculo da expressão:

$$V = a \cdot n \cdot c$$

Onde:

V= volume de água filtrada ( $\text{m}^3$ )

a= área da boca da rede ( $\text{m}^2$ )

n= número de rotações do fluxômetro (rot)

c= fator de aferição do fluxômetro após calibração do aparelho ( $\text{m.rot}^{-1}$ ).

Para o cálculo da diversidade foi utilizado o índice de SHANNON (1948) obtido através da fórmula:



$$H' = -\sum (p_i \cdot \log_2 p_i) \quad \text{sendo} \quad p_i = n_i \cdot N^{-1}$$

Onde:

$H'$  = índice de diversidade de Shannon

$p_i$  = probabilidade de coleta da espécie  $i$  na população a partir de sua frequência relativa ( $n_i \cdot N^{-1}$ )

$n_i$  = número de indivíduos da espécie  $i$

$N$  = número total de indivíduos na amostra

A equitabilidade ( $J$ ) da comunidade foi conhecida pelo índice de Pielou (CLARK & WARWICK, 1994), obtido através da fórmula:

$$J = H' / \ln s$$

Onde:

$s$  = n° de espécies por coleta

$H'$  = Índice de Shannon

A riqueza de espécies (número de espécies) da área de estudo foi obtida com o somatório dos indivíduos identificados. Foram consideradas as espécies e outros níveis que representavam uma unidade taxonômica sem sobreposição de táxons. Para o cálculo destes índices, só foram utilizados os táxons identificados a nível específico. Os cálculos foram efetuados no programa PRIMER, versão 6 (Primer-E Ltd).

Foi verificada a abundância relativa de cada espécie em todas as amostras, através da equação:

$$A = (N \times 100) / n;$$

Onde:

$N$  = número de indivíduos da espécie na amostra

$n$  = número total de indivíduos na amostra.

Os resultados obtidos foram expressos como: D = Dominante > 50%; A = Abundante 50% - 30%; PA = Pouco abundante 30% - 10% e R = Rara ≤ 10%. O critério de classificação adotado para a abundância das espécies foi o descrito por LOBO & LEIGHTON (1986).

A frequência de ocorrência dos táxons, em termos de porcentagem, foi calculada segundo MATTEUCCI & COLMA (1982):

$$F = (P \times 100) / T$$

Onde:

$P$  = número total de amostras contendo a espécie

$p$  = número total de amostras coletadas.

Em função da FO, foram identificadas as seguintes categorias: MF = Muito frequentes > 70%; F = Frequentes  $\leq 70\%$  e > 40%; PF= Pouco frequentes  $\leq 40\%$  e > 10% e E = Esporádicas  $\leq 10\%$ .

Para sumarizar os resultados de densidade nas estações de coleta, foi utilizada a estatística descritiva considerando os valores mínimo e máximo, média e desvio padrão (DP).

### Ictioplâncton

Os ovos e as larvas de peixes foram totalmente triados e contados sob microscópio estereoscópio Olympus SZ51. A densidade ictioplanctônica foi padronizada em indivíduos por 100 metros cúbicos de água filtrada (ind.100 m<sup>-3</sup>).

O volume de água filtrada pela rede foi calculado através da fórmula:

$$V=a.n.c$$

Onde:

V= volume de água filtrada (m<sup>3</sup>)

a= área da boca da rede

n= número de rotações (rot)

c= fator de aferição do fluxômetro após calibração do aparelho

O número de indivíduos coletados foi extrapolado para um volume padrão de 100 m<sup>3</sup> utilizando-se a seguinte fórmula:

$$y = (x.V-1).100$$

Onde:

y = número de ovos ou larvas de peixes por 100 m<sup>3</sup>

x = número de ovos ou larvas coletadas na amostra

V = volume de água filtrada pela rede (m<sup>3</sup>)

A identificação dos ovos e das larvas de peixes foi realizada até o menor nível taxonômico possível, com auxílio de microscópio estereoscópico Zeiss modelo Stemi SV6. Foi utilizada bibliografia especializada: como: RICHARDS (2006), BONECKER & CASTRO (2006), FAHAY (2007) e BONECKER et al. (2014). As larvas vitelínicas e/ou danificadas ficaram como não identificadas. O inventário de larvas de peixes foi baseado na classificação de NELSON et al. (2016). Todos os nomes de famílias e espécies de peixes identificadas no presente estudo foram checados e atualizados seguindo ESCHMEYER et al. (2018).

Foi realizado o cálculo da frequência de ocorrência (FO) de todos os táxons identificados nas amostras obtidas na área de estudo. Para essa análise foram utilizadas todas as estações onde ocorreram larvas de peixes. Utilizou-se a seguinte fórmula:

$$FO = (pa/P)*100$$

Onde:

8

FO = frequência de ocorrência;

pa = número de estações onde se encontra a categoria taxonômica (estação positiva);

P = número total de estações de coleta

A estrutura das assembleias de larvas de peixes obtidas com as malhas de 330 e 500 µm foi analisada a partir das densidades de cada táxon. Foram calculados os seguintes índices utilizando o Programa PRIMER® 6.0: Riqueza (S), índice absoluto de diversidade específica de Shannon-Wiener (H'), índice relativo de equitabilidade de Pielou (J') e Dominância de Simpson (D'). A diversidade foi calculada através da fórmula:  
$$H' = - \sum_{i=1}^{ni} \frac{ni}{N} \cdot \log_2 \left( \frac{ni}{N} \right)$$

Onde: ni é o número de indivíduos da espécie i, N é o número total de larvas de peixes da amostra e S representa o número de espécies.

O índice relativo de uniformidade ou equitabilidade (J') que evidencia anomalias no índice de diversidade ligadas à ocorrência de amostras com baixo número de espécies foi calculado pela fórmula:

$$J' = \frac{1}{\log_2 S}$$

A Dominância foi calculada através da seguinte fórmula:

$$D' = \sum_{i=1}^s p_i^2$$

Onde: pi é a abundância relativa (proporção) da espécie i na amostra; pi é pi/N.

O índice de diversidade de Shannon-Wiener relaciona a frequência relativa de diferentes espécies na amostra e pode alcançar valores altos quando todas as espécies distribuem-se homogeneamente na amostra (LEGENDRE & LEGENDRE, 1998). O Índice Relativo de Equitabilidade auxilia na interpretação ecológica dos resultados e varia de 0 (diversidade é mínima) a 1 (diversidade é máxima). Para o cálculo desses índices foram utilizadas somente as larvas identificadas até o nível taxonômico de espécie e outros níveis quando os mesmos eram representados por apenas um táxon. A matriz gerada com as amostras obtidas com a malha de 330 µm compreendeu 35 táxons e a matriz das amostras da malha de 500 µm foi composta por 27 táxons.

## 5. RESULTADOS

A Caracterização Ambiental da Área Norte de Carcará considerou os resultados de qualidade da água, sedimento, biota e de filmagens a partir das amostragens realizadas na área. Em complementação aos dados adquiridos foram feitas comparações com os dados previamente obtidos na área do Bloco BM-S-8 (contígua à Área Norte de Carcará) e com bibliografia existente para a Bacia de Santos, mencionando valores da própria indústria petrolífera, visto que a literatura científica para áreas profundas é escassa (MMA/PETROBRAS/AS/PEG, 2002; PETROBRAS/HABTEC, 2003; ABÍLIO *et al.*; 2006; STATOIL/AECOM, 2017).

Dentre os trabalhos utilizados como referência para o atual estudo, destaca-se o estudo de STATOIL/AECOM (2017), que representou a caracterização ambiental realizada no Bloco BM-S-8, localizado em região contígua à atual área de estudo, posicionado a sudoeste da mesma. Os objetivos e metodologias de tal projeto foram os mesmos daqueles aqui empregados, salvo pequenas diferenças, como, por exemplo, a malha amostral executada (oito estações). STATOIL/AECOM (2017) apresentou resultados obtidos a partir de amostragens nos compartimentos água, sedimento e biota (plâncton e bentos), além do imageamento do fundo.

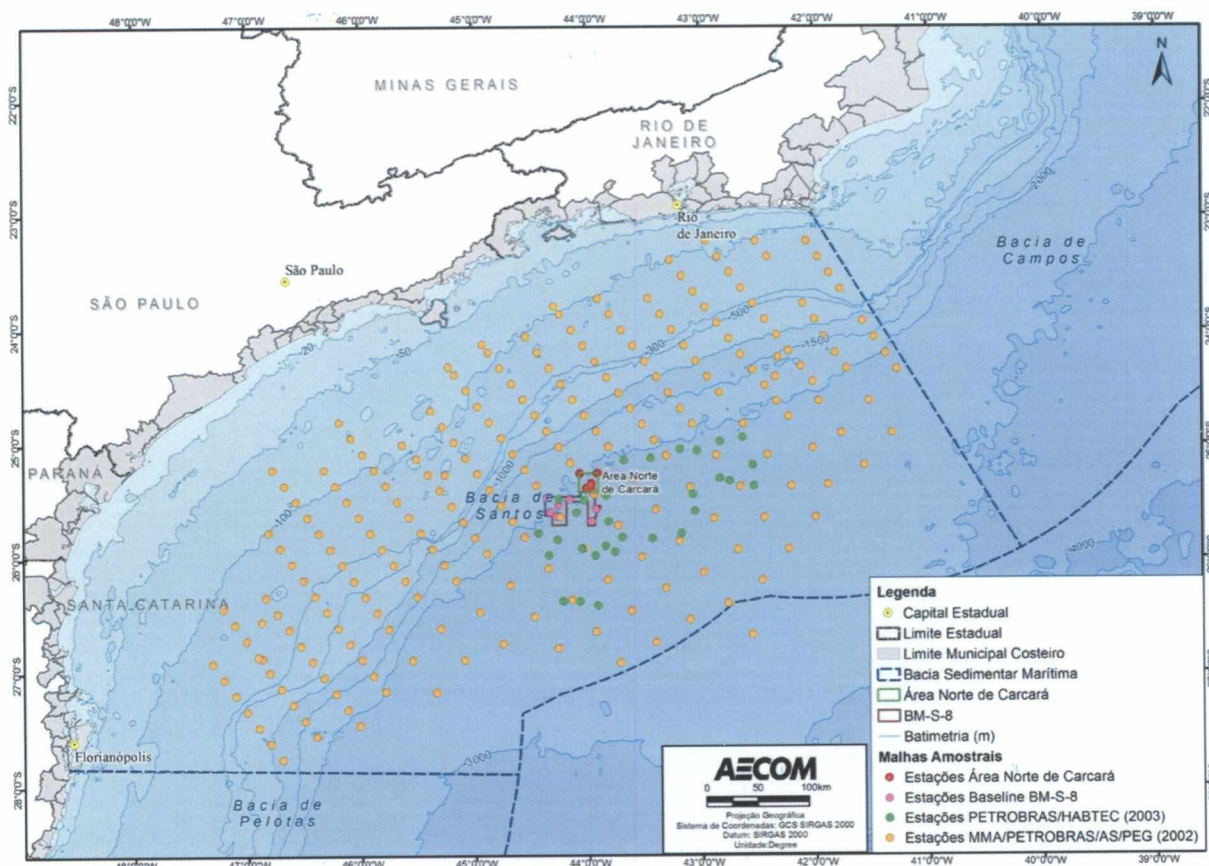
O trabalho MMA/PETROBRAS/AS/PEG (2002) correspondeu a uma caracterização ambiental de áreas de exploração e produção localizadas na Bacia de Santos. Com o objetivo de caracterizar a bacia de forma geral, o estudo utilizou uma malha amostral composta por 19 transectos perpendiculares à batimetria local, distantes entre si 20 MN, compostos por estações a cada 10 MN. Além disso, selecionou-se seis poços específicos, dois na porção norte da Bacia de Santos, no Bloco BS-500 e quatro junto aos campos de Merluzza, Estrela do Mar, Caravela e Caravela do Sul, que tiveram estações posicionadas a 1 km da coordenada de cada poço, escolhidas de acordo com o sentido preferencial da corrente superficial. Dessa forma, somaram-se 227 estações de amostragem de água (com amostras, em sua maioria, em três profundidades, 10 m, termoclina e 200 m) e sedimento. Para o plâncton, o trabalho utilizou arrastos verticais de zooplâncton e ictioplâncton, a partir de 200 m de profundidade até a superfície (ou de próximo ao fundo até a superfície, para estações localizadas em profundidades inferiores a 200 m). As amostras de fitoplâncton foram coletadas nas mesmas profundidades das amostras de água. Para a macrofauna bentônica, o estudo utilizou três réplicas amostrais, com retirada de alíquotas de 3L de sedimento em cada, e representação do estrato superficial até 8 cm de profundidade.

O estudo de PETROBRAS/HABTEC (2003) diz respeito a uma campanha de caracterização ambiental dos Blocos BM-S-8, BM-S-9, BM-S-10, BM-S-11 e BM-S-21, localizados na porção central da Bacia de Santos, em áreas de águas ultra profundas (acima de 2.000 m de profundidade). Nesta campanha, a coluna d'água foi amostrada em 20 estações, com sete profundidades diferentes em cada estação: superfície, acima da termoclina, termoclina, abaixo da termoclina, 200 m, núcleo da Água Intermediária do Atlântico (AIA) e fundo. As amostras de sedimento foram coletadas em 30 estações de sedimento superficial, que se distribuíram ao longo de cinco isóbatas (2.100, 2.150, 2.200, 2.225 e 2.425 m). As coletas de plâncton ocorreram nas mesmas estações das coletas de água, com as amostras de garrafas oceanográficas servindo, também, para o fitoplâncton; já o ictioplâncton e o zooplâncton foram coletados em arrastos a partir da termoclina para a superfície (com arrasto oblíquo para o ictioplâncton e vertical para o zooplâncton). A coleta de macrofauna bentônica utilizou oito sub-amostras de cada lançamento para coleta de sedimento,

P

com alíquotas retiradas em três diferentes estratos de profundidade (0-2, 2-5, 5-10 cm). Este estudo foi realizado na região do Bloco BM-S-8, porém, o bloco tinha outros limites na época. Além da citação direta ao trabalho de PETROBRAS/HABTEC (2003), são utilizadas, ao longo deste documento, algumas figuras de ABÍLIO *et al.* (2006), que utilizaram os dados de granulometria e metais no sedimento do trabalho supracitado para a discussão das concentrações de metais na Bacia de Santos.

A **Figura 19** ilustra as estações amostrais dos trabalhos supracitados.



**FIGURA 19 – Localização das estações amostrais referentes ao estudo atual e estudos pretéritos realizados na região.**

## 5.1 CARACTERIZAÇÃO DA QUALIDADE DO SEDIMENTO

### 5.1.1 GRANULOMETRIA E CARBONATOS

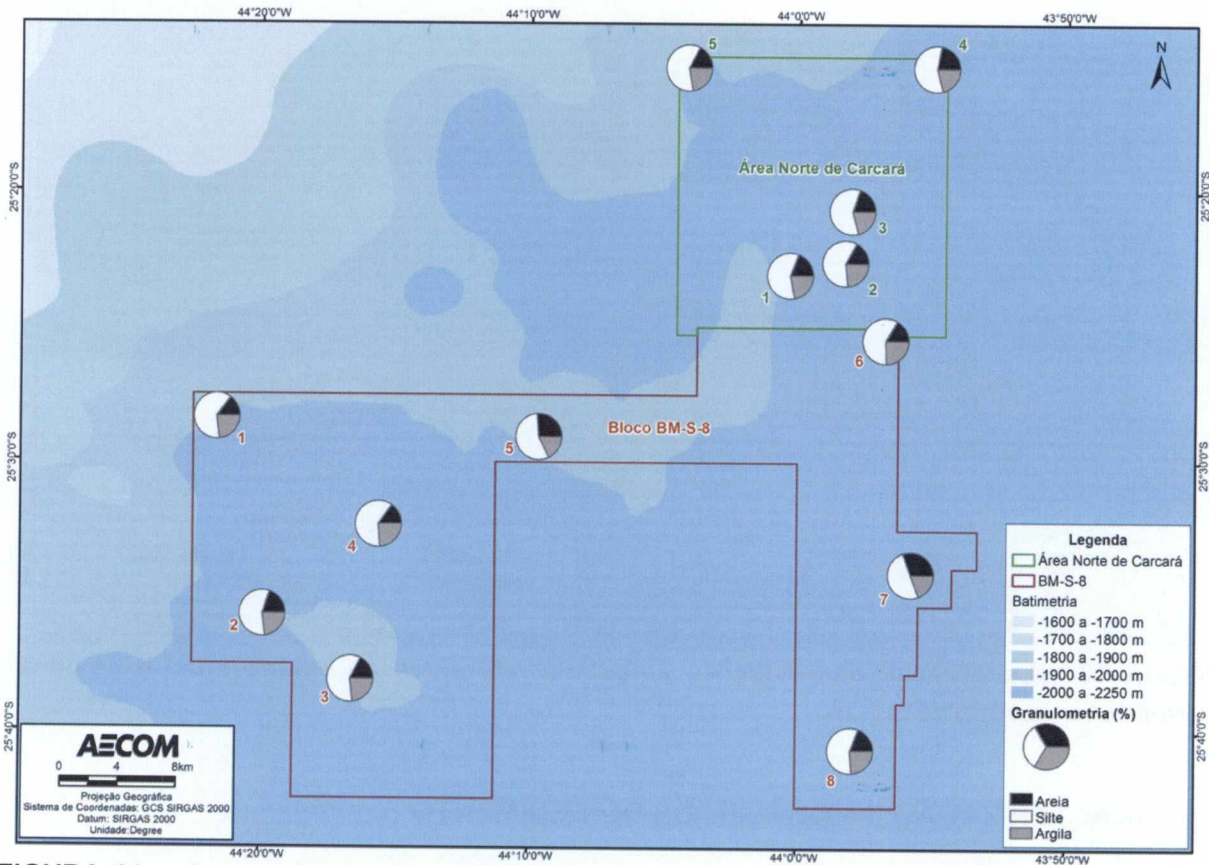
A granulometria do sedimento marinho é resultante de diversos fatores, tais como, a entrada de material alóctone, o transporte do material autóctone e a velocidade e direção das correntes, que determina a taxa de transporte e sedimentação (WRIGHT, 1995). A caracterização granulométrica é feita através da determinação das porcentagens em massa dos grãos em cada classe granulométrica (frações). Essa análise representa um parâmetro físico importante para caracterização do ambiente, principalmente em função da



tendência de correlação com as concentrações dos demais parâmetros. A classificação granulométrica é fundamental também para o estabelecimento de uma associação com os cascalhos provenientes da atividade de perfuração (OGP, 2003; NEFF, 2008).

O fundo marinho da Área Norte de Carcará é composto majoritariamente por silte, ou seja sedimento lamoso representando mais de 50 % da composição sedimentar em todas as estações (média de 59,10% com valor mínimo de 56,28% e máximo de 61,65%). As frações arenosas e argilosas foram semelhantes na maioria das estações, média de 19,03% e 21,88%, respectivamente (**Figura 20; Tabela 13**). O **Anexo A** apresenta os registros fotográficos que corroboram com a característica lamosa das amostras. As anotações de campo fornecem uma avaliação preliminar das características do fundo da região, descrevendo o aspecto visual do mesmo como lamoso, de textura fina e com grande quantidade de carapaças de organismos (fragmentadas e/ou inteiras).

A comparação dos resultados granulométricos da Área Norte de Carcará com aqueles obtidos na campanha do Bloco BM-S-8 revela a grande semelhança entre as duas regiões (**Figura 20**).



**FIGURA 20 – Composição granulométrica média (%) das estações amostradas durante a caracterização ambiental da Área Norte de Carcará, Bacia de Santos e do Bloco BM-S-8.**

MP



**TABELA 13 – Composição granulométrica (%) das estações amostradas durante a caracterização ambiental da Área Norte de Carcará, Bacia de Santos.**

Estação	Cascalho			Areia			Silte			Argila			Estudo	
	%	Média	DP	%	Média	DP	%	Média	DP	%	Média	DP		
1	1A	0,00	0,00	0,00	18,66	19,11	1,35	57,64	58,91	1,86	23,70	21,98	1,50	Área Norte de Carcará
	1B	0,00			20,63			58,04			21,33			
	1C	0,00			18,04			61,05			20,92			
2	2A	0,00	0,00	0,00	17,58	17,04	1,12	58,57	59,60	0,89	23,85	23,36	1,10	
	2B	0,00			17,78			60,11			22,10			
	2C	0,00			15,75			60,13			24,12			
3	3A	0,00	0,00	0,00	17,47	19,75	2,59	59,39	59,53	0,52	23,15	20,74	2,40	
	3B	0,00			19,20			60,10			20,71			
	3C	0,00			22,57			59,09			18,35			
4	4A	0,00	0,00	0,00	17,16	21,86	6,29	56,76	57,33	1,42	26,07	20,81	5,72	
	4B	0,00			19,42			58,94			21,64			
	4C	0,00			29,00			56,28			14,72			
5	5A	0,00	0,00	0,00	15,51	17,40	2,06	61,65	60,12	2,40	22,84	22,49	3,27	
	5B	0,00			19,59			61,35			19,06			
	5C	0,00			17,09			57,35			25,58			
1	1A	0,00	0,00	0,00	11,38	14,94	5,36	62,40	61,93	3,01	26,22	23,13	3,02	BM-S-8
	1B	0,00			21,11			58,72			20,18			
	1C	0,00			12,33			64,68			22,99			
2	2A	0,00	0,00	0,00	17,29	20,05	3,56	58,84	56,88	3,25	23,86	23,08	0,69	
	2B	0,00			18,79			58,67			22,54			
	2C	0,00			24,07			53,12			22,83			
3	3A	0,00	0,00	0,00	22,91	17,49	4,76	55,33	59,24	3,39	21,76	23,28	1,45	
	3B	0,00			15,59			60,98			23,43			
	3C	0,00			13,97			61,40			24,64			
4	4A	0,00	0,00	0,00	13,50	15,28	2,00	62,82	60,66	1,90	23,68	24,06	1,01	
	4B	0,00			17,45			59,26			23,30			
	4C	0,00			14,90			59,90			25,20			
5	5A	0,00	0,00	0,00	25,38	26,30	1,26	57,05	55,74	1,73	17,58	17,97	0,48	
	5B	0,00			25,79			56,39			17,82			
	5C	0,00			27,74			53,77			18,50			
6	6A	0,00	0,00	0,00	16,30	16,56	1,60	58,19	58,87	1,93	25,51	24,57	0,86	
	6B	0,00			15,11			61,05			23,84			
	6C	0,00			18,28			57,37			24,35			
7	7A	0,00	0,00	0,00	19,16	30,36	9,98	57,12	50,39	6,06	23,71	19,25	3,92	
	7B	0,00			33,61			48,70			17,70			
	7C	0,00			38,30			45,35			16,35			
8	8A	0,00	0,00	0,00	18,66	19,17	2,68	58,79	57,12	3,53	22,54	23,71	1,17	
	8B	0,00			22,06			53,07			24,87			
	8C	0,00			16,78			59,51			23,71			

De uma forma geral, os estudos pretéritos realizados na região mostraram uma predominância de grãos finos, especialmente no levantamento realizado por PETROBRAS/HABTEC (2003) nos Blocos BM-S-8, BM-S-9, BM-S-10, BM-S-11 e BM-S-21, onde os sedimentos finos corresponderam a mais de 99% dos grãos na maioria das estações. Já os resultados encontrados em STATOIL/AECOM (2017) exibiram maiores porcentagens de frações arenosas nos sedimentos analisados, mas ainda assim, o predomínio foi de



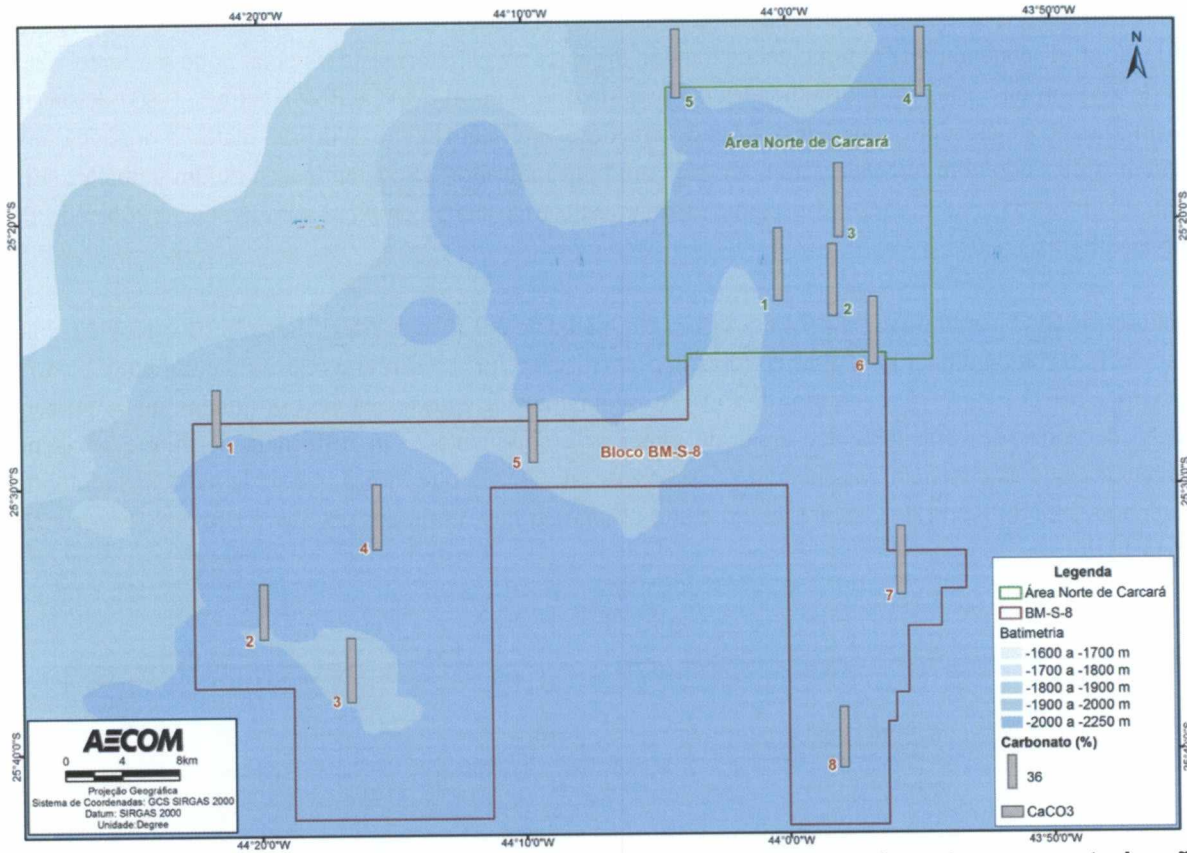
sedimentos finos. A contribuição arenosa na região, pode ser notada também pelo estudo de ABÍLIO *et al.* (2006), que encontrou contribuições de areia nas proximidades do Bloco BM-S-8. O presente estudo exibiu contribuição média de areia (19,03%) similar a observada em BM-S-8 (20,02%).

Uma das principais características observadas nas estações amostradas na Área Norte de Carcará foi a abundância de carapaças de organismos (inteiras ou fragmentadas). A contribuição de carbonatos no sedimento deve-se, essencialmente, aos fragmentos de exoesqueletos e endoesqueletos de organismos marinhos. Na plataforma continental, a acumulação de carbonato de cálcio ( $\text{CaCO}_3$ ) ocorre, principalmente, pela presença de organismos bentônicos (moluscos, foraminíferos bentônicos, briozoários, corais, etc.). Todavia, em ambientes pelágicos, a maior parte do carbonato biogênico presente nos sedimentos marinhos provém de organismos planctônicos (DIAS, 2004). Apesar de fragmentos de esqueletos de vertebrados aparecerem eventualmente nos sedimentos marinhos, as partículas biogênicas carbonatadas mais comuns são provenientes de foraminíferos, pterópodes, coccolitoforídeos e ostracodas, demonstrando que a origem e abundância de partículas biogênicas é bastante heterogênea nos sedimentos marinhos.

As contribuições de carbonatos na área de estudo variaram de 73,53%, na estação 5 (valor médio, considerando as 3 réplicas da estação), a 79,10%, na estação 3, com média de 76,35%.

A comparação com as concentrações de carbonatos encontradas em BM-S-8, revelou que as estações amostradas no atual estudo são mais ricas em carbonato do que aquelas analisadas no referido estudo pretérito, cujas concentrações tiveram média de 66,3%. Os sedimentos dos pontos amostrados na Área Norte de Carcará também mostraram-se mais carbonáticos do que outros trabalhos realizados anteriormente na região, como aqueles feitos nos Blocos BM-S-8, BM-S-9, BM-S-10, BM-S-11 e BM-S-21, PETROBRAS/HABTEC (2003) com concentrações de carbonato, em geral, superiores a 50%. O levantamento de MMA/PETROBRAS/AS/PEG (2002) para toda a Bacia de Santos encontrou concentrações de cerca de 40/50% na área do Bloco BM-S-8 (**Figura 21; Tabela 14**).





**FIGURA 21 – Carbonato médio (%) nas estações amostradas durante a caracterização ambiental da Área Norte de Carcará, Bacia de Santos e do Bloco BM-S-8.**

**TABELA 14 – Comparação de teores de Carbonato (%) nas estações amostradas durante a caracterização ambiental da Área Norte de Carcará, Bacia de Santos, com aqueles obtidos no Bloco BM-S-8.**

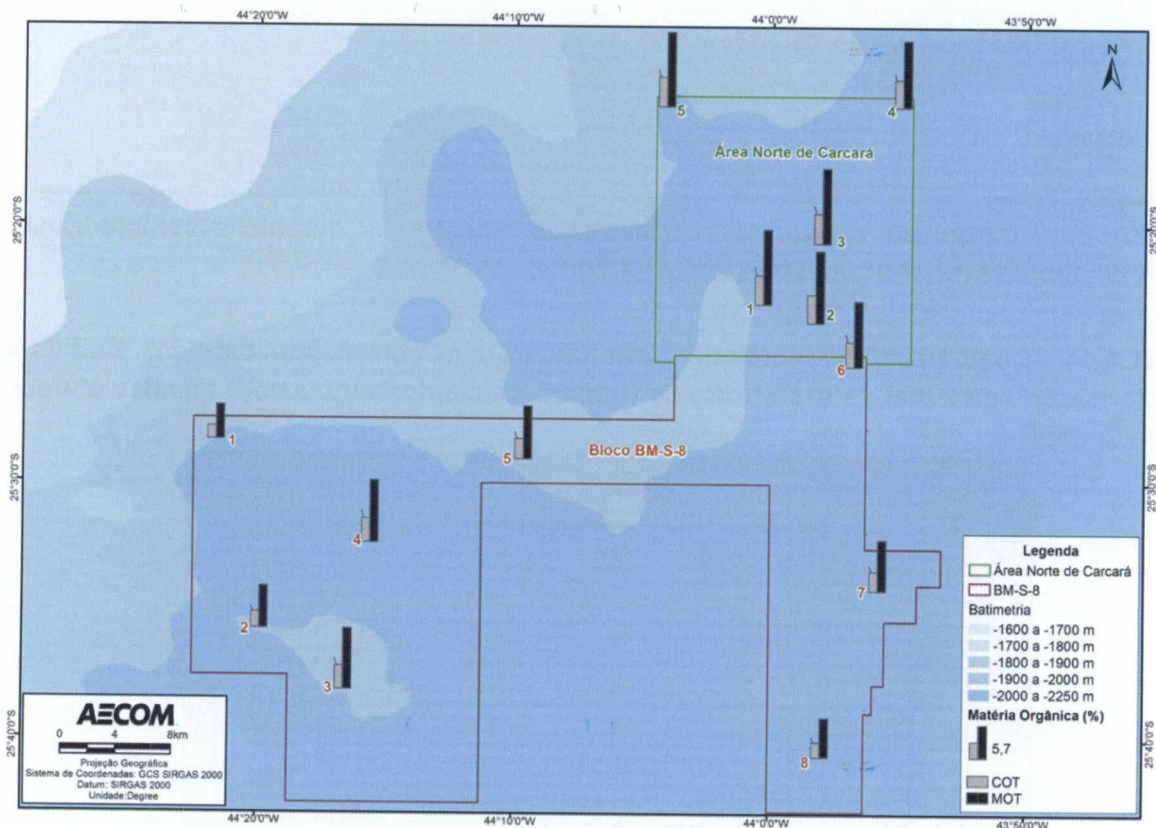
Estação	Carbonatos			Média	DP	Estudo
	A	B	C			
1	77,67	78,70	77,84	78,1	0,6	Área Norte de Carcará
2	76,83	76,85	77,45	77,0	0,4	
3	80,17	78,89	78,24	79,1	1,0	
4	71,61	75,81	74,59	74,0	2,2	
5	74,26	72,21	74,11	73,5	1,1	
1	55,70	57,80	65,50	59,7	5,2	Bloco BM-S-8
2	59,20	58,00	61,10	59,4	1,6	
3	68,70	69,30	69,80	69,3	0,6	
4	70,50	70,80	68,80	70,0	1,1	
5	61,90	62,50	60,90	61,8	0,8	
6	73,00	71,30	72,80	72,4	0,9	
7	76,00	71,60	71,30	73,0	2,6	
8	67,40	64,60	62,20	64,7	2,6	



### 5.1.2 MATÉRIA ORGÂNICA TOTAL E CARBONO ORGÂNICO TOTAL

Os percentuais de matéria orgânica podem ser utilizados para avaliar qualitativamente a natureza das amostras do local (por exemplo, sinalizando uma área de deposição; USEPA, 2002). De acordo com STEIN (1991), a influência do aporte continental de matéria orgânica na plataforma continental pode ser percebida a mais de 200 km da costa, em profundidades maiores do que 1000 m. MACKENZIE et al. (1993) destacam que interferências antrópicas podem causar alterações significativas no teor de matéria orgânica nos sedimentos, fazendo com que este parâmetro seja um bom indicador de contaminação de um ambiente. Em adição, OGP (2005) cita que este é o parâmetro não-específico mais completo para avaliar o conteúdo de componentes orgânicos.

Os valores de COT variaram entre 4,77 e 5,21%, com média de 5,02%, e de MOT entre 11,61 e 13,11%, com média de 12,64%, com padrão similar entre as duas análises, o que confirma a relação natural entre os dois parâmetros. MCIVER (1975) citou teor de COT em sedimentos de águas oceânicas profundas até 0,2%, com exceção de zonas de ressurgência e áreas de plataforma continental com influência de aporte terrígeno continental, onde as concentrações podem ser superiores a 2,0%, o que indica que pode ter ocorrido aporte terrígeno na área do Norte de Carcará, assim como observado nos resultados do Bloco BM-S-8 (Figura 22; Tabela 14).



**FIGURA 22 – Matéria orgânica total e carbono orgânico total médios (%) nas estações amostradas na caracterização ambiental da Área Norte de Carcará, Bacia de Santos e do Bloco BM-S-8.**



Os valores percentuais de MOT observados no Bloco BM-S-8 foram todos superiores às contribuições de COT. Tal condição também foi observada no presente estudo (**Tabela 15**) e em trabalhos pretéritos na Bacia de Santos.

No estudo pretérito de PETROBRAS/HABTEC (2003), a área dos Blocos BM-S-8, BM-S-9, BM-S-10, BM-S-11 e BM-S-21 apresentou COT com valores entre 0,41 e 0,88 % e MO com concentrações majoritariamente inferiores a 3%, com valores de 0,75 a 9,57 %, sem relação aparente entre as frações de carbono e matéria orgânica total. Na área do Bloco BM-S-8 ocorrem tanto concentrações de cerca de 1,5%, quanto de 2,5% (MMA/PETROBRAS/AS/PEG, 2002).

**TABELA 15 – Matéria orgânica total e carbono orgânico total (%) nas estações amostradas durante a caracterização ambiental da Área Norte de Carcará e da região do Bloco BM-S-8.**

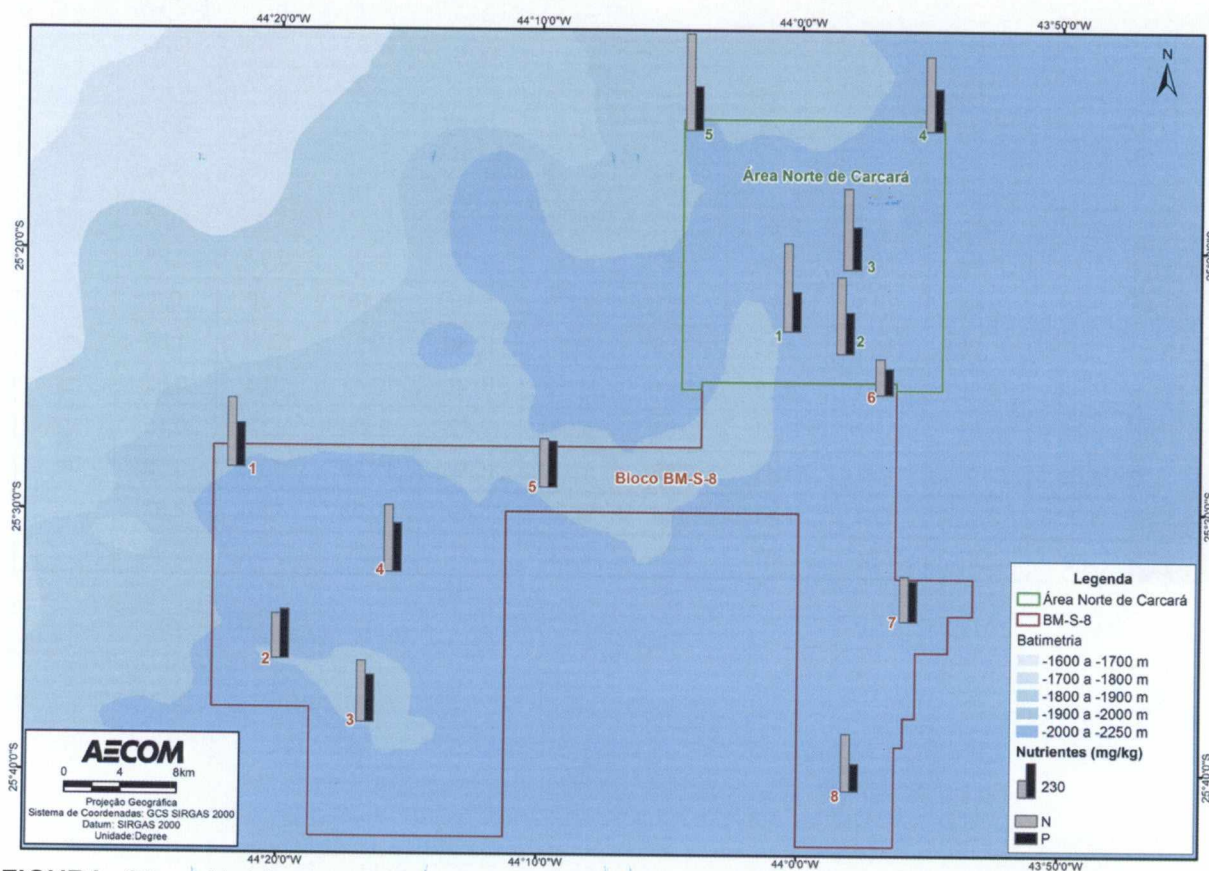
Estação	COT (%)			Média	DP	MOT (%)			Média	DP	Estudo
	A	B	C			A	B	C			
1	5,03	5,26	5,03	5,11	0,13	13,35	13,17	12,83	13,11	0,26	Área Norte de Carcará
2	4,74	4,68	5,30	4,91	0,34	12,59	11,65	13,26	12,50	0,81	
3	4,97	5,40	5,25	5,21	0,22	13,18	13,27	12,86	13,10	0,21	
4	5,15	4,54	4,62	4,77	0,33	13,12	10,76	10,96	11,61	1,31	
5	5,26	5,00	5,10	5,12	0,13	13,14	12,73	12,74	12,87	0,23	
1	1,71	1,88	3,30	2,30	0,87	4,43	4,88	8,59	5,97	2,28	Bloco BM-S-8
2	2,62	2,61	3,15	2,79	0,31	6,81	6,78	8,18	7,26	0,8	
3	3,7	4,79	3,91	4,13	0,58	9,62	12,46	10,17	10,75	1,51	
4	4,43	4,02	4,01	4,15	0,24	11,52	10,46	10,42	10,8	0,62	
5	3,46	3,51	3,57	3,51	0,06	8,98	9,12	9,28	9,13	0,15	
6	4,69	4,2	4,33	4,41	0,25	12,2	10,93	11,26	11,46	0,66	
7	4,26	2,11	3,86	3,41	1,14	11,09	5,49	10,03	8,87	2,97	
8	2,9	2,87	2,24	2,67	0,37	7,53	7,47	5,81	6,94	0,98	



### 5.1.3 NUTRIENTES (NITROGÊNIO E FÓSFORO)

O nitrogênio e o fósforo presentes no sedimento marinho são originados a partir de diferentes fontes, como aporte terrígeno, atmosférico e fontes biogênicas como, por exemplo, peletas fecais dos organismos zooplânctônicos. A perda de fósforo por sedimentação remove o fósforo da fase dissolvida, controlando o seu estoque no sistema aquático (RUTTENBERG, 1992). O nitrogênio mensurado no sedimento, correspondente ao nitrogênio Kjeldahl total (N orgânico + N amoniacal). É importante destacar que a contribuição majoritariamente orgânica, corresponde, por sua vez, a tecidos (de animais) e células mortas (algas).

A **Figura 23** e **Tabela 16** apresentam as concentrações de fósforo e nitrogênio obtidas através das análises das amostras coletadas na Área Norte de Carcará e ao longo do Bloco BM-S-8. As concentrações de nitrogênio variaram entre 489,57 e 632,80 mg.kg<sup>-1</sup> (média de 546,74 mg.kg<sup>-1</sup>), na Área Norte de Carcará e, em BM-S-8, oscilaram entre 237,93 e 454,80 mg.kg<sup>-1</sup>, com média de 352,78 mg.kg<sup>-1</sup>. Já as concentrações de fósforo variaram de 260,13 e 287,73 mg.kg<sup>-1</sup> (média de 276,05 mg.kg<sup>-1</sup>), em Norte de Carcará e entre 172,97 e 322,77 mg.kg<sup>-1</sup> (média de 271,21 mg.kg<sup>-1</sup>), em BM-S-8.



**FIGURA 23 – Nutrientes (Nitrogênio Kjeldahl e Fósforo Total) (médias mg.kg<sup>-1</sup>) nas estações amostradas durante a caracterização ambiental da Área Norte de Carcará e Bloco BM-S-8.**

AP

**TABELA 16 – Nutrientes (Nitrogênio Kjeldahl e Fósforo Total) (mg.kg<sup>-1</sup>) nas estações amostradas durante a caracterização ambiental da Área Norte de Carcará e do Bloco BM-S-8.**

Estação	Nitrogênio			Média	DP	Fósforo			Média	DP	Estudo
	A	B	C			A	B	C			
1	531	609,2	596,9	579,03	42,05	278,2	248,6	253,6	260,13	15,84	Área Norte de Carcará
2	542,8	477,8	487,8	502,80	35,00	284,1	274,9	258,5	272,50	12,97	
3	416,9	624,7	546,9	529,50	104,99	260,7	279,5	300,5	280,23	19,91	
4	553,5	379,9	535,3	489,57	95,41	252,3	291,6	295,1	279,67	23,76	
5	609,5	665,5	623,4	632,80	29,16	284,1	266,1	313	287,73	23,66	
1	422,7	475,4	466,3	454,8	28,17	297,7	272,2	297,6	289,17	14,69	Bloco BM-S-8
2	252,7	388,4	244,2	295,1	80,91	303,7	310,3	354,3	322,77	27,51	
3	378	417,6	406,7	400,77	20,46	329,7	268,4	331,4	309,83	35,89	
4	587,7	337,8	388,1	437,87	132,17	327,1	282,2	351,7	320,33	35,24	
5	289,2	340,8	325,4	318,47	26,49	291,2	314,3	304,2	303,23	11,58	
6	194,5	322,9	196,4	237,93	73,59	188,9	115,1	214,9	172,97	51,77	
7	330,5	212,3	344	295,6	72,46	291,9	261	252,2	268,37	20,85	
8	344,4	402,3	398,5	381,73	32,39	252,3	156	140,8	183,03	60,47	

Na região dos Blocos BM-S-8, BM-S-9, BM-S-10, BM-S-11 e BM-S-21, as concentrações de nitrogênio e fósforo no sedimento variaram entre 0,046% e 0,123% (ou 465 e 1.226 mg.kg<sup>-1</sup>) para o nitrogênio e entre 0,03% e 0,06% (ou 320mg.kg<sup>-1</sup> e 628 mg.kg<sup>-1</sup>) para o fósforo (PETROBRAS/HABTEC, 2003).



#### 5.1.4 METAIS

A origem das concentrações de metais no sedimento podem variar entre autóctone ou alóctone, estando relacionadas a características naturais do ambiente ou a fatores antrópicos. Alguns metais como ferro, alumínio e manganês são encontrados naturalmente em altas concentrações no ambiente, indicando o tipo de rocha originária do sedimento. O bário, por sua vez, possui baixas concentrações em ambientes naturais, o que torna a elevação do seu teor um indicativo de influência de atividade de perfuração de poços devido ao uso de elevadas concentrações de barita nos fluidos de perfuração para controlar a densidade (HARTLEY, 1996; NEFF, 2008).

As atividades de exploração de óleo e gás *offshore* podem liberar metais no ambiente, visto que estes elementos estão presentes em fluidos de perfuração, no petróleo e no material sedimentar (cascalho) em diferentes concentrações, conforme o tipo e origem do óleo, e da rocha geradora ou da formação (POZZEBON *et al.*, 2005). LACERDA & MARINS (2006) ressaltaram que a análise das variações nas concentrações de metais possui como fator de dificuldade a ausência de caracterizações mais detalhadas de “background” regionais e da influência potencial do aporte terrígeno sobre a plataforma continental (LACERDA *et al.*, 2006). As informações citadas acima justificam a caracterização dos metais realizada na atual campanha, pela geração de valores de referência para a Bacia de Santos.

No presente estudo foram analisados os metais Alumínio (Al), arsênio (As), bário (Ba), cádmio (Cd), cobre (Cu), cromo (Cr), ferro (Fe), mercúrio (Hg), manganês (Mn), níquel (Ni), chumbo (Pb), vanádio (V) e zinco (Zn).

A **Tabela 17** apresenta o resumo das concentrações de metais no sedimento na Área Norte de Carcará e no Bloco BM-S-8, considerando os valores de todas as réplicas no cálculo de extremos e médias (não somente a média de cada estação). Não foram encontradas concentrações quantificáveis de arsênio, cádmio e mercúrio nem no atual estudo, nem no pretérito (BM-S-8). O metal ferro apresentou concentrações com a maior ordem de grandeza, característica desse metal em ambientes oceânicos, seguido pelo alumínio e pelo manganês, enquanto os demais metais mantiveram concentrações inferiores a 100 mg.kg<sup>-1</sup>, exceto as concentrações de bário, nas estações 1 e 2, máximo de 127,60 mg.kg<sup>-1</sup> (estação 2).

**TABELA 17 – Resumo das concentrações de metais encontradas no sedimento durante a caracterização ambiental da Área Norte de Carcará e do Bloco BM-S-8.**

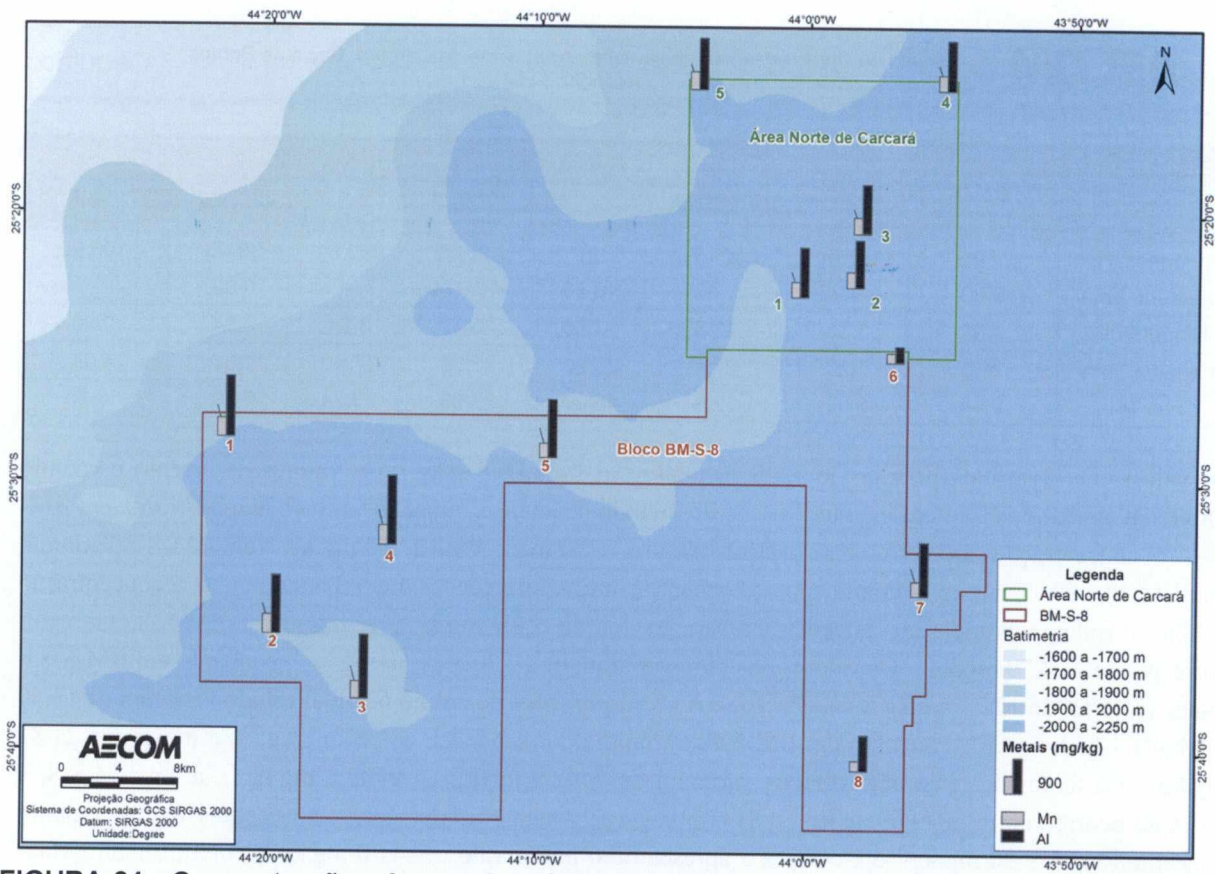
Metal (mg.kg <sup>-1</sup> )	Mínimo		Máximo		Média		Desvio Padrão	
	Área Norte de Carcará	BM-S-8	Área Norte de Carcará	BM-S-8	Área Norte de Carcará	BM-S-8	Área Norte de Carcará	BM-S-8
Alumínio Total	1229,60	306,80	1403,3	2006,80	1297,33	1352,82	52,40	513,24
Arsênio Total	0,00	<0,60	0,00	<1,13	< 2,05	-	0,00	-
Bário Total	77,70	28,60	127,6	99,70	98,39	67,18	16,60	16,96
Cádmio Total	0,00	<0,40	0,00	<0,75	< 1,37	-	0,00	-
Chumbo Total	5,17	2,14	9,32	6,03	5,88	4,79	1,02	1,01
Cobre Total	19,70	4,30	31,5	14,10	25,09	9,39	2,97	2,62
Cromo Total	13,50	4,94	17,5	21,80	15,31	12,26	1,17	5,33
Ferro Total	7492,9	2829,60	9402,8	8141,00	8262,19	6064,1	511,72	1236,83



Metal (mg.kg <sup>-1</sup> )	Mínimo		Máximo		Média		Desvio Padrão	
	Área Norte de Carcará	BM-S-8	Área Norte de Carcará	BM-S-8	Área Norte de Carcará	BM-S-8	Área Norte de Carcará	BM-S-8
Manganês Total	379,3	157,60	524,7	562,70	427,59	399,81	38,05	106,98
Mercúrio Total	0,00	<0,02	0,00	<0,23	< 0,014	-	0,00	-
Níquel Total	9,06	3,35	12,5	13,60	10,37	8,84	0,94	2,90
Vanádio Total	21,3	7,73	27,4	23,90	23,96	17,40	1,61	4,04
Zinco Total	25,4	8,52	32,9	46,20	28,96	30,24	2,20	10,23

Os valores de alumínio variaram de 1229,60 mg.kg<sup>-1</sup> a 1403,90 mg.kg<sup>-1</sup>. Os valores de arsênio e cádmio estiveram abaixo dos limites de quantificação do método de análise, situação também diagnosticada em BM-S-8. As concentrações médias de bário variaram entre 77,70 mg.kg<sup>-1</sup> e 127,60 mg.kg<sup>-1</sup> (em BM-S-8 variaram entre 43,90 e 90,17 mg.kg<sup>-1</sup>), com menores concentrações nas estações 3, 4 e 5. Para chumbo, a concentração média considerando todas as estações amostradas foi de 5,88 mg.kg<sup>-1</sup>, enquanto em BM-S-8, tal valor correspondeu a 4,79 mg.kg<sup>-1</sup>. Os valores de cobre variaram de 19,70 a 31,50 mg.kg<sup>-1</sup>, enquanto em BM-S-8 o maior valor foi de 12,73 mg.kg<sup>-1</sup>, na estação 4. As concentrações de cromo no atual estudo variaram de 13,50 mg.kg<sup>-1</sup> a 17,50 mg.kg<sup>-1</sup>, enquanto em BM-S-8, o mínimo correspondeu a 4,94 mg.kg<sup>-1</sup> e o máximo a 21,80 mg.kg<sup>-1</sup>. Os teores de ferro aqui obtidos variaram de 7492,9 mg.kg<sup>-1</sup> a 9402,8 mg.kg<sup>-1</sup>, já em BM-S-8, a variação ocorreu entre 2829,60mg.kg<sup>-1</sup> e 8141,00mg.kg<sup>-1</sup>. Quanto ao manganês, a estação 1 exibiu a menor concentração, 379,30 mg.kg<sup>-1</sup> e a estação 5 apresentou o maior valor, 524,70 mg.kg<sup>-1</sup>, porém o maior valor registrado ocorreu durante o levantamento do Bloco BM-S-8, na estação 4, correspondente a 562,70 mg.kg<sup>-1</sup>. Para o níquel, a menor média foi de 9,06 mg.kg<sup>-1</sup> (estação 1) e a maior foi de 12,50 mg.kg<sup>-1</sup> (estação 5). A concentração média do vanádio (considerando todas as estações) foi de 23,96 mg.kg<sup>-1</sup> e do zinco 28,96 mg.kg<sup>-1</sup>. De uma forma geral, os teores de metais encontrados na atual campanha foram similares e ligeiramente superiores àqueles obtidos na caracterização do Bloco BM-S-8 (**Figuras 24 a 27**).





**FIGURA 24 - Concentrações de metais médias (Al, Mn) nas estações amostradas durante a caracterização ambiental da Área Norte de Carcará e BM-S-8.**

HP

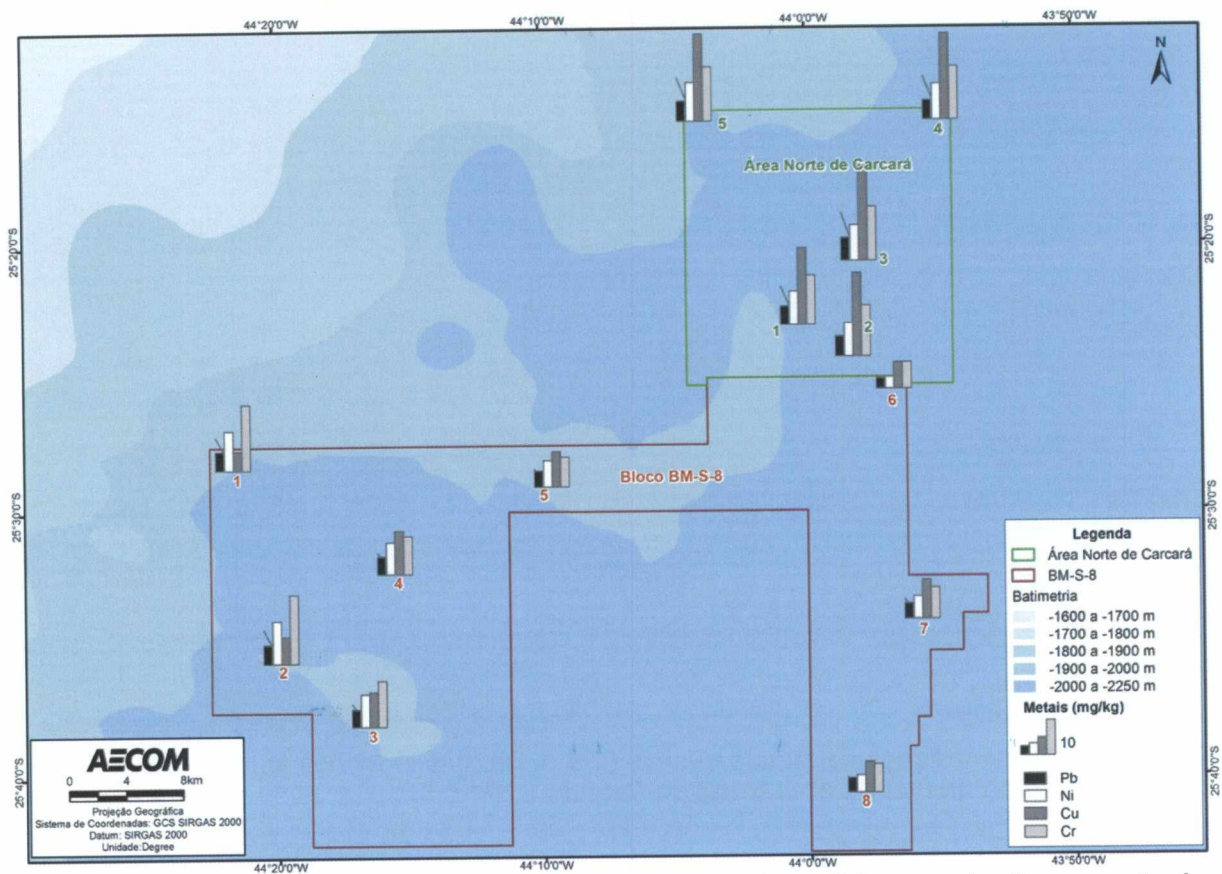
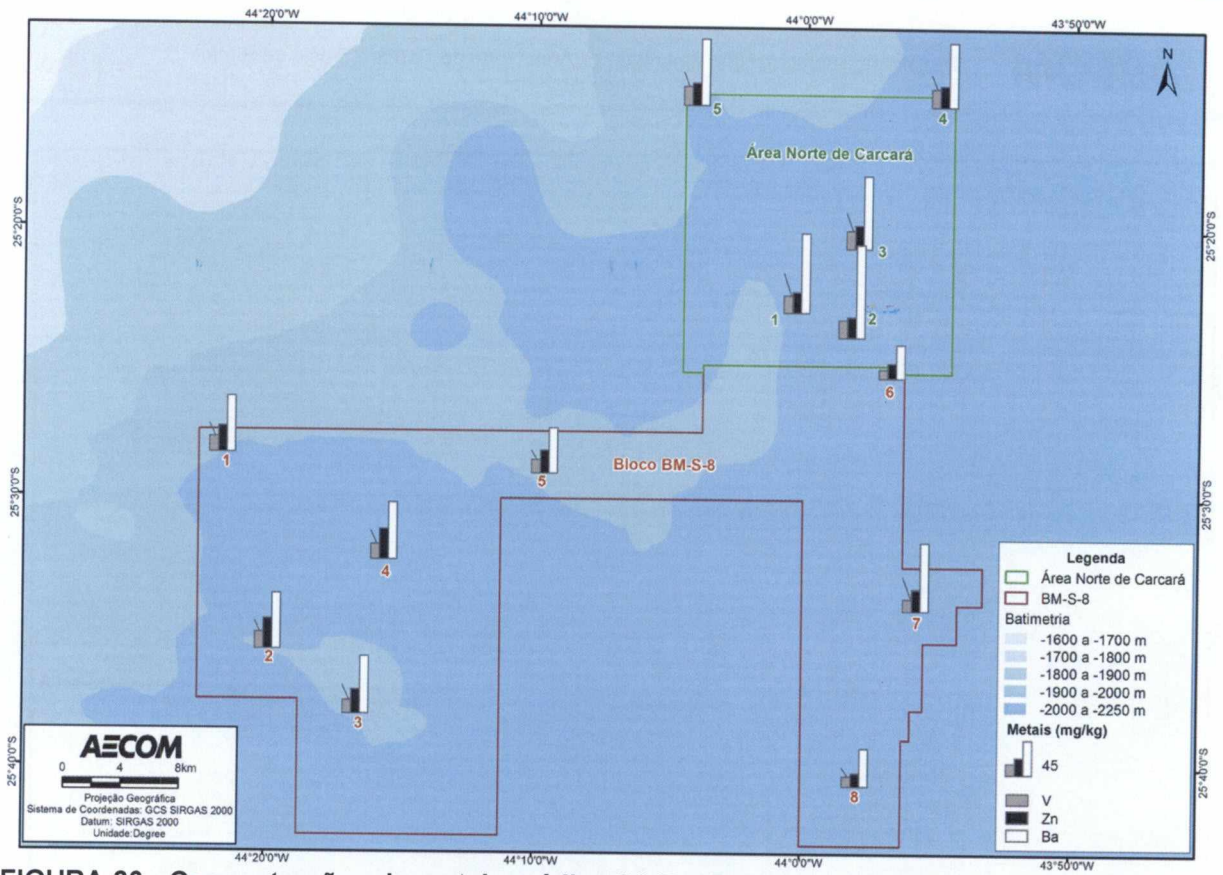


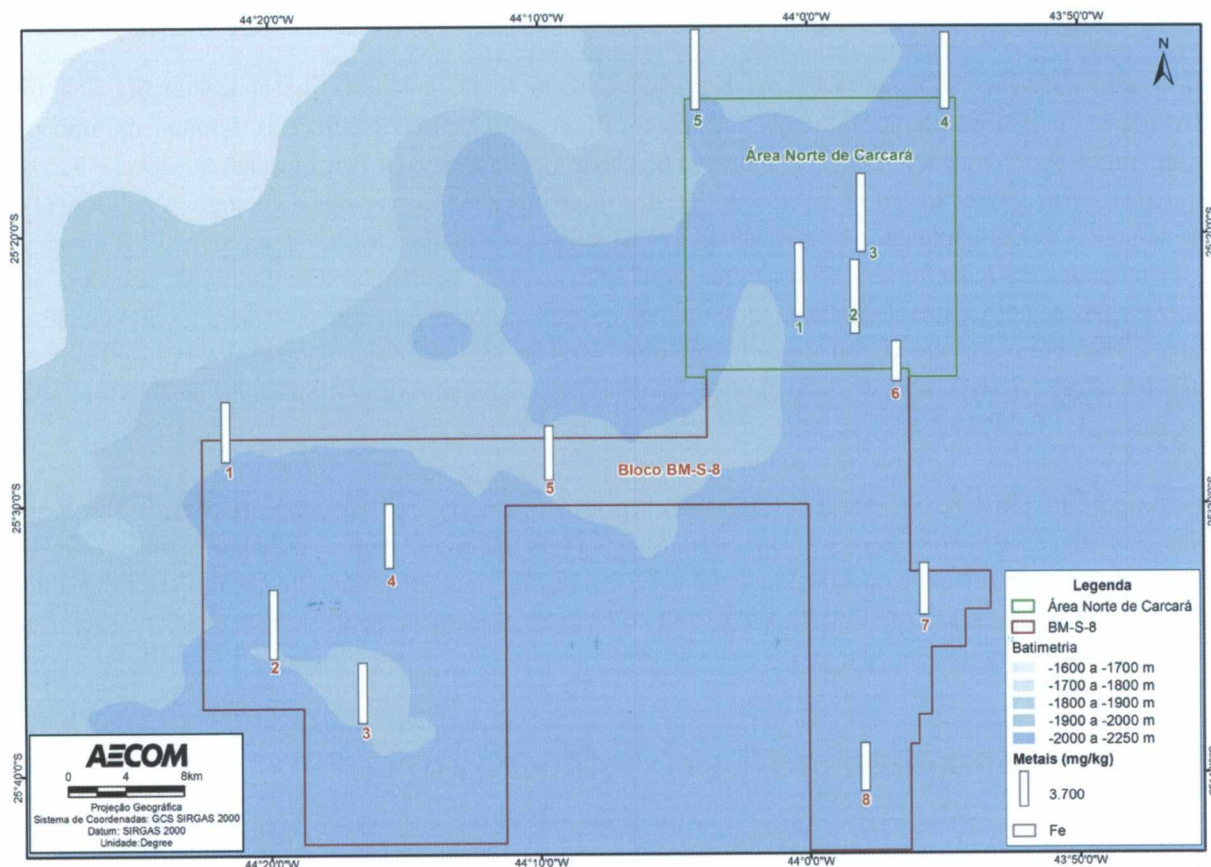
FIGURA 25 - Concentrações de metais médias (Pb, Ni, Cu e Cr) nas estações amostradas durante a caracterização ambiental da Área Norte de Carcará e BM-S-8.





**FIGURA 26 - Concentrações de metais médias (V, Zn, Ba) nas estações amostradas durante a caracterização ambiental da Área Norte de Carcará e BM-S-8.**





**FIGURA 27 - Concentrações de metais (Fe) nas estações amostradas durante a caracterização ambiental da Área Norte de Carcará e BM-S-8.**

A comparação dos resultados apresentados por ABÍLIO *et al.* (2006) com aqueles recentemente encontrados no Bloco BM-S-8 e na Área Norte de Carcará revelou que na região dos Blocos BM-S-8, BM-S-9, BM-S-10, BM-S-11 e BM-S-21 as concentrações mantiveram ordens de grandeza similares as do presente estudo, porém com maior variabilidade, em função da abrangência do levantamento, já que a malha amostral executada na Área Norte de Carcará contemplou um menor número de pontos amostrais, relativamente próximos entre si. Os metais Ferro e Alumínio foram os que mais variaram no presente estudo e em BM-S-8. O cromo e o níquel apresentaram concentrações majoritariamente inferiores a  $18 \text{ mg.kg}^{-1}$  tanto na área do Bloco BM-S-8, quanto na Área Norte de Carcará.

As concentrações apresentadas para toda a Bacia de Santos demonstraram que, em geral, a área do Bloco BM-S-8 tendeu a concentrações mais baixas comparadas ao leste da bacia ou a áreas mais próximas à costa (MMA/PETROBRAS/AS/PEG, 2002). Para a bacia como um todo, observa-se alumínio, ferro e manganês com as maiores ordens de grandeza, seguidos de bário, zinco, vanádio e chumbo, enquanto cromo, cobre, níquel e mercúrio tenderam a concentrações mais baixas. Comparativamente, destaca-se que o trabalho de MMA/PETROBRAS/AS/PEG (2002) encontrou concentrações quantificáveis de mercúrio na área do Bloco BM-S-8, o que não foi observado nos estudos recentes do Bloco BM-S-8 e Norte de Carcará.

## 5.1.5 HIDROCARBONETOS

### 5.1.5.1 HIDROCARBONETOS POLICÍCLICOS AROMÁTICOS (HPAS)

Para a caracterização ambiental da Área Norte de Carcará foram analisadas as concentrações dos 16 HPAs prioritários (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(g,h,i)perileno), de dibenzotiofeno e dos homólogos alquilados (1-metilnaftaleno, 2-metilnaftaleno, C2-naftalenos, C3-naftalenos, C4-naftalenos, C1-fluorenos, C2-fluorenos, C1-fenantrenos, C2-fenantrenos, C3-fenantrenos, C2-pirenos e C1-pirenos). Em todas as estações, as concentrações de HPAs estiveram abaixo do limite de quantificação, assim como em BM-S-8 (LQs de HPA total variando entre  $<7,54$  e  $<17,60 \mu\text{g.kg}^{-1}$ , em Área Norte de Carcará e entre  $<4,79$  e  $<9,01 \mu\text{g.kg}^{-1}$ , no Bloco BM-S-8). No **Anexo A**, é possível observar nos laudos laboratoriais os limites das análises de cada HPA analisado.

No estudo de PETROBRAS/HABTEC (2003) também não foram encontradas concentrações de HPAs na região dos Blocos BM-S-8, BM-S-9, BM-S-10, BM-S-11 e BM-S-21, porém, os autores salientaram o emprego de um LQ elevado para a área na ocasião ( $200 \mu\text{g.kg}^{-1}$ ). As análises de HPAs para toda a Bacia de Santos, realizadas por MMA/PETROBRAS/AS/PEG (2002), demonstraram baixas concentrações para a área do Bloco BM-S-8, inferiores a  $20 \mu\text{g.kg}^{-1}$ .

### 5.1.5.2 HIDROCARBONETOS TOTAIS DO PETRÓLEO (HTP)

Os hidrocarbonetos totais de petróleo (HTP) correspondem ao somatório das frações dos hidrocarbonetos resolvidos de petróleo (HRP e isoprenóides fitano e pristano) e a mistura complexa não resolvida (MCNR). Por MCNR entende-se o conjunto de compostos que não pode ser resolvido por cromatografia gasosa, sendo considerada a fração mais biodegradada ou intemperizada dos hidrocarbonetos presentes no meio ambiente, enquanto que HRP refere-se à fração recente, não degradada. A concentração de HTP é um parâmetro usado para avaliação expedita do estado de contaminação ambiental, uma vez que vincula o sedimento às concentrações das frações de hidrocarbonetos saturados e aromáticos do petróleo ou outros resíduos das atividades petrolíferas vertidos sob o substrato marinho (NRC, 1985; VOLKMAN *et al.*, 1992).

Destaca-se a análise dos n-alcenos, que são hidrocarbonetos saturados de cadeia linear que podem ser sintetizados por organismos, sendo os constituintes dominantes dos hidrocarbonetos naturais no ambiente marinho. SALIOT (1981) mencionou que na água do mar os n-alcenos podem ter origem de fontes naturais internas (biomassa oceânica – predominando fitoplâncton, zooplâncton e bactérias), fontes naturais terrestres (predominantemente de vegetais superiores) e fontes antropogênicas (poluição por petróleo e seus derivados).

No presente estudo foram analisadas as concentrações de HTPs, incluindo alifáticos totais, hidrocarbonetos resolvidos de petróleo (HRP) e hidrocarbonetos não resolvidos (MCNR) (ou seja, cadeia de C-10 a C-36, pristano, fitano e somatórios dos n-alcenos, HRP, MCNR e HTP). Para a maioria das estações não foram

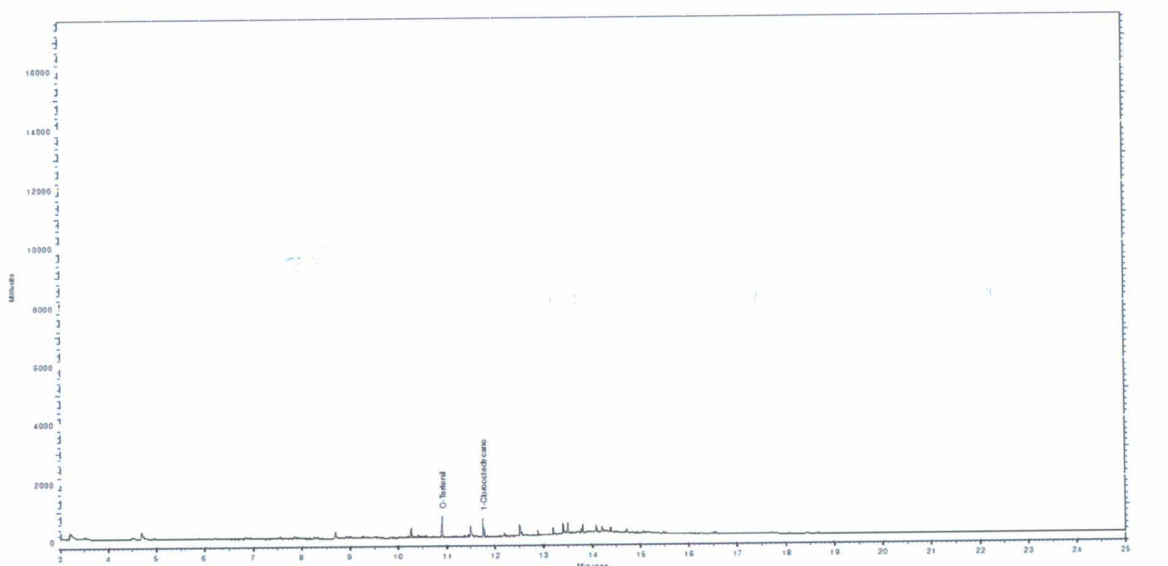


observadas concentrações acima dos limites de quantificação para HTP total (LQs entre <21,90 e <25,60 mg.kg<sup>-1</sup>, na Área Norte de Carcará e <14,3 e <26 mg.kg<sup>-1</sup>, no Bloco BM-S-8– Anexo A). Entretanto, algumas amostras da Área Norte de Carcará e BM-S-8 revelaram resultados de MCNR, HRP e HTP total, acima dos LQ's (Tabela 18).

**TABELA 18 – Resultados obtidos a partir de análises para os parâmetros MCNR, HRP e HTP Total (mg.kg<sup>-1</sup>). Área Norte de carcará e Bloco BM-S-8.**

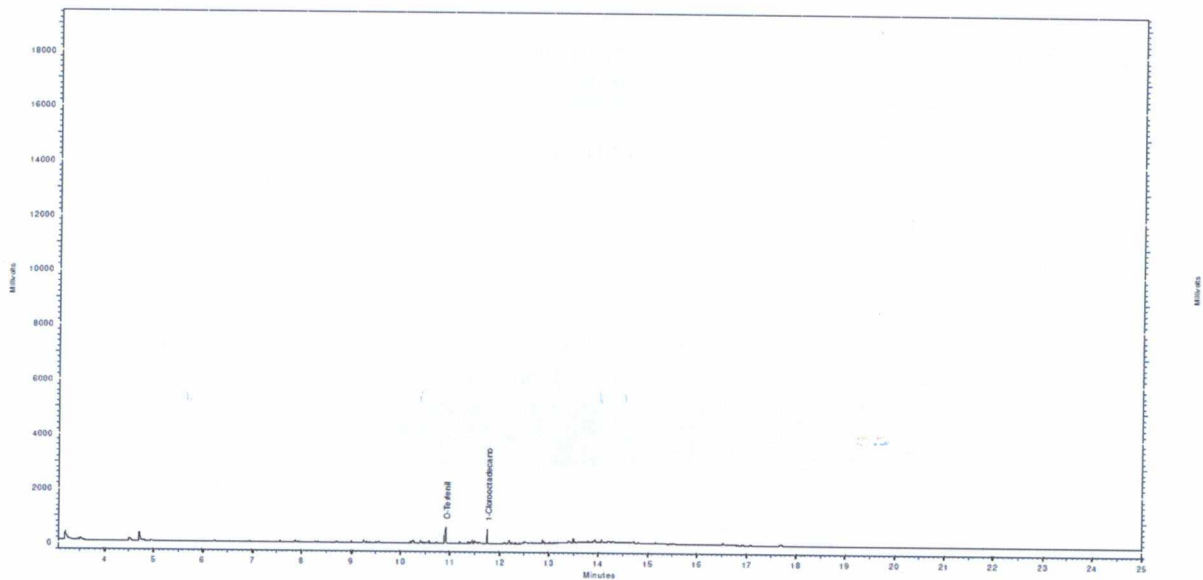
Estudo	Amostra	Parâmetros		
		MCNR	HRP	TPH Total
Área Norte de Carcará	2B	23,5	8,09	31,6
	5A	18,0	5,01	23,0
BM-S-8	3C	342,5	37,6	380,1

As Figuras 28 e 29 apresentam os perfis cromatográficos das amostras 2B e 5A, onde verificam-se picos resolvidos. A presença mais significativa de MCNR (razões MCNR/HRP = 2,90 e 3,59, nas amostras 2B e 5A, respectivamente) não pode ser associada a contaminação por atividades de produção na área (mesmo que pontual remanescente de atividade petrogênica antiga), pois não foram encontrados compostos individualizados. VOLKMAN *et. al.* (1992) destacaram concentrações acima de 100 mg.kg<sup>-1</sup> como características de regiões impactadas, o que não foi o caso no atual estudo. Os valores encontrados em apenas uma réplica de duas estações podem remeter a contaminações antigas, porém por serem isolados e as contaminações não serem ratificadas por nenhum outro parâmetro (como COT, HPA ou biomarcadores) podem ser considerados não representativos da região ou até estarem associados a erros analíticos. O fato de compostos individuais terem se mantido abaixo do limite de quantificação inviabiliza uma análise mais detalhada da origem dessas concentrações.



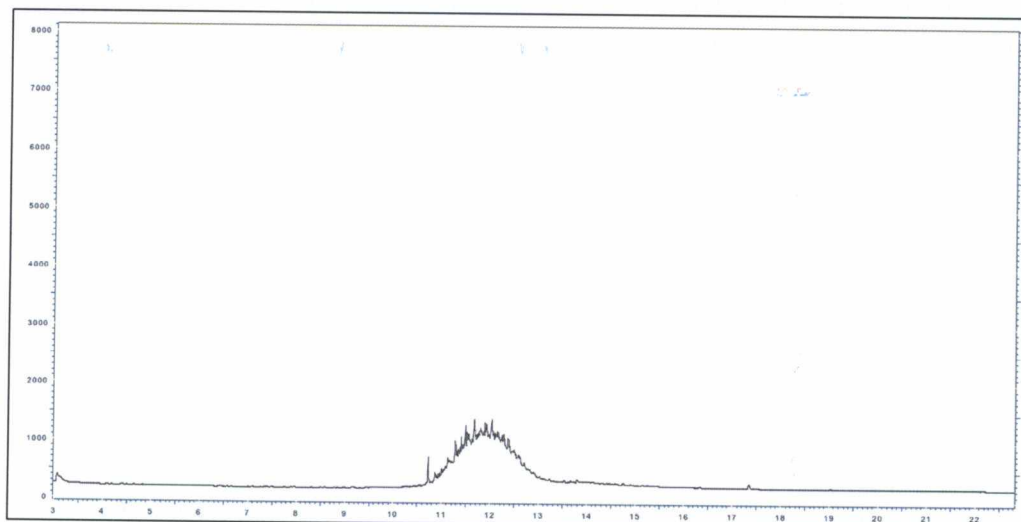
**FIGURA 28 – Perfil cromatográfico da amostra 2B, analisada durante a caracterização ambiental da Área Norte de Carcará.**





**FIGURA 29 - Perfil cromatográfico da amostra 5A, analisada durante a caracterização ambiental da Área Norte de Carcará.**

Estudos pretéritos apontam que já foram encontradas concentrações de HTPs na região dos Blocos BM-S-8, BM-S-9, BM-S-10, BM-S-11 e BM-S-21, como mostra a **Figura 30** abaixo, com destaque para a amostra 3C do Bloco BM-S-8 (STATOIL/AECOM, 2017; PETROBRAS/HABTEC, 2003). PETROBRAS/HABTEC (2003) salientaram, ainda, que não foram encontradas concentrações de MCNR em nenhuma das estações avaliadas e apresentaram as concentrações de n-alcenos totais, porém, embora as mesmas tenham variado entre  $<7,00$  e  $286 \mu\text{g.kg}^{-1}$ , mantiveram-se abaixo do LQ nas estações 2, 3 e 5, daquele estudo. Segundo BOULOUBASSI& SALIOT (1993), uma contribuição maior de MCNR em relação a HRP sugere um processo de degradação dos hidrocarbonetos petrogênicos.



**FIGURA 30 - Perfil cromatográfico da amostra 3C, analisada durante a caracterização ambiental do Bloco BM-S-8.**



### 5.1.6 BIOMARCADORES

Biomarcadores são compostos orgânicos, oriundos de moléculas de organismos vivos que durante a maturação sofreram modificações (BARRICH & HEDGES, 1981 *apud* FARIAS, 2006). Os biomarcadores do petróleo correspondem a uma parcela dos cicloalcanos, hidrocarbonetos do petróleo, assim como os n-alcenos, isoalcanos e aromáticos. Os biomarcadores, marcadores biológicos ou fósseis geoquímicos são divididos em terpanos, hopanos e esteranos, podendo ser encontrados em óleos, rochas e sedimentos (EGLINTON; CALVIN, 1967; COIMBRA, 2006). Tais constituintes tem sido utilizados em diversos estudos ambientais em função da sua alta resistência à degradação (MOLDOWAN et al., 1992).

O perfil de distribuição destes compostos, presentes em uma determinada amostra, pode refletir o paleoambiente em que foram depositados. A composição dos biomarcadores sofre a influência também do aporte de matéria orgânica (marinha ou continental) e das suas transformações, como maturação e biodegradação. As análises de biomarcadores fornecem informações sobre a origem da matéria orgânica presente nos sedimentos e podem indicar evolução térmica, nível de biodegradação dos sedimentos e contribuições de alguns tipos de organismos (WAPLES; MACHIHARA, 1991; KILLOPS *et al.*, 1994; SARMIENTO *et al.*, 2011).

A análise dos biomarcadores por cromatografia observa principalmente a geração de fragmentogramas dos íons  $m/z$  191 (por terpanos e hopanos) e  $m/z$  217 (pelos esteranos) em perfis cromatográficos. A análise vem sendo utilizada na área ambiental principalmente para análise de origem de óleo, seja diretamente no óleo ou sedimento de regiões possivelmente contaminadas (*e. g.*, KILLOPS *et al.*, 1994, COIMBRA, 2006; LIMA *et al.*, 2007; SPRINGER, 2007; BARRAGAN, 2012). Para a atual campanha *Baseline* em especial é importante conhecer os valores basais atuais da área de estudo e destacar razões que possam caracterizar a origem do sedimento no meio e até possíveis contaminações pretéritas.

Os resultados das razões entre os compostos aqui identificados revelaram baixas concentrações de biomarcadores. Os valores apresentados são similares aqueles obtidos com as análises do lavantamento do Bloco BM-S-8, salvo poucas exceções, onde determinadas razões destacaram-se mais do que outras. As proporções entre C27 e C29, por exemplo, foram ligeiramente diferentes quando comparadas as duas campanhas. De uma forma geral, na Área Norte de Carcará, houve predomínio de C29, enquanto em BM-S-8, a média geral de C27 foi superior a de C29 (**Tabelas 19, 20 e 21**). Entre os esteranos, a proporção entre C27, C28 e C29 pode indicar diferenças na origem do sedimento, sendo o predomínio de C27 sobre C28 e C29 associado a organismos do fitoplâncton e zooplâncton e o predomínio de C29 associado a vegetais superiores (WHELAN & FARRINGTON, 1992; COLLINA, 2011; BARRAGAN, 2012; VECCHIA, 2009). Destaca-se que o esterano C28 é geralmente encontrado em menor abundância e indica algas mais específicas, principalmente lacustres (BARRAGAN, 2012).

As características e a origem do sedimento de uma determinada região podem ser inferidas também através da razão entre hopanos/esteranos, onde valores maiores do que 7 remetem a sedimentos terrígenos (BARRAGAN, 2012). Os valores de  $Ts/(Ts+Tm)$  baixos indicam ambientes óxidos, provavelmente associados a rochas carbonáticas, enquanto valores maiores indicariam ambientes anóxicos, com origem associada a ambientes hipersalinos (COLLINA, 2011). O sedimento analisado neste estudo apresentou

tendência geral de baixos valores de  $Ts/(Ts+Tm)$ , assim como os resultados reportados em BM-S-8 (Tabelas 20 e 21).

**Tabela 19 – Códigos das razões entre biomarcadores orgânicos identificados no sedimento marinho durante a caracterização ambiental da Área Norte de Carcará.**

Códigos	Razões
Tri/Hopanos	Tetracíclicos / Hopanos (Pentacíclicos)
TS/TS+TM	$18\alpha(H)-22,29,30\text{-trisorneohopano C27} / 18\alpha(H)-22,29,30\text{-trisorneohopano C27} + 17\alpha(H)-22,29,30\text{-trisorhopano C27}$
Norneo/H29	$18\alpha\text{-30-norneohopano} / 17\alpha(H), 21\beta(H)\text{-30-norhopano C29}$
H28/H30	$17\alpha(H), 21\beta(H)\text{-28,30-bisorhopano} / 17\alpha(H), 21\beta(H)\text{-hopano C30}$
H29/H30	$17\alpha(H), 21\beta(H)\text{-30-norhopano C29} / 17\alpha(H), 21\beta(H)\text{-hopano C30}$
OL/H30	Oleanano / $17\alpha(H), 21\beta(H)\text{-hopano C30}$
GAM/H30	Gamacerano C30 / $17\alpha(H), 21\beta(H)\text{-hopano C30}$
H35/H34	$17\alpha(H), 21\beta(H)\text{-30-pentakishomohopano} + 17\alpha(H), 21\beta(H)\text{-30-pentakishomohopano} / 17\alpha(H), 21\beta(H)\text{-30-tetrakishomohopano} + 17\alpha(H), 21\beta(H)\text{-30-tetrakishomohopano}$
25NOR/HOP	$25,28,30\text{-trisorhopano} / \text{Hopanos}$
TET24/26Tri	Terpano Tetracíclico C24 / Terpano Tricíclico C26
21/23Tri	Terpano Tricíclico C21 / Terpano Tricíclico C23
26/25Tri	Terpano Tricíclico C26 / Terpano Tricíclico C25
20S/(20S+20R)	$[C29\alpha\alpha S] / [C29\alpha\alpha S + C29\alpha\alpha R]$ (m/z 217)
bb/(aa+bb)	$[C29\alpha\beta(R+S)] / [C29\alpha\beta(R+S) + C29\alpha\alpha(R+S)]$ (m/z 217)
% - 27	$[C27\alpha\beta(S+R)] / [C27\alpha\beta(S+R) + C28\alpha\beta(S+R) + C29\alpha\beta(S+R)] \times 100$
% - 28	$[C28\alpha\beta(S+R)] / [C27\alpha\beta(S+R) + C28\alpha\beta(S+R) + C29\alpha\beta(S+R)] \times 100$
% - 29	$[C29\alpha\beta(S+R)] / [C27\alpha\beta(S+R) + C28\alpha\beta(S+R) + C29\alpha\beta(S+R)] \times 100$
DIA/REG Chol	Diasteranos / Esteranos Regulares

4

**TABELA 20 – Biomarcadores orgânicos (terpanos e esteranos) e razões entre os compostos no sedimento marinho durante a caracterização ambiental da Área Norte de Carcará.**

Biomarcadores e Razões	1				2				3						
	1A	1B	1C	Med	DesvPad	2A	2B	2C	Med	DesvPad	3A	3B	3C	Med	DesvPad
Hopanos/Esteranos	11,28	10,13	7,73	9,71	1,81	10,24	8,11	10,08	9,48	1,19	7,87	9,18	9,48	8,84	0,86
Tri/Hopanos	0,16	0,22	0,20	0,19	0,03	0,17	0,21	0,19	0,19	0,02	0,26	0,21	0,19	0,22	0,04
TS/TS+TM	0,56	0,34	0,40	0,43	0,11	0,32	0,38	0,34	0,35	0,03	0,34	0,31	0,33	0,33	0,02
Nomeo/H29	0,20	0,27	0,25	0,24	0,04	0,27	0,20	0,29	0,25	0,05	0,25	0,24	0,24	0,24	0,01
H28/H30	0,03	0,05	0,05	0,04	0,01	0,05	0,05	0,04	0,05	0,01	0,05	0,05	0,06	0,05	0,01
H29/H30	0,73	0,38	0,63	0,58	0,18	0,53	0,59	0,47	0,53	0,06	0,62	0,55	0,57	0,58	0,04
OL/H30	0,04	0,03	0,03	0,03	0,01	0,05	0,04	0,04	0,04	0,01	0,04	0,04	0,04	0,04	0,00
GAM/H30	0,17	0,14	0,13	0,15	0,02	0,15	0,15	0,15	0,15	0,00	0,16	0,15	0,14	0,15	0,01
H35/H34	0,97	0,79	0,86	0,87	0,09	0,81	0,84	0,81	0,82	0,02	0,81	0,76	0,82	0,80	0,03
25NOR/HOP	0,14	0,80	0,71	0,55	0,36	0,62	0,31	0,56	0,50	0,16	0,76	0,75	0,83	0,78	0,04
TET24/26Tri	0,36	0,31	0,56	0,41	0,13	0,19	0,26	0,25	0,23	0,04	0,30	0,23	0,28	0,27	0,04
21/23Tri	0,39	0,65	0,70	0,58	0,17	0,35	0,37	0,39	0,37	0,02	0,74	0,44	0,40	0,53	0,19
26/25Tri	1,31	0,83	1,13	1,09	0,24	1,27	1,40	1,02	1,23	0,19	1,28	1,33	1,25	1,29	0,04
20S/(20S+20R)	0,58	0,59	0,53	0,57	0,03	0,64	0,63	0,61	0,63	0,02	0,58	0,62	0,61	0,60	0,02
bb/(aa+bb)	0,49	0,38	0,45	0,44	0,06	0,40	0,50	0,39	0,43	0,06	0,42	0,42	0,42	0,42	0,00
%C27	30,92	37,69	37,30	35,30	3,80	32,96	30,79	32,72	32,16	1,19	35,71	29,97	34,79	33,49	3,08
%C28	23,23	27,23	21,27	23,91	3,04	22,81	22,99	26,74	24,18	2,22	23,35	25,87	23,59	24,27	1,39
%C29	45,85	35,08	41,43	40,79	5,41	44,23	46,22	40,53	43,66	2,89	40,94	44,16	41,61	42,24	1,70
DIA/REG Chol	0,74	0,61	0,61	0,65	0,08	0,70	0,65	0,55	0,63	0,08	0,65	0,71	0,67	0,68	0,03

Continua

Biomarcadores e Razões	4					5				
	4A	4B	4C	Med	DesvPad	5A	5B	5C	Med	DesvPad
Hopanos/Esteranos	9,32	6,59	7,28	7,73	1,42	6,35	6,94	9,02	7,44	1,40
Tri/Hopanos	0,26	0,21	0,23	0,23	0,03	0,22	0,22	0,16	0,20	0,03
TS/TS+TM	0,32	0,42	0,39	0,38	0,05	0,42	0,40	0,44	0,42	0,02
Normeo/H29	0,27	0,24	0,21	0,24	0,03	0,22	0,25	0,37	0,28	0,08
H28/H30	0,06	0,05	0,03	0,05	0,02	0,03	0,03	0,03	0,03	0,00
H29/H30	0,57	0,66	0,67	0,63	0,06	0,68	0,64	0,62	0,65	0,03
OL/H30	0,04	0,05	0,05	0,05	0,01	0,04	0,06	0,02	0,04	0,02
GAM/H30	0,17	0,14	0,14	0,15	0,02	0,16	0,15	0,14	0,15	0,01
H35/H34	0,78	0,89	0,92	0,86	0,07	0,82	0,92	0,78	0,84	0,07
25NOR/HOP	0,71	0,30	0,29	0,43	0,24	0,36	0,31	0,35	0,34	0,03
TET24/26Tri	0,17	0,32	0,33	0,27	0,09	0,40	0,28	0,33	0,34	0,06
21/23Tri	0,48	0,31	0,30	0,36	0,10	0,43	0,38	0,72	0,51	0,18
26/25Tri	1,12	1,38	1,24	1,25	0,13	1,44	1,43	0,86	1,24	0,33
20S/(20S+20R)	0,66	0,55	0,59	0,60	0,06	0,53	0,57	0,56	0,55	0,02
bb/(aa+bb)	0,40	0,52	0,51	0,48	0,07	0,52	0,52	0,43	0,49	0,05
%C27	31,21	31,13	31,63	31,32	0,27	23,28	31,60	28,29	27,72	4,19
%C28	22,57	22,33	21,81	22,24	0,39	26,59	24,42	28,49	26,50	2,04
%C29	46,22	46,55	46,57	46,45	0,20	50,13	43,98	43,23	45,78	3,79
DIA/REG Chol	0,65	0,66	0,63	0,65	0,02	0,71	0,65	0,38	0,58	0,18



**TABELA 21 – Comparação das médias gerais dos valores de cada biomarcador orgânico (terpanos e esteranos) e razões entre os compostos no sedimento marinho obtidas durante a caracterização ambiental da Área Norte de Carcará e do Bloco BM-S-8**

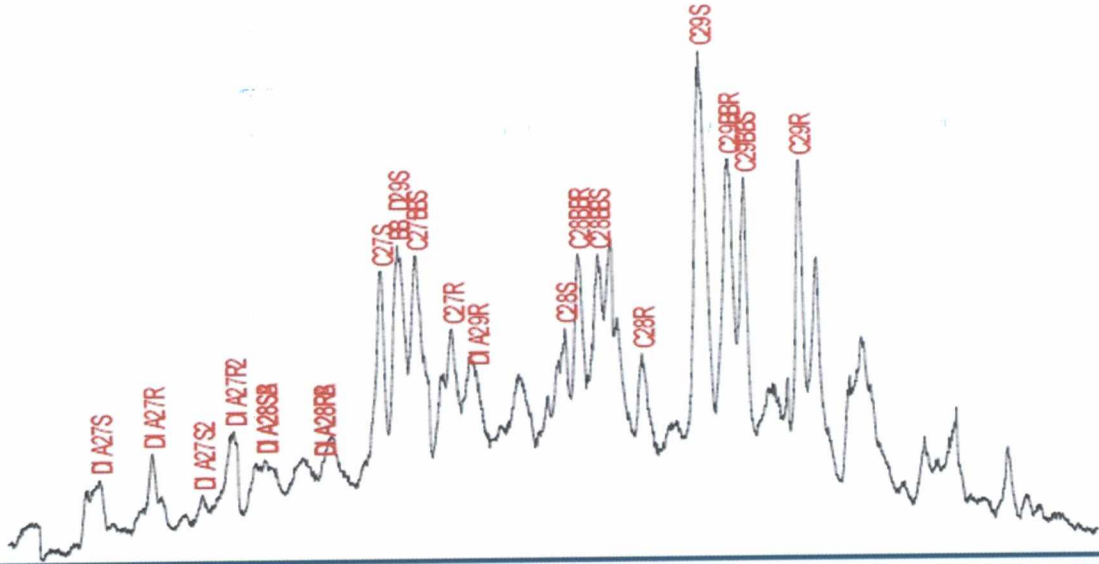
Biomarcadores e Razões	Área Norte de Carcará	BM-S-8
Hopanos/Esteranos	8,64	9,03
Tri/Hopanos	0,21	0,32
TS/TS+TM	0,38	0,30
Norneo/H29	0,25	0,23
H28/H30	0,04	0,05
H29/H30	0,59	0,60
OL/H30	0,04	0,08
GAM/H30	0,15	0,18
H35/H34	0,84	0,69
25NOR/HOP	0,52	0,84
TET24/26Tri	0,30	0,27
21/23Tri	0,47	1,35
26/25Tri	1,22	1,16
20S/(20S+20R)	0,59	0,52
bb/(aa+bb)	0,45	0,38
%C27	32,00	45,32
%C28	24,22	17,57
%C29	43,78	37,11
DIA/REG Chol	0,64	0,60

Os terpanos (fragmentograma m/z 191) apresentaram um comportamento bastante similar ao longo das estações mantendo a mesma tendência geral, com exceção apenas de uma réplica da estação 5 (5C). Para esse mesmo grupo (terpanos), observou-se também dois picos bem definidos recorrentes em todas as amostras e outros picos menos expressivos variando entre as amostras na faixa dos hopanos (que podem ser interpretados como interferentes na análise). Já os esteranos (fragmentograma m/z 217) exibiram uma maior variação dos resultados entre as estações e amostras, algumas réplicas apresentaram comportamento mais linear que outras, com quantidade de picos variáveis. Vale ressaltar que, assim como em BM-S-8, o baixo nível de concentração de hidrocarbonetos encontrados na Área Norte de Carcará pode ter dificultado a quantificação, comprometendo o fracionamento do extrato e sua posterior pesagem e deixando a análise mais suscetível a interferentes (**Figura 31; Anexo A**).



Amostra 5C

m/z217 chromatogram



Amostra 2A

m/z217 chromatogram

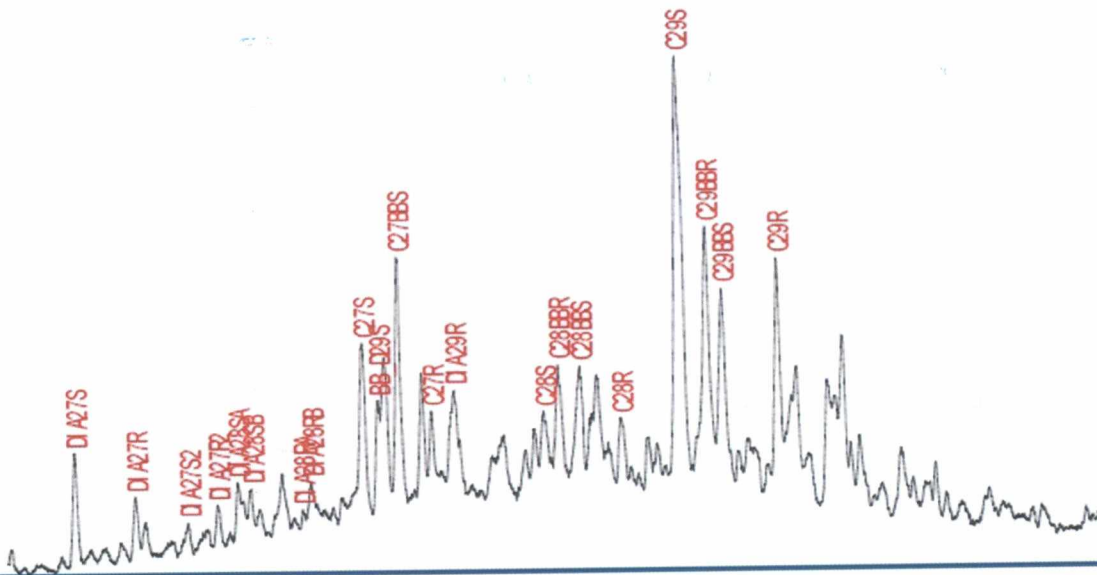
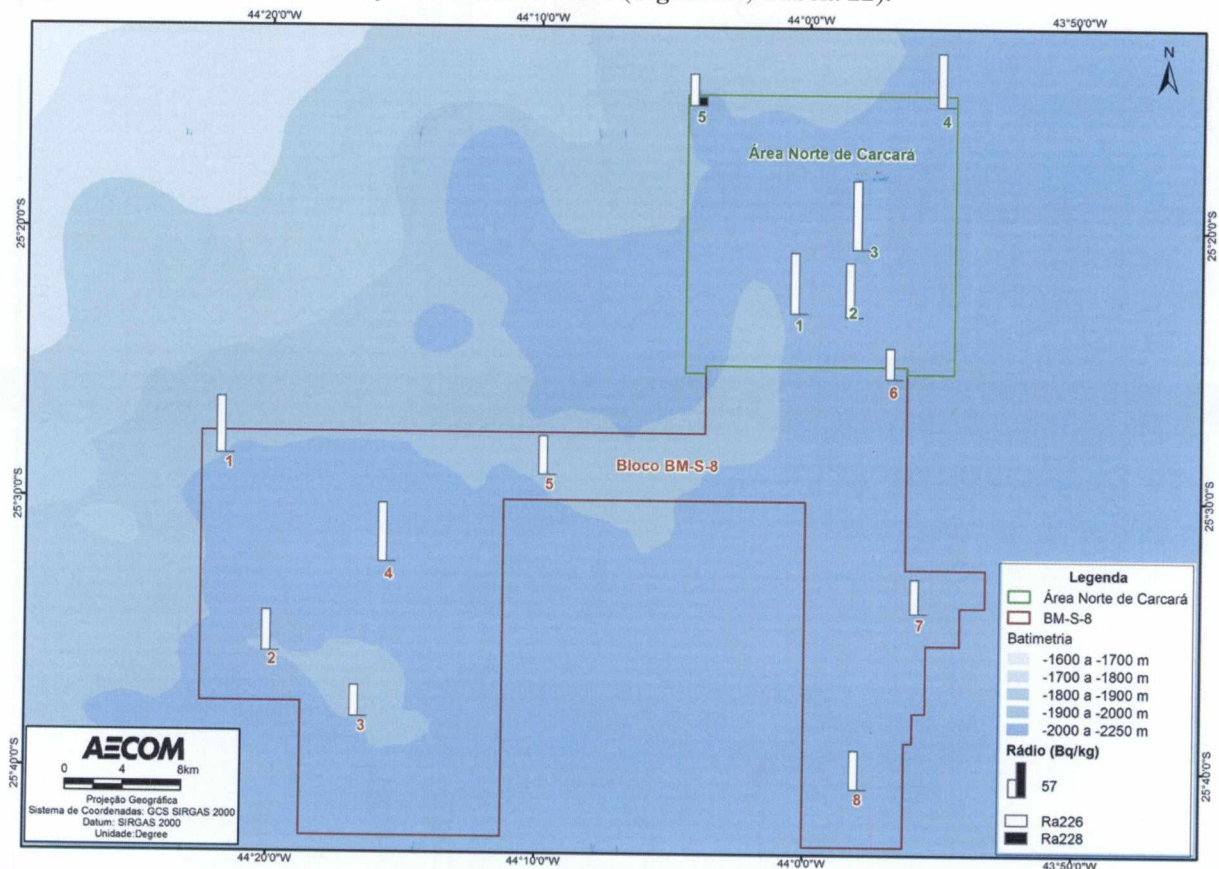


Figura 31 – Exemplos dos cromatogramas observados nas estações amostradas durante a caracterização ambiental da Área Norte de Carcará.



### 5.1.7 RADIONUCLÍDEOS

Os isótopos de rádio (Ra) são empregados como traçadores de processos nos ambientes marinhos/costeiros e encontram-se dissolvidos na água dos oceanos, sendo introduzidos no sedimento na interface com as águas de fundo (MOURA, 2015). Algumas espécies de fito e zooplâncton podem acumular o isótopo  $^{226}\text{Ra}$  em diferentes concentrações (7300 e 860, respectivamente) e o mesmo pode acabar retornando ao sedimento a partir do plâncton em zonas biologicamente produtivas (PENTREATH, 1984; KOIDE et al.(1976) apud COSTA(2016). Os isótopos  $^{226}\text{Ra}$  e  $^{228}\text{Ra}$  são os isótopos de rádio mais abundantes nos oceanos, pois possuem meia-vida mais longa que outros isótopos naturais de rádio e são oriundos dos decaimentos dos isótopos naturais mais abundantes,  $^{238}\text{U}$  e  $^{232}\text{Th}$ . Em geral, as amostras das estações da Área Norte de Carcará exibiram concentrações de  $^{226}\text{Ra}$  relativamente superiores àquelas observadas no Bloco BM-S-8. A média total de  $^{226}\text{Ra}$  no atual estudo foi de  $88,76 \text{ Bq.Kg}^{-1}$ , enquanto em BM-S-8 o valor médio foi de  $67,82 \text{ Bq.Kg}^{-1}$ . Já o isótopo  $^{228}\text{Ra}$  foi diagnosticado apenas em uma amostra da Área Norte de Carcará (5A, uma réplica) e não foi quantificado em nenhuma estação do Bloco BM-S-8 (Figura 32; Tabela 22).



**Figura 32 – Concentrações médias de  $^{226}\text{Ra}$  e  $^{228}\text{Ra}$  ( $\text{Bq.kg}^{-1}$ ) nas estações amostradas durante a caracterização ambiental da Área Norte de Carcará e do Bloco BM-S-8.**

De acordo com a literatura, a semelhança química entre o bário e o rádio auxilia na interpretação dos resultados de uma determinada região, já que eles tendem a sofrer as mesmas influências no ambiente marinho (BROECKER & PENG (1982) apud COSTA; 2016). As razões de  $^{226}\text{Ra}/\text{Ba}$  costumam ser constantes em águas oceânicas, o que pode ser notado em praticamente todos os resultados aqui

*Handwritten signature*



apresentados, tanto na região do Bloco BM-S-8 (exceto estação 7 e uma amostra da estação 3), quanto na Área Norte de Carcará (**Tabela 23**).

Os resultados de <sup>226</sup>Ra e <sup>228</sup>Ra da Área Norte de Carcará são coerentes com os valores já reportados em levantamentos pretéritos da Bacia de Santos e enquadram-se em níveis de *background* locais. A amostra 5A do atual estudo pode ser considerada uma amostra isolada (*outlier*), já que representa a única réplica com valor de <sup>228</sup>Ra quantificável e acima do comumente encontrado na região (STATOIL/AECOM, 2017; COSTA, 2016; VERGUERÍA et al., 2002).

**TABELA 22 – <sup>226</sup>Ra e <sup>228</sup>Ra (Bq.kg<sup>-1</sup>) nas estações amostradas durante a caracterização ambiental da Área Norte de Carcará e do Bloco BM-S-8.**

Estação	Ra226			Média	DP	Ra228*			Média	DP	Estudo
	A	B	C			A	B	C			
1	105,00	72,10	122,00	99,70	25,37	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	Área Norte de Carcará
2	105,00	73,10	90,90	89,67	15,99	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
3	137,00	128,00	76,50	113,83	32,64	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
4	73,30	128,00	63,80	88,37	34,65	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
5	41,90	65,60	49,20	52,23	12,14	41,70	0,00	0,00	13,90	24,08	
1	92,10	87,40	100,00	93,17	6,37	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	Bloco BM-S-8
2	64,20	70,70	66,40	67,10	3,31	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
3	17,10	82,00	55,90	51,67	32,66	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
4	73,50	64,80	151,00	96,43	47,46	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
5	73,50	64,10	52,40	63,33	10,57	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
6	65,60	29,40	56,70	50,57	18,86	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
7	58,00	47,70	64,00	56,57	8,24	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
8	61,40	59,80	70,00	63,73	5,49	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	

\*Ressalta-se que os valores que estiveram abaixo do limite de quantificação foram representados como 0 (zero), para obtenção dos valores de média e desvio padrão das estações onde alguns resultados foram quantificáveis.

**TABELA 23 – Valores de <sup>226</sup>Ra/Ba e <sup>228</sup>Ra/Ba durante a caracterização ambiental do Bloco BM-S-8.**

Estação	<sup>226</sup> Ra/Ba			<sup>228</sup> Ra/Ba			Estudo
	A	B	C	A	B	C	
1	0,97	0,80	1,06	0,00	0,00	0,00	Área Norte de Carcará
2	0,82	0,63	0,75	0,00	0,00	0,00	
3	1,71	1,28	0,72	0,00	0,00	0,00	
4	0,94	1,61	0,67	0,00	0,00	0,00	
5	0,54	0,70	0,55	0,54	0,00	0,00	
1	1,33	1,11	1,42	0,00	0,00	0,00	Bloco BM-S-8
2	0,98	0,96	0,87	0,00	0,00	0,00	
3	0,22	1,39	0,63	0,00	0,00	0,00	
4	0,96	1,02	1,75	0,00	0,00	0,00	
5	1,22	1,11	0,90	0,00	0,00	0,00	
6	1,34	1,03	1,05	0,00	0,00	0,00	
7	0,75	0,48	0,69	0,00	0,00	0,00	
8	1,09	1,56	1,34	0,00	0,00	0,00	

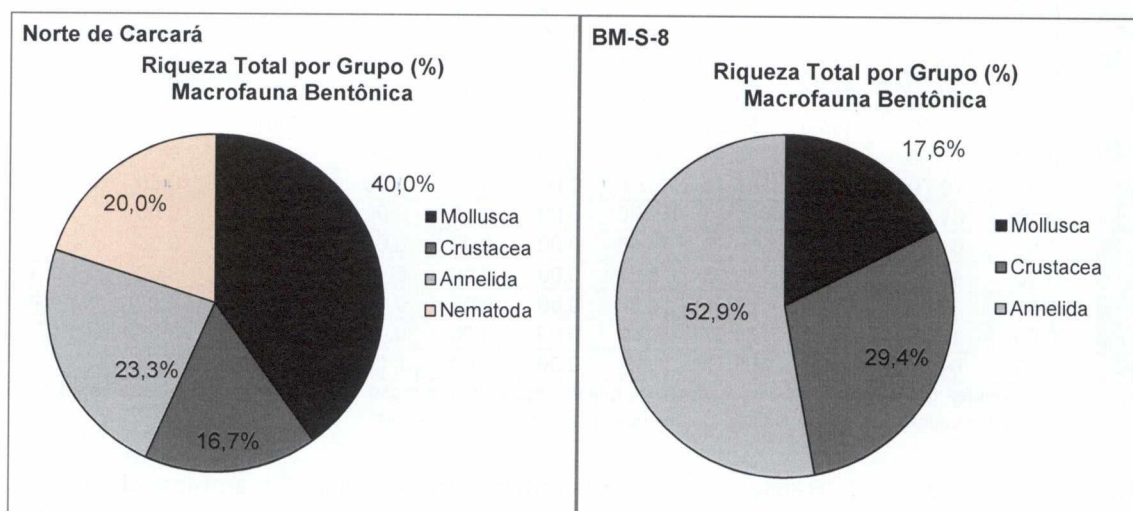
\*Ressalta-se que os valores que estiveram abaixo do limite de quantificação foram representados como 0 (zero), para obtenção dos valores de média e desvio padrão das estações onde alguns resultados foram quantificáveis.

AP

## 5.2 MACROFAUNA BENTÔNICA

### 5.2.1 ANÁLISE QUALITATIVA

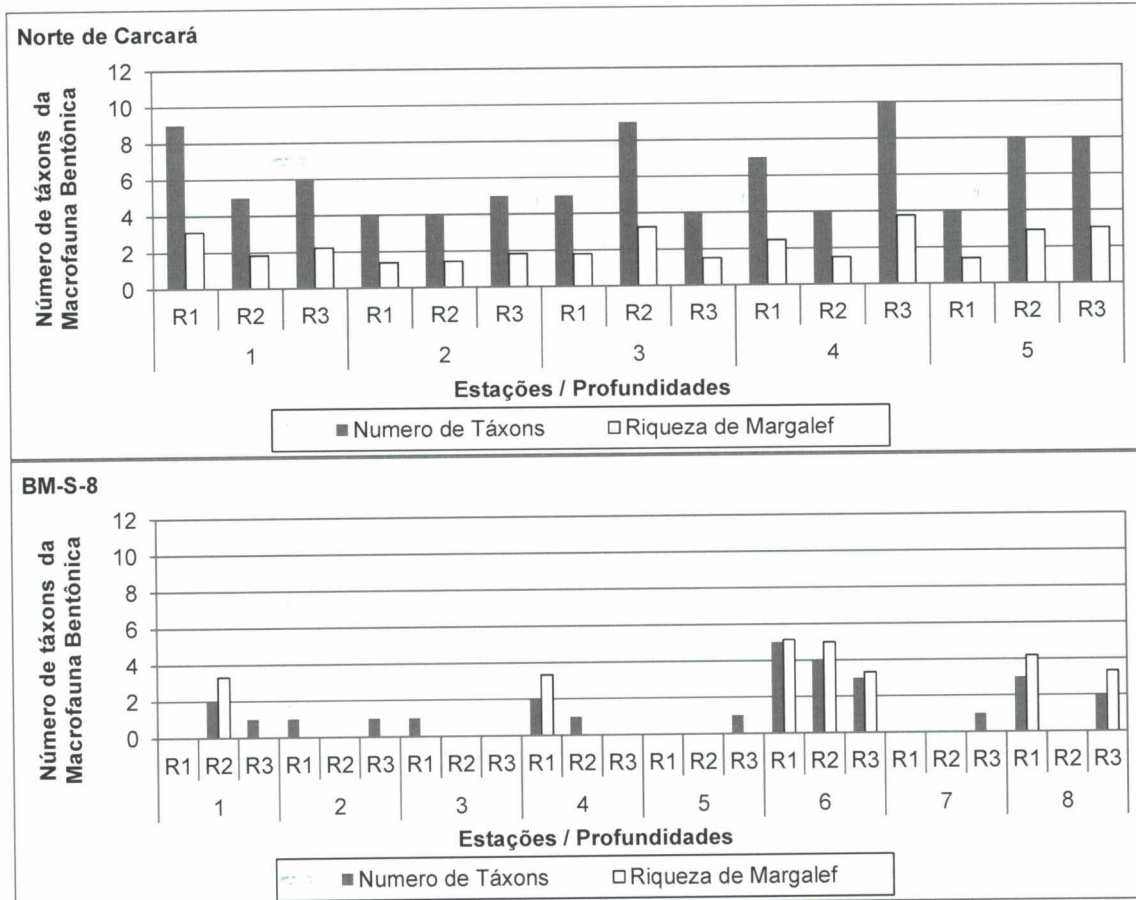
As análises da macrofauna bentônica do presente estudo identificaram 30 táxons distintos (**Anexo B**). A comunidade de macrobentos da Área Norte de Carcará é composta por quatro grupos principais, representados pelos filos Mollusca, Annelida, Nematoda e pelo Subfilo Crustacea, com contribuições em número de táxons de 40%, 23,3%, 20% e 16,7%, respectivamente (**Figura 33**). A comparação com estudos pretéritos realizados na região do Bloco BM-S-8 e proximidades revela uma maior riqueza de táxons na Área Norte de Carcará. O estudo do Bloco BM-S-8 identificou 17 táxons e o de PETROBRAS/HABTEC (2003), 22 táxons distintos na região dos Blocos BM-S-08, BM-S-09, BM-S-10, BM-S-11 e BM-S-21. Diferente do observado no BM-S-8, onde o grupo Annelida foi dominante, a macrofauna bentônica da Área Norte de Carcará é composta, majoritariamente, por indivíduos pertencentes ao grupo Mollusca. No entanto, observa-se a dominância dos grupos Mollusca e Annelida, de forma alternada, nas duas áreas analisadas.



**FIGURA 33 – Contribuição (%) por grupo na riqueza (nº de táxons) dos organismos da macrofauna bentônica durante a caracterização ambiental da Área Norte de Carcará e do Bloco BM-S-8.**

As análises laboratoriais de macrofauna bentônica revelaram a presença de indivíduos em todas as amostras coletadas na Área Norte de Carcará (**FIGURA 34**). Além da riqueza contabilizada a partir do número de táxons distintos, que oscilou de 4 a 10 táxons por amostra, foi calculada também a riqueza de Margalef, citada como diversidade de Margalef, que pondera o número de táxons distintos em relação ao número total de indivíduos da amostra. Os valores da riqueza de Margalef variaram entre 1,38 e 3,75. A distribuição taxonômica do macrobentos da Área Norte de Carcará é mais rica e homogênea que a visualizada no BM-S-8. A análise dos dois estudos mostra certa semelhança entre os resultados da estação 6 de BM-S-8 e aqueles obtidos na Área Norte de Carcará (**Figura 34**). Tal fato pode estar associado à localização da estação 6, que encontra-se bem próxima aos pontos amostrados na atual região de estudo.

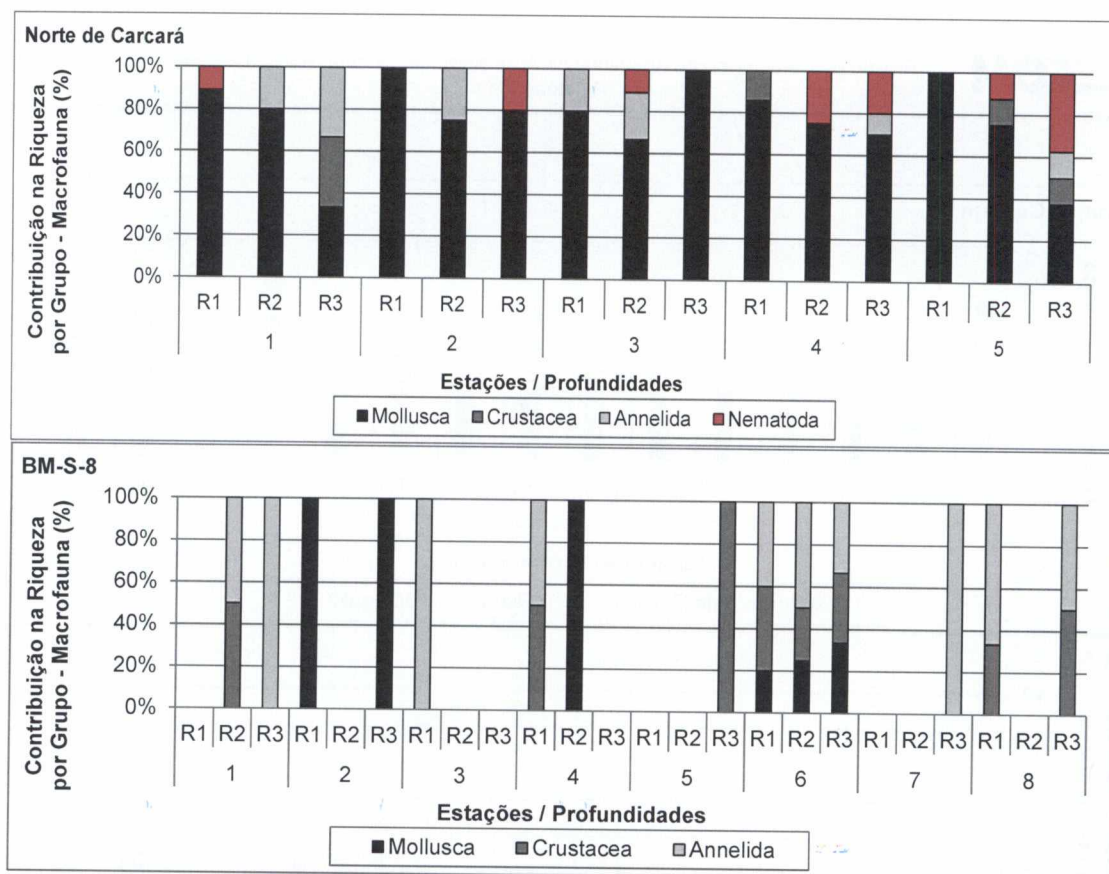




**FIGURA 34 – Riqueza (nº de táxons) e riqueza de Margalef dos organismos da macrofauna bentônica em cada estação durante a caracterização ambiental da Área Norte de Carcará e do Bloco BM-S-8.**

O Filo Mollusca representou o grupo mais significativo na distribuição taxonômica das estações da Área Norte de Carcará, correspondendo, em algumas amostras, a 100 % dos indivíduos encontrados (réplicas 1, 3 e 1, das estações 1, 3 e 5, respectivamente). Os moluscos também foram majoritários em determinadas amostras analisadas no BM-S-8 (réplicas 1 e 3, da estação 2 e réplica 2 da estação 4). Diversos trabalhos na costa do Brasil, inclusive na Bacia de Santos, também apontaram para a dominância do Filo Mollusca em águas profundas, como, por exemplo, o estudo de BENKENDORFER & ABÍLIO (2009). Os autores também identificaram a espécie *Seguenziapala*, extremamente representativa no presente estudo (Figura 35).





**FIGURA 35 – Contribuição (%) por grupo na riqueza (nº de táxons) dos organismos da macrofauna bentônica em cada estação durante a caracterização ambiental da Área Norte de Carcará e do Bloco BM-S-8.**

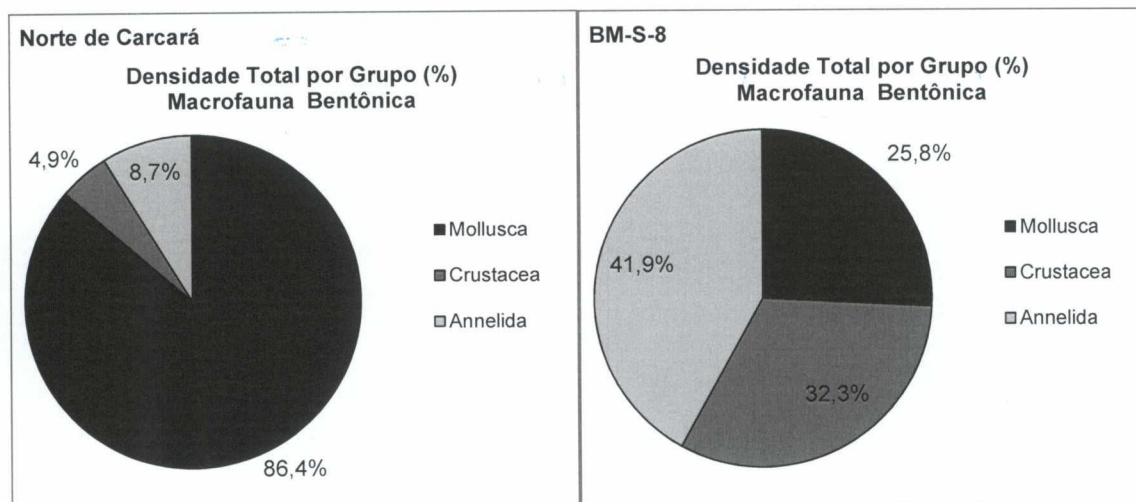
Em relação à frequência de ocorrência dos táxons, eles foram pouco frequentes, já que a maioria deles ocorreu em menos de 10% das amostras analisadas. Apenas 2 táxons ocorreram em mais de 70% dos pontos analisados, *Seguenziahapala* e o *Tindariopsisaeolata*, ambos pertencentes ao Filo Mollusca. De acordo com BENKENDORFER & SOARES-GOMES (2009) a espécie do gênero *Seguenziahapala* é muito frequente em águas profundas (de 1540 a 3450 m).

Assim como no presente estudo, em BM-S-8, os táxons também foram pouco frequentes, apenas 5 táxons foram observados em mais de uma estação, o Mollusca bivalve *Malletiadilatata*, o crustáceo anfípoda *Atlantapseudes cf. brasiliensis*, os Annelida poliquetas *Ampharetidae gen., Tharyx sp.* e *EPhyllococidae*.

### 5.2.2 ANÁLISE QUANTITATIVA

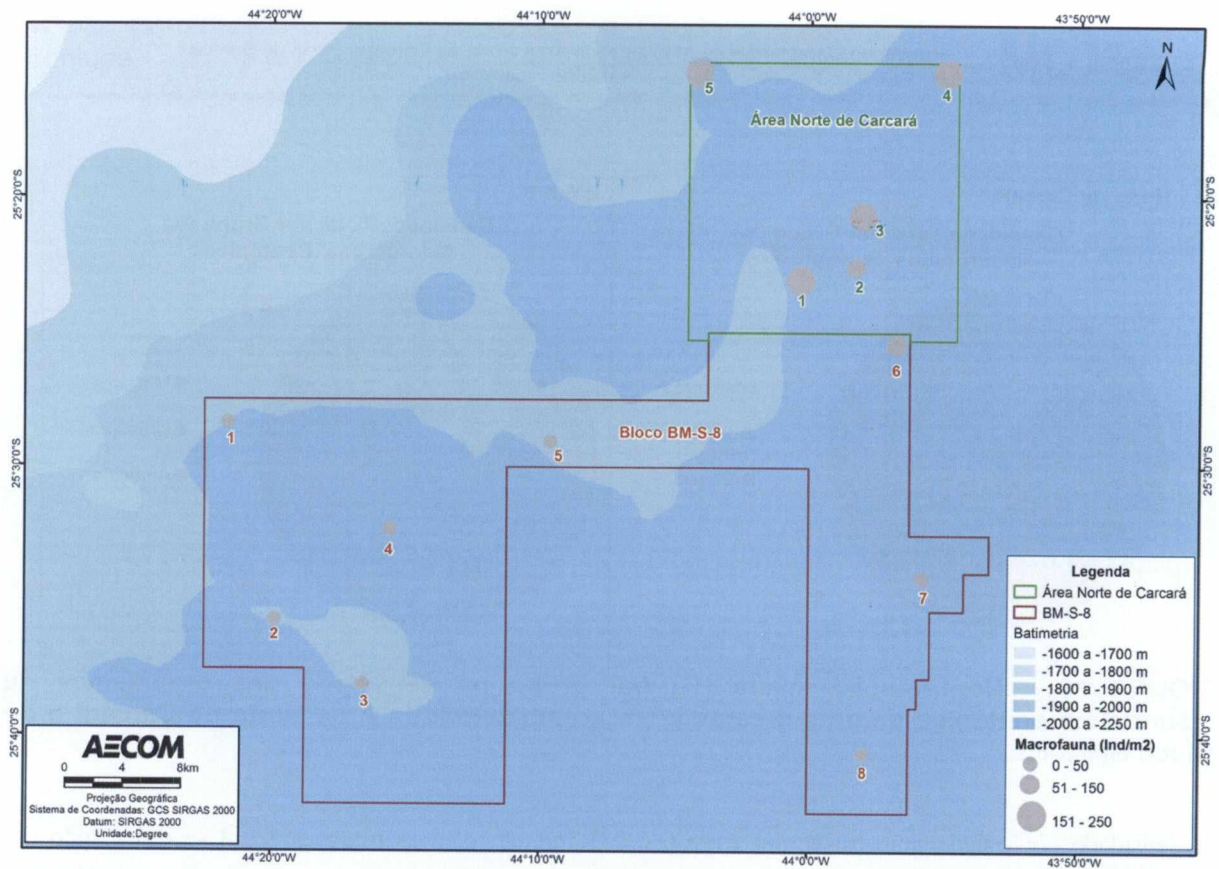
Assim como observado nos dados qualitativos, a análise quantitativa das amostras também evidenciou a elevada representatividade do Filo Mollusca (com 86,4 % de contribuição média) (Figura 36). A densidade média diagnosticada na Área Norte de Carcará foi de 195 Ind.m<sup>-2</sup>, valor superior ao diagnosticado no estudo do Bloco BM-S-8 (32,30 Ind.m<sup>-2</sup>).





**FIGURA 36 – Contribuição média (%) por grupo na densidade dos organismos da macrofauna bentônica durante a caracterização ambiental da Área Norte de Carcará e do Bloco BM-S-8.**

A densidade por estação/amostra variou entre 0 e 233 ind.m<sup>-2</sup>, com as estações 1 e 4 se destacando das demais (FIGURA 37). No Bloco BM-S-8, a estação 6 foi a que apresentou maior destaque em densidade, com 116,67 ind.m<sup>-2</sup>. A **Figura 37** e a **Tabela 24** apresentam os táxons mais abundantes da macrofauna bentônica na Área Norte de Carcará e no Bloco BM-S-8.



**FIGURA 37 – Densidade média (ind.m<sup>-2</sup>) dos organismos da macrofauna bentônica em cada estação durante a caracterização ambiental da Área Norte de Carcará e do Bloco BM-S-8.**

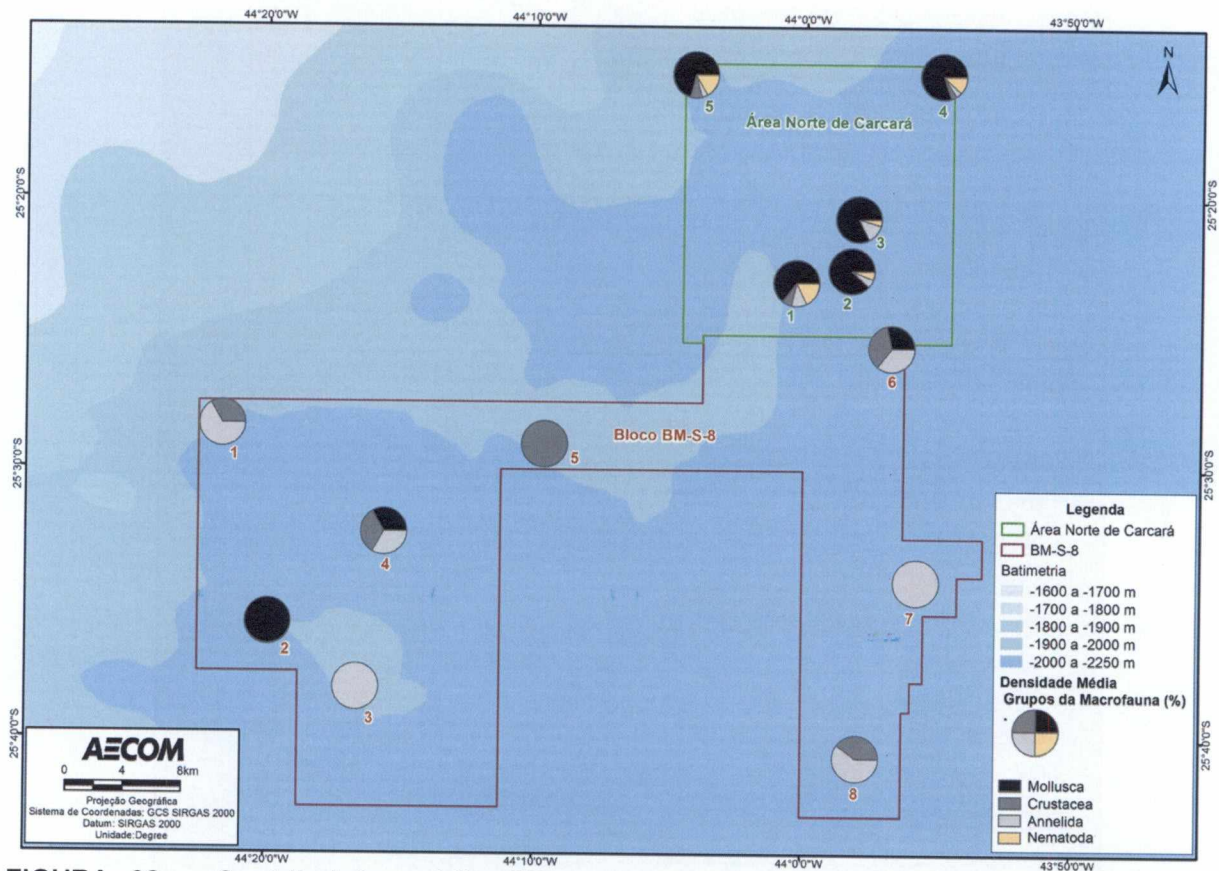
*Handwritten signature*

**TABELA 24 – Valores de densidade (cel.L<sup>-1</sup>) dos táxons da macrofauna bentônica mais abundantes da caracterização ambiental da Área Norte de Carcará e do Bloco BM-S-8.**

Táxon	Grupo	Densidade Média (Ind.m <sup>-2</sup> )	Estudo	
<i>Calliotropisaeglees</i> (R. B. Watson, 1879)	Mollusca	16,67	Área Norte de Carcará	
<i>Calliotropiscalatha</i> (Dall, 1927)		6,67		
<i>Fluxinelladiscula</i> (Dall, 1889)		1,67		
<i>Seguenziahapala</i> Woodring, 1928		25,00		
<i>Brookulasp.</i>		5,00		
<i>Skeneavalvatoides</i> (Jeffreys, 1883)		13,33		
<i>Benthonellatenella</i> (Jeffreys, 1869)		16,67		
<i>Nuculasp.</i>		5,00		
<i>Malletiadilatata</i> (Philippi, 1844)		5,00		
<i>Tindariopsisaeolata</i> (Dall, 1889)		33,33		
<i>Abra braziliensis</i> (E. A. Smith, 1885)		3,33		
<i>Pertusiconchacallithrix</i> (Dall, 1889)		16,67		
Família Desmosomatidae G.O. Sars, 1897		Crustacea		1,67
<i>Apocumasp.</i>				1,67
<i>Atlantapseudessp.</i>	1,67			
<i>Venustus cf. thor</i> Araújo-Silva & Larsen, 2015	1,67			
<i>Tanaellasp.</i>	1,67			
Classe Oligochaeta	Annelida	1,67		
Família Paraonidae		5,00		
Família Cossuridae		1,67		
Família Aelomastidae		1,67		
Família Phyllodocidae		1,67		
Família Protodrilidae		1,67		
Família Capitellidae		1,67		
<i>Cephalanticomagen. sp.</i>	Nematoda	1,67		
<i>Mesacanthionsp.</i>		5,00		
<i>Oxystominasp.</i>		1,67		
<i>Syringolaimussp.</i>		1,67		
<i>Metacylicolaimus</i>		11,67		
<i>Viscosiasp.</i>		1,67		
<i>Malletiadilatata</i>	Mollusca	4,17	Bloco BM-S-8	
<i>Cuspidariasp.</i>	Mollusca	3,13		
<i>Aoridaegen. sp.</i>	Crustacea	2,08		
<i>Atlantapseudes cf. brasiliensis</i>	Crustacea	4,17		
<i>Asellota</i> fam. gen. sp.	Crustacea	2,08		
Ampharetidae gen. Sp.	Annelida	3,13		
<i>Tharyxsp.</i>	Annelida	2,08		
Família Phyllodocidae	Annelida	2,08		



O Filo Mollusca foi predominante em todas as estações amostradas, diferente do observado no Bloco BM-S-8. A análise quantitativa dos resultados de macrofauna bentônica de BM-S-8 mostrou que, de uma forma geral, considerando todas as estações, o grupo Annelida foi o mais representativo. Entretanto, a análise de cada estação amostrada revela um cenário mais heterogêneo do que aquele observado na Área Norte de Carcará, já que em BM-S-8, algumas estações exibiram maiores densidades de anelídeos (estações 1, 3, 7 e 8) e alguns pontos foram majoritariamente compostos por crustáceos e moluscos (estações 5 e 2, respectivamente) (Figura 38; Tabela 25).



**FIGURA 38 – Contribuição média (%) por grupo na densidade dos organismos da macrofauna bentônica em cada estação durante a caracterização ambiental da Área Norte de Carcará e do Bloco BM-S-8.**

**TABELA 25 – Densidade por grupo e total (ind.m<sup>-2</sup>) dos organismos da macrofauna bentônica em cada estação durante a caracterização ambiental da Área Norte de Carcará e do Bloco BM-S-8.**

Estações	Nematoda		Mollusca		Crustacea		Annelida		Total	
	Área Norte de Carcará	Bloco BM-S-8	Área Norte de Carcará	Bloco BM-S-8	Área Norte de Carcará	Bloco BM-S-8	Área Norte de Carcará	Bloco BM-S-8	Área Norte de Carcará	Bloco BM-S-8
1	41,67	0,00	150,00	0,00	16,67	8,33	25,00	16,67	233,33	25,00
2	8,33	0,00	125,00	25,00	0,00	0,00	8,33	0,00	141,67	25,00
3	8,33	0,00	158,33	0,00	0,00	0,00	25,00	8,33	191,67	8,33
4	25,00	0,00	166,67	8,33	8,33	8,33	8,33	8,33	208,33	25,00

mp



Estações	Nematoda		Mollusca		Crustacea		Annelida		Total	
	Área Norte de Carcará	Bloco BM-S-8	Área Norte de Carcará	Bloco BM-S-8	Área Norte de Carcará	Bloco BM-S-8	Área Norte de Carcará	Bloco BM-S-8	Área Norte de Carcará	Bloco BM-S-8
5	33,33	0,00	141,67	0,00	16,67	8,33	8,33	0,00	200,00	8,33
6	-	0,00	-	33,33	-	41,67	-	41,67	-	116,67
7	-	0,00	-	0,00	-	0,00	-	8,33	-	8,33
8	-	0,00	-	0,00	-	16,67	-	25,00	-	41,67

Os valores de densidade reportados por PETROBRAS/HABTEC (2003) para a região dos Blocos BM-S-8, BM-S-9, BM-S-10, BM-S-11 e BM-S-21 apresentaram valores inferiores, entre 1 - 4 indivíduos por 0,08 m<sup>2</sup>, com média correspondente a 18,8 ind. m<sup>-2</sup>. Esses resultados demonstram baixa abundância de macrofauna bentônica esperada em águas profundas. O estudo supracitado destacou moluscos como os organismos mais abundantes, principalmente o bivalve *Nuculana aff. semen*. No levantamento de MMA/PETROBRAS/AS/PEG (2002) fica evidente a diminuição da densidade com o aumento da profundidade, chegando a ser reportado valores nulos na área do Bloco BM-S-8.

### 5.2.3 ÍNDICES BIOLÓGICOS

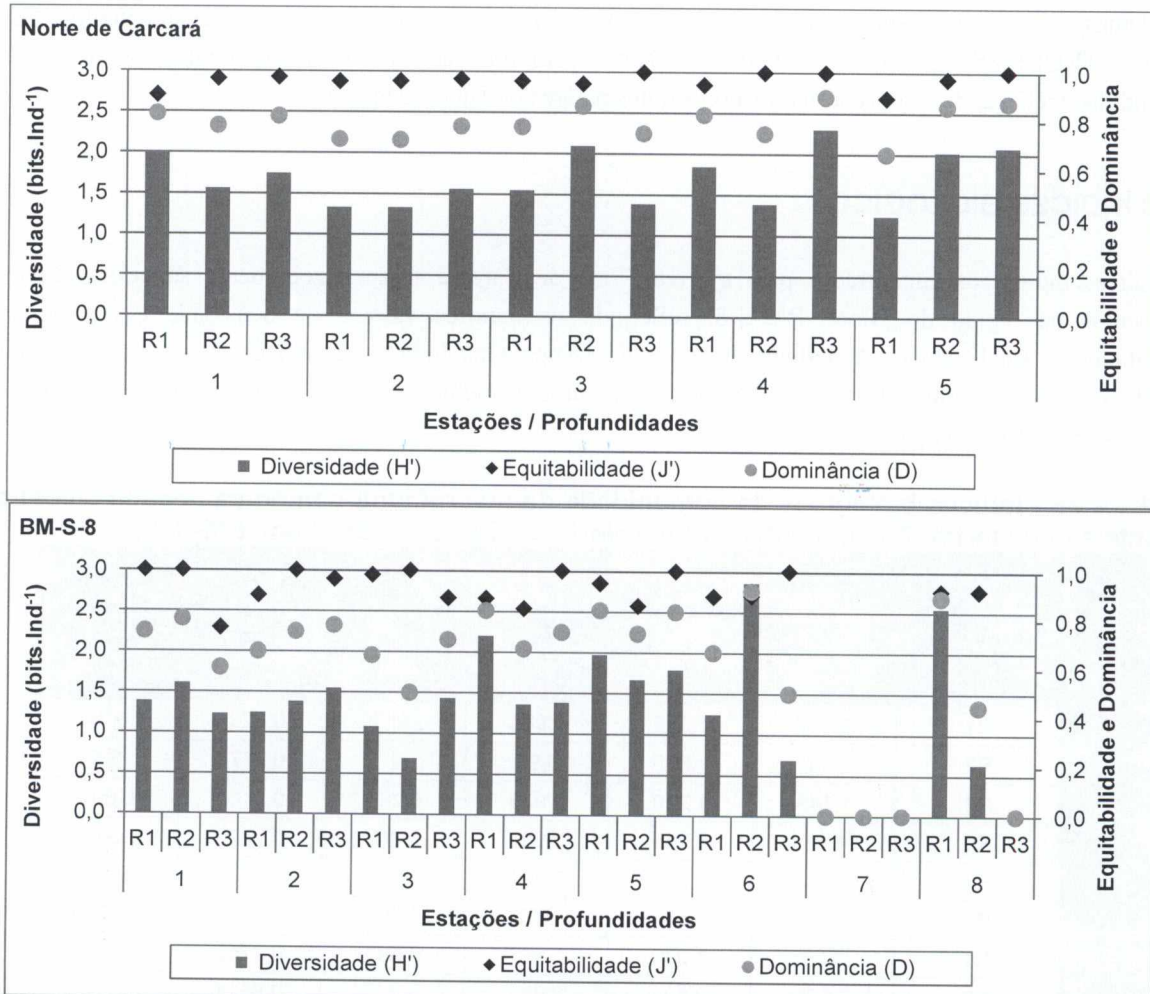
Os índices biológicos encontrados para a Área Norte de Carcará foram ligeiramente superiores àqueles observados na região do Bloco BM-S-8, refletindo os maiores valores de densidade e riqueza da macrofauna atual estudo. A **Tabela 26** a seguir compara os índices biológicos encontrados em tais trabalhos. Na Área Norte de Carcará, a estação 4 apresentou os melhores índices, assim como a estação 6, no Bloco BM-S-8. (**Figura 39**).

**TABELA 26 - Índices biológicos da comunidade da macrofauna bentônica decada amostra durante a caracterização ambiental da Área Norte de Carcará e do Bloco BM-S-8 .**

Estações	Profundidade	Diversidade (H')		Equitabilidade (J')		Dominância (D)	
		Área Norte de Carcará	BM-S-8	Área Norte de Carcará	BM-S-8	Área Norte de Carcará	BM-S-8
1	R1	1,987	1,386	0,904	1	0,8267	0,75
	R2	1,561	1,609	0,97	1	0,7778	0,8
	R3	1,748	1,229	0,976	0,764	0,8163	0,601
2	R1	1,33	1,244	0,959	0,897	0,7222	0,6674
	R2	1,332	1,386	0,961	1	0,72	0,75
	R3	1,561	1,551	0,97	0,964	0,7778	0,7759
3	R1	1,55	1,079	0,963	0,982	0,7755	0,6529
	R2	2,095	0,693	0,953	1	0,8611	0,5
	R3	1,386	1,429	1	0,888	0,75	0,7168
4	R1	1,846	2,203	0,949	0,886	0,8264	0,8379
	R2	1,386	1,361	1	0,845	0,75	0,6806
	R3	2,303	1,386	1	1	0,9	0,75
5	R1	1,242	1,974	0,896	0,949	0,6667	0,8403



Estações	Profundidade	Diversidade (H')		Equitabilidade (J')		Dominância (D)	
		Área Norte de Carcará	BM-S-8	Área Norte de Carcará	BM-S-8	Área Norte de Carcará	BM-S-8
	R2	2,025	1,668	0,974	0,857	0,86	0,7447
	R3	2,079	1,792	1	1	0,875	0,8333
	R1	-	1,244	-	0,897	-	0,6674
6	R2	-	2,861	-	0,9	-	0,9207
	R3	-	0,693	-	1	-	0,5
	R1	-	0	-	0	-	0
7	R2	-	0	-	0	-	0
	R3	-	0	-	0	-	0
	R1	-	0	-	0	-	0
8	R1	-	2,549	-	0,919	-	0,8925
	R2	-	0,637	-	0,92	-	0,4454
	R3	-	0	-	0	-	0



**FIGURA 39 – Índices biológicos da comunidade da macrofauna bentônica em cada estação durante a caracterização ambiental da Área Norte de Carcará e do Bloco BM-S-8.**



A análise de similaridade realizada a partir dos resultados da macrofauna bentônica das estações da Área Norte de Carcará revelou que as amostras 3a, 4a e 5a possuem alta similaridade (cerca de 93,75%). A análise dos dados permite associar a elevada semelhança entre tais amostras às densidades dos moluscos *Calliotropisaeglees*, *Tindariopsisaeolata* e *Pertusiconchacallithrix*, que nesses pontos foram praticamente, os únicos indivíduos encontrados. A exceção foi em algumas amostras isoladas, onde foram encontrados organismos dos grupos Arthropoda, Annelida e Nematoda. O dendogramagerado separou as amostras em dois clados principais, com nenhuma semelhança entre eles (similaridade de 0%). O motivo de tal separação pode estar relacionado a não ocorrência dos táxons mais representativos deste estudo (*Tindariopsisaeolata*, *Pertusiconchacallithrix*, *Metacylicolaimus*), na maioria das amostras do segundo grupo formado (1b, 2c, 1c, 2a e 2b) (Figura 40).

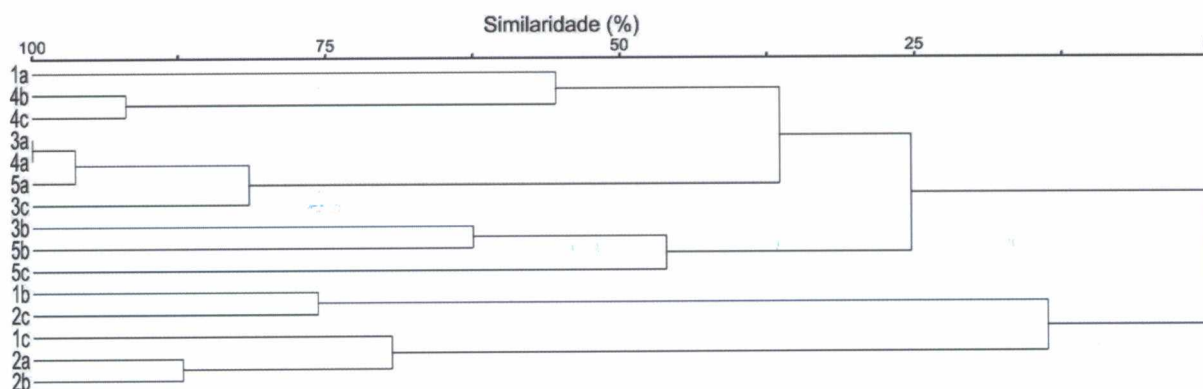
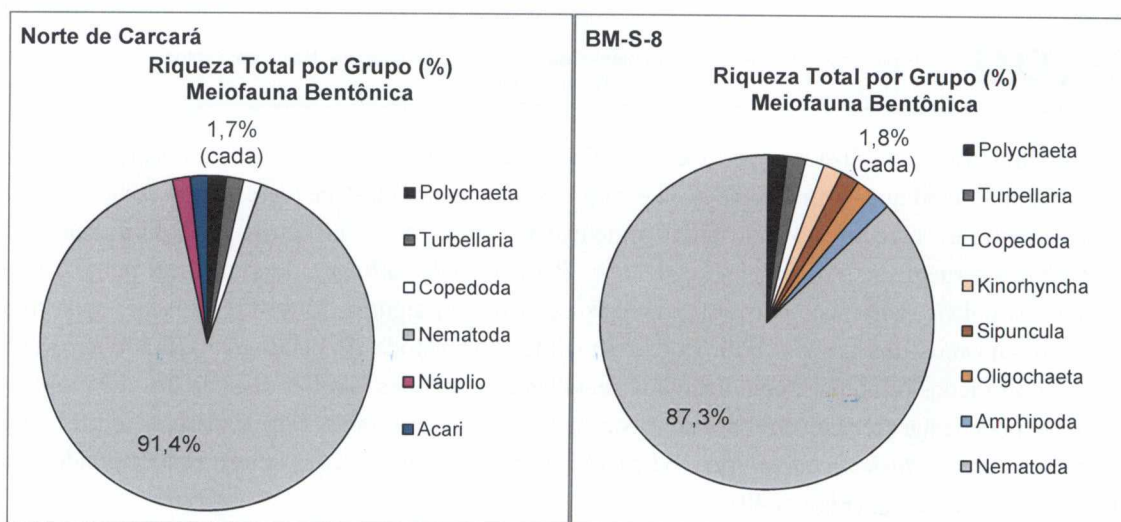


FIGURA 40 – Análise de agrupamento das amostras através do índice de similaridade de Bray-Curtis da da macrofauna bentônica em cada estação da caracterização ambiental da Área Norte de Carcará.

## 5.3 MEIOFAUNA BENTÔNICA

### 5.3.1 ANÁLISE QUALITATIVA

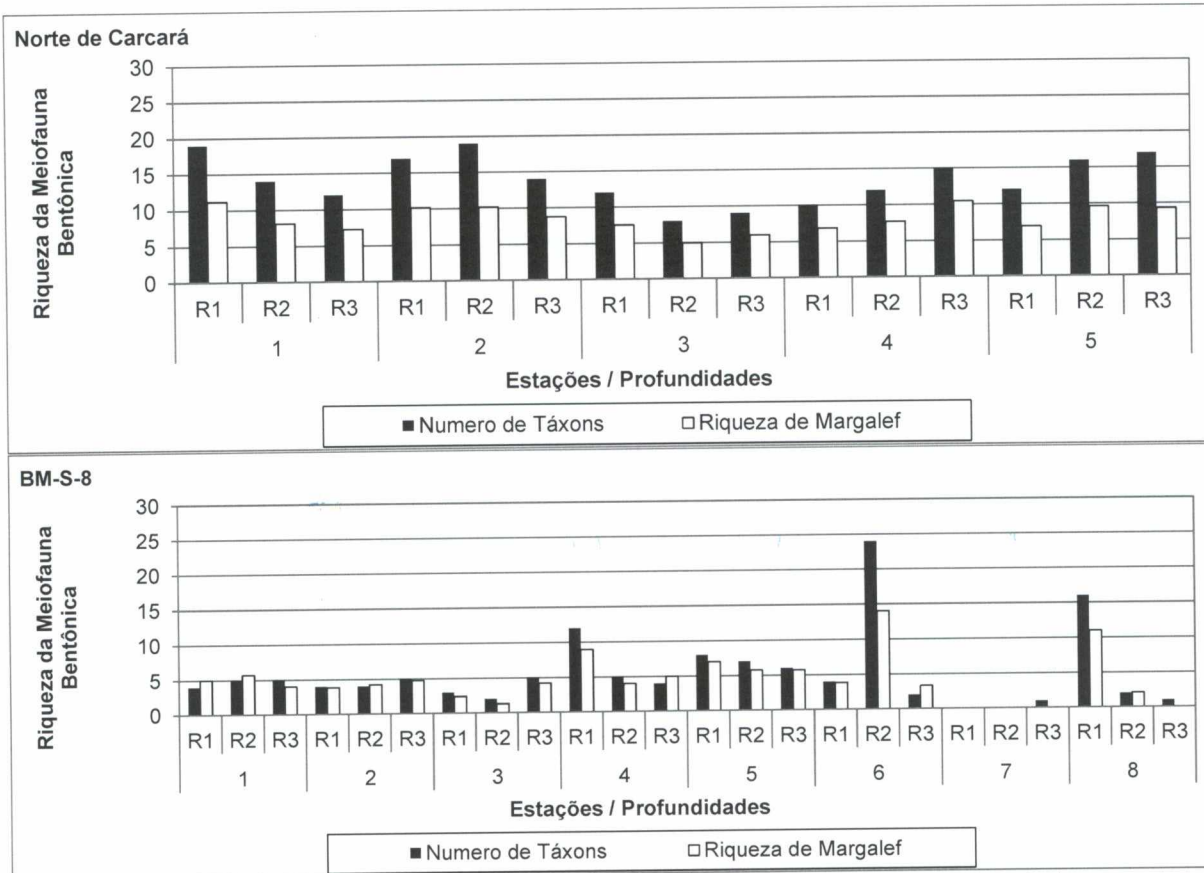
Os resultados da análise qualitativa na meiofauna bentônica evidenciaram a existência de 58 táxons distintos na Área Norte de Carcará, valor ligeiramente superior aquele encontrado para o Bloco BM-S-8 (55 táxons) (Anexo B). Dentre os organismos analisados, dois foram classificados a nível de classe, três a nível de sub-classe, 7 a nível de família e 46 a nível de gênero. Os indivíduos identificados distribuíram-se entre Nematoda, Polychaeta, Turbelária, Copepoda, Náuplio e Acari, sendo o Filo Nematoda representante de cerca de 91,4% da meiofauna da região (Figura 41).



**FIGURA 41 – Contribuição (%) por grupo na riqueza (nº de táxons) dos organismos da meiofauna bentônica durante a caracterização ambiental da Área Norte de Carcará e do Bloco BM-S-8.**

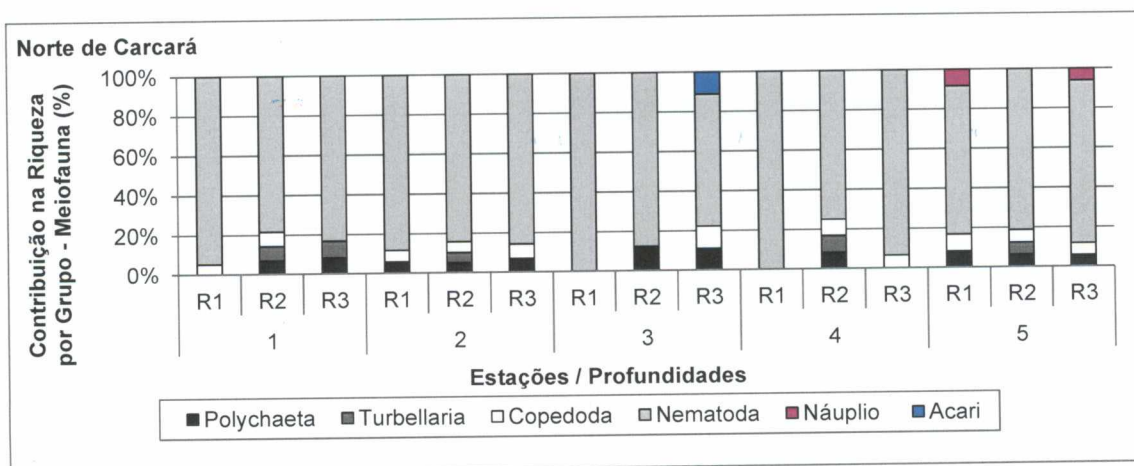
O número total de táxons distintos por estação, que considera a presença de táxons em qualquer uma das réplicas de uma mesma estação, variou entre 0 e 18. A análise por estação e por grande grupo revelou que os valores de riqueza média variaram de 0 a 14,33.

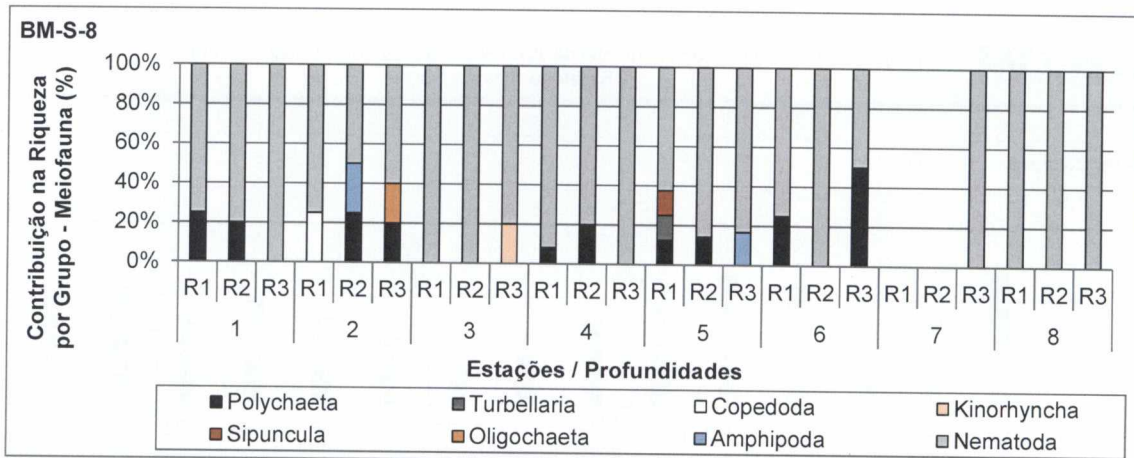
A **Figura 42** apresenta as contribuições da riqueza (nº de táxons distintos) nas réplicas de cada estação amostrada na Área Norte de Carcará e no Bloco BM-S-8. De uma forma geral, ocorreu certa homogeneidade na distribuição taxonômica ao longo da área de estudo, com o grupo Nematoda responsável pelas maior contribuição do número de táxons das amostras. A comparação com os resultados de BM-S-8 revelou menores riquezas do que aquelas identificadas no presente estudo, a exceção esteve na estação 6, devido à elevada riqueza encontrada, com 24 táxons distintos na réplica R2, número de seis a 12 vezes maior do que as demais réplicas. A riqueza de Margalef apresentou valores variando entre 4,95 e 11,16. A distribuição dos resultados de número de táxons distintos e de riqueza de Margalef, assim como no Bloco BM-S-8, foram similares, sem um padrão claro definido em relação aos estratos com as profundidades ou com a localização dos pontos.



**FIGURA 42 – Riqueza (nº de táxons) dos organismos da meiofauna bentônica em cada estação durante a caracterização ambiental da Área Norte de Carcará e do Bloco BM-S-8.**

Como dito anteriormente, o Filo Nematoda representou a maior contribuição taxonomica em relação aos grandes grupos, por réplica e por estação, tanto na campanha de BM-S-8 (48%), quanto na atual (53%) (Figura 43).



**FIGURA 43 - Contribuição (%) por grupo na riqueza (nº de táxons) da meiofauna em cada estação durante a caracterização ambiental da Área Norte de Carcará e do Bloco BM-S-8.**

Dentre os táxons da meiofauna observados, 23 tiveram frequência de ocorrência esporádica (em 1 ou 2 amostras), 25 estiveram presentes em cerca de 10 a 40 % das amostras, e somente 6 foram considerados frequentes, ocorrendo em 6 ou 7 das 15 amostras. Por fim, apenas 4 táxons foram muito frequentes, ou seja, ocorreram em mais de 7 amostras, com frequência de ocorrência superior a 70%. Sendo eles os indivíduos dos grupos Copepoda, Polychaeta e pertencentes ao Filo Nematoda *Thalassomonhystera sp.* e *Acantholaimus sp.*, com 93,33% e 100% de frequência de ocorrência, respectivamente (**Tabela 27**). O gênero *Acantholaimus sp.* também foi o mais frequente na região do Bloco BM-S-8. Tal resultado também já foi encontrado em diversos outros estudos, e o gênero *Acantholaimus sp.* é conhecido como o mais rico em espécies da comunidade de Nematoda de águas profundas. A bibliografia relata a ocorrência de tais organismos em águas ultra profundas e mostra que o crescimento de sua abundância relativa é diretamente proporcional ao aumento da profundidade (MILJUTINA & MILJUTIN 2012; MILJUTINA et al. 2010; VANREUSEL et al. 2010; MUTHUMBI & VINCX 1997).

**TABELA 27 – Frequência de ocorrência (%) dos táxons da comunidade meiobentônica durante a caracterização ambiental da Área Norte de Carcará.**

Frequência de Ocorrência	Nº Táxons
FO <10% (até 2 amostras)	23
10 < FO <40% (=2 a 6 amostras)	25
40 < FO <70% (6 a 7 amostras)	6
FO >70% (> 7 amostras)	4
Total	58

### 5.3.2 ANÁLISE QUANTITATIVA

A análise quantitativa revelou uma densidade média de 274,95 Ind.10 cm<sup>-2</sup> para a meiofauna na Área Norte de Carcará e 65,02 Ind.10 cm<sup>-2</sup> para a região do Bloco BM-S-8. A heterogeneidade espacial entre as densidades da meiofauna pode ser explicada através de diversos fatores como, por exemplo, características sedimentares (granulometria, natureza do sedimento), fluxo de matéria orgânica e batimetria



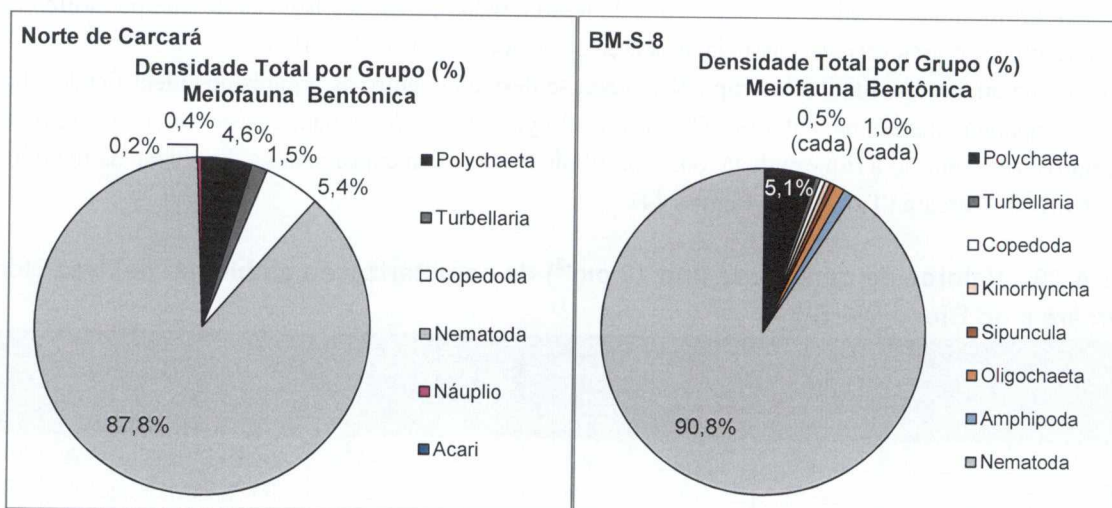
(Fleeger&Decho, 1987; Lamshead et al., 2002).O fundo marinho tanto da Área Norte de Carcará quanto da região do Bloco BM-S-8 é composto majoritariamente por sedimentos lamosos, com maiores contribuições de silte. Em relação à batimetria, as duas regiões exibem cotas batimétricas semelhantes, logo, as diferenças quali e quantitativas observadas entre os resultados de meiofauna não parecem estar associadas à granulometria nem à batimetria regionais. Dessa forma, uma possível causa de tal incremento na quantidade de organismos da meiofauna pode ser a contribuição de matéria orgânica no sedimento. A Área Norte de Carcará exibiu teores de matéria orgânica total nas amostras de sedimento ligeiramente superiores quando comparadas àquelas obtidas no estudo de BM-S-8. Cabe ressaltar que a amostra da estação 6 (BM-S-8) revelou resultados semelhantes aos observados na Área Norte de Carcará, tanto valores de matéria orgânica no sedimento, quanto densidades de indivíduos da meiofauna (Nematoda), possivelmente devido à proximidade desse ponto amostral aos demais pontos da Área Norte de Carcará. Soltwedelet al. (2005) defendem que o fluxo de matéria orgânica da superfície para o mar profundo exerce um controle considerável no estoque da fauna bentônica. A bibliografia existente para nematofauna revela ainda que a mesma é mais afetada pela profundidade vertical ao longo do sedimento e pelas condições tróficas do que pelas diferenças batimétricas ou por outras variáveis associadas à área de estudo (Ingels et al., 2011).

Assim como na análise qualitativa, o grupo Nematoda se destacou dentre os organismos identificados, tanto na atual campanha quanto na anterior. Os grupos Polychaeta e Copepoda, apesar de não terem sido representativos em relação à riqueza de táxons, contribuíram de forma expressiva na densidade da meiofauna da Área Norte de Carcará (Tabela 28; Figura 44).

**TABELA 28 - Valores de densidade (Ind.10 cm<sup>-2</sup>) da caracterização ambiental da Área Norte de Carcará e do Bloco BM-S-8.**

Est.	Rép.	Polychaeta	Turbellaria	Copepoda	Kinorhyncha	Sipuncula	Oligochaeta	Amphipoda	Nematoda	Náuplio	Acari	Total
<b>Área Norte de Carcará</b>												
1	R1	0,00	0,00	7,96	0,00	0,00	0,00	0,00	318,47	0,00	0,00	326,43
	R2	15,92	23,89	23,89	0,00	0,00	0,00	0,00	254,78	0,00	0,00	318,47
	R3	7,96	7,96	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	246,82	0,00	0,00	262,74
2	R1	15,92	0,00	15,92	0,00	0,00	0,00	0,00	270,70	0,00	0,00	302,55
	R2	15,92	7,96	87,58	0,00	0,00	0,00	0,00	358,28	0,00	0,00	469,75
	R3	7,96	0,00	15,92	0,00	0,00	0,00	0,00	222,93	0,00	0,00	246,82
3	R1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	230,89	0,00	0,00	230,89
	R2	39,81	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	167,20	0,00	0,00	207,01
	R3	23,89	0,00	7,96	0,00	0,00	0,00	0,00	135,35	0,00	7,96	175,16
4	R1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	167,20	0,00	0,00	167,20
	R2	7,96	7,96	15,92	0,00	0,00	0,00	0,00	183,12	0,00	0,00	214,97
	R3	0,00	0,00	7,96	0,00	0,00	0,00	0,00	167,20	0,00	0,00	175,16
5	R1	15,92	0,00	15,92	0,00	0,00	0,00	0,00	270,70	7,96	0,00	310,51
	R2	7,96	15,92	7,96	0,00	0,00	0,00	0,00	262,74	0,00	0,00	294,59
	R3	31,85	0,00	15,92	0,00	0,00	0,00	0,00	366,24	7,96	0,00	421,97
<b>Bloco BM-S-8</b>												
1	R1	7,96	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	23,89	0,00	0,00	31,85
	R2	7,96	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	31,85	0,00	0,00	39,81
	R3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	79,62	0,00	0,00	79,62
2	R1	0,00	0,00	7,96	0,00	0,00	0,00	0,00	39,81	0,00	0,00	47,77
	R2	7,96	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	7,96	15,92	0,00	0,00	31,85
	R3	7,96	0,00	0,00	0,00	0,00	15,92	0,00	31,85	0,00	0,00	55,73
3	R1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	55,73	0,00	0,00	55,73

Est.	Rép.	Polychaeta	Turbellaria	Copepoda	Kinorhyncha	Sipuncula	Oligochaeta	Amphipoda	Nematoda	Náuplio	Acari	Total
	R2	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	47,77	0,00	0,00	47,77
	R3	0,00	0,00	0,00	7,96	0,00	0,00	0,00	63,69	0,00	0,00	71,66
4	R1	7,96	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	127,39	0,00	0,00	135,35
	R2	7,96	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	71,66	0,00	0,00	79,62
	R3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	31,85	0,00	0,00	31,85
5	R1	7,96	7,96	0,00	0,00	7,96	0,00	0,00	55,73	0,00	0,00	79,62
	R2	7,96	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	79,62	0,00	0,00	87,58
	R3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	7,96	39,81	0,00	0,00	47,77
6	R1	7,96	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	39,81	0,00	0,00	47,77
	R2	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	350,32	0,00	0,00	350,32
	R3	7,96	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	7,96	0,00	0,00	15,92
7	R1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	R2	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	R3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	7,96	0,00	0,00	7,96
8	R1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	183,12	0,00	0,00	183,12
	R2	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	23,89	0,00	0,00	23,89
	R3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	7,96	0,00	0,00	7,96



**FIGURA 44 – Contribuição total (%) por grupo na densidade da meiofauna bentônica durante a caracterização ambiental da Área Norte de Carcará e do Bloco BM-S-8.**

Os resultados quantitativos evidenciaram maiores densidades de meiofauna bentônica do que aqueles anteriormente obtidos em BM-S-8. Os valores oscilaram entre 0 Ind.10 cm<sup>-2</sup> e 250 Ind.10 cm<sup>-2</sup>, na Área Norte de Carcará e entre 0 e 50 Ind.10 cm<sup>-2</sup>, na região do Bloco BM-S-8 (Figura 45). A composição por grupo/divisão da meiofauna ao longo de todas as estações analisadas demonstra a maior contribuição na densidade sendo do grupo Nematoda (Figura 46).





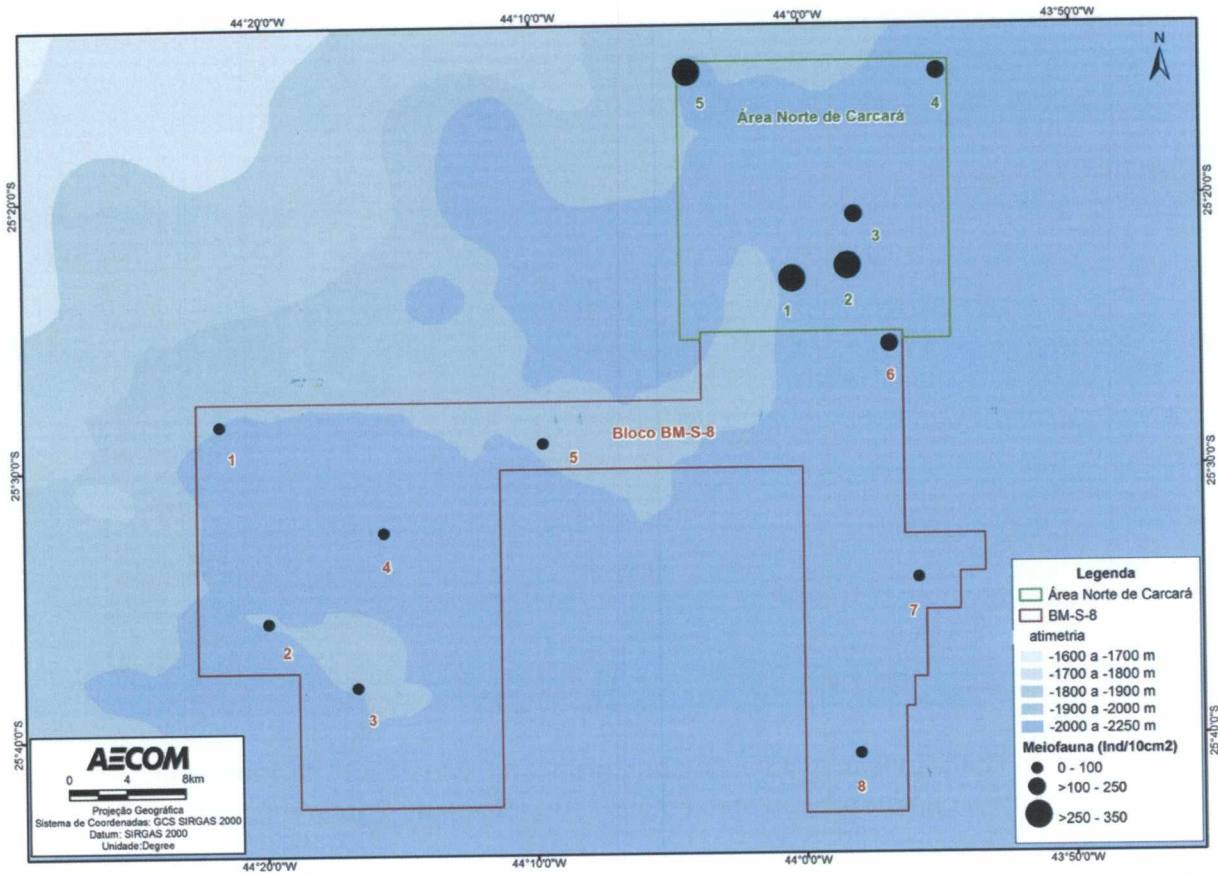
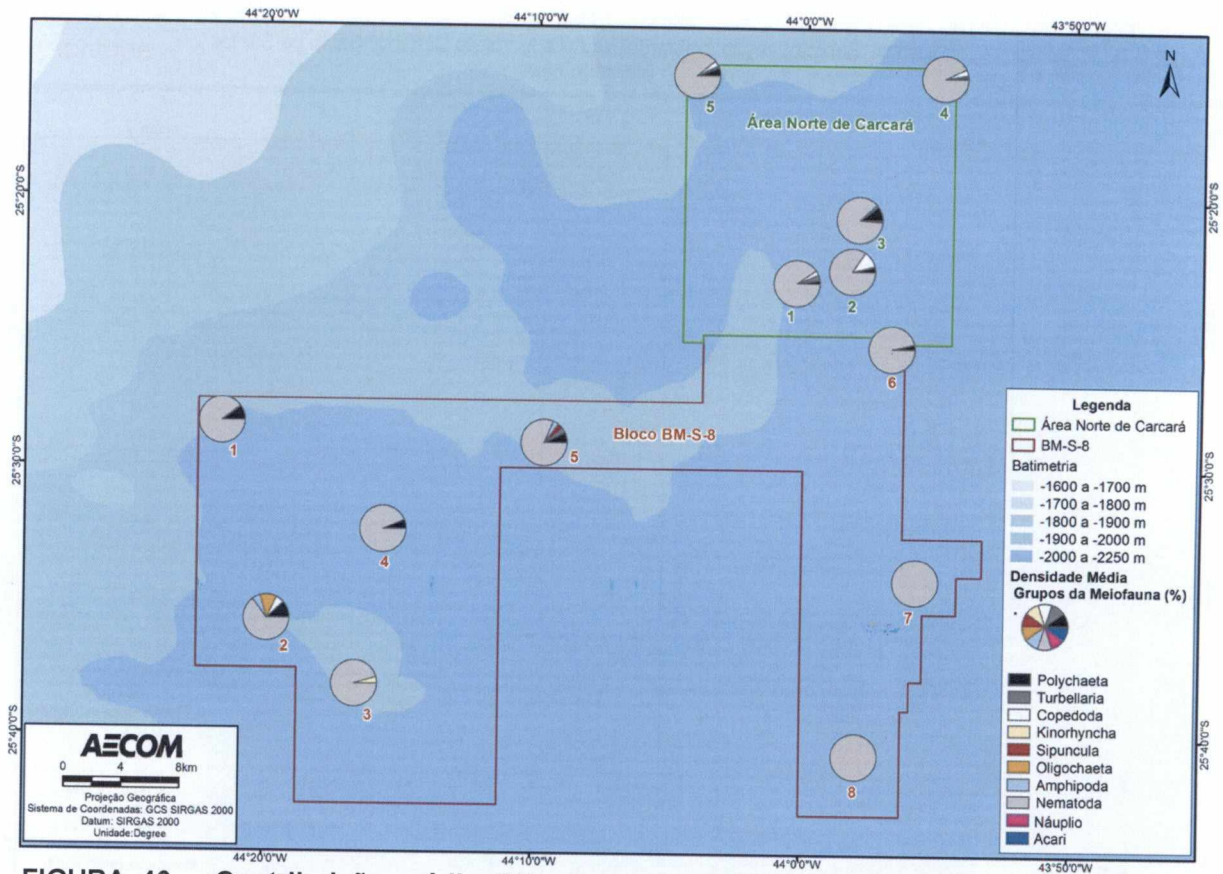


FIGURA 45 – Densidade média (ind.10cm<sup>-2</sup>) da meiofauna bentônica em cada estação durante a caracterização ambiental da Área Norte de Carcará e do Bloco BM-S-8.





**FIGURA 46 – Contribuição média (%) por grupo na densidade da meiofauna em cada estação durante a caracterização ambiental da Área Norte de Carcará e do Bloco BM-S-8.**

### 5.3.3 ÍNDICES BIOLÓGICOS

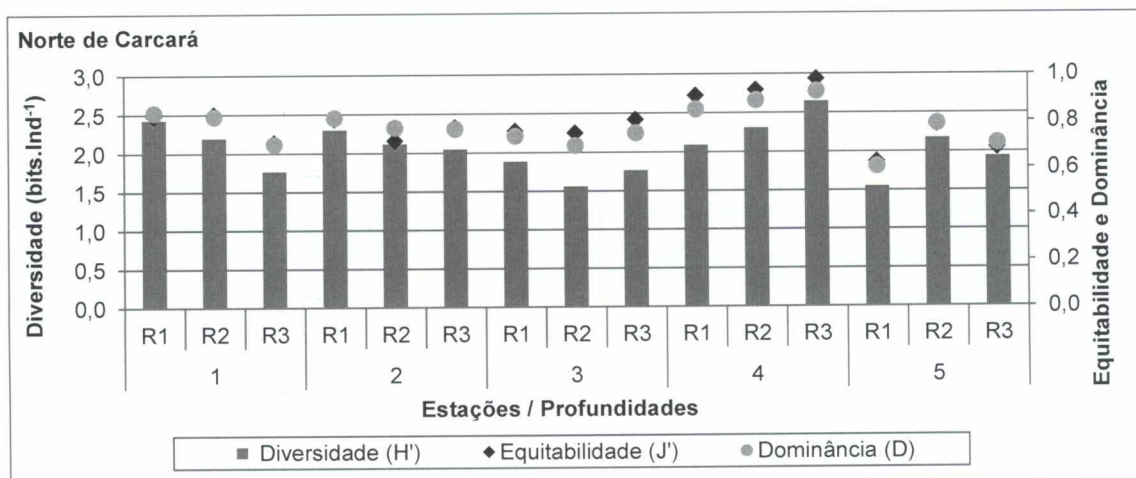
O índice de diversidade de Shannon variou entre 1,24 e 2,30 bits.ind<sup>-1</sup>, com média de 1,70 bits.ind<sup>-1</sup> (DP - 0,34 bits.ind<sup>-1</sup>). O valor de equitabilidade de Pielson variou de 0,90 a 1,00 com média de 0,97 (DP - 0,03 bits.ind<sup>-1</sup>). Já o valor de dominância de Simpson ficou entre 0,67 e 0,90, com média de 0,79 (DP - 0,07 bits.ind<sup>-1</sup>).

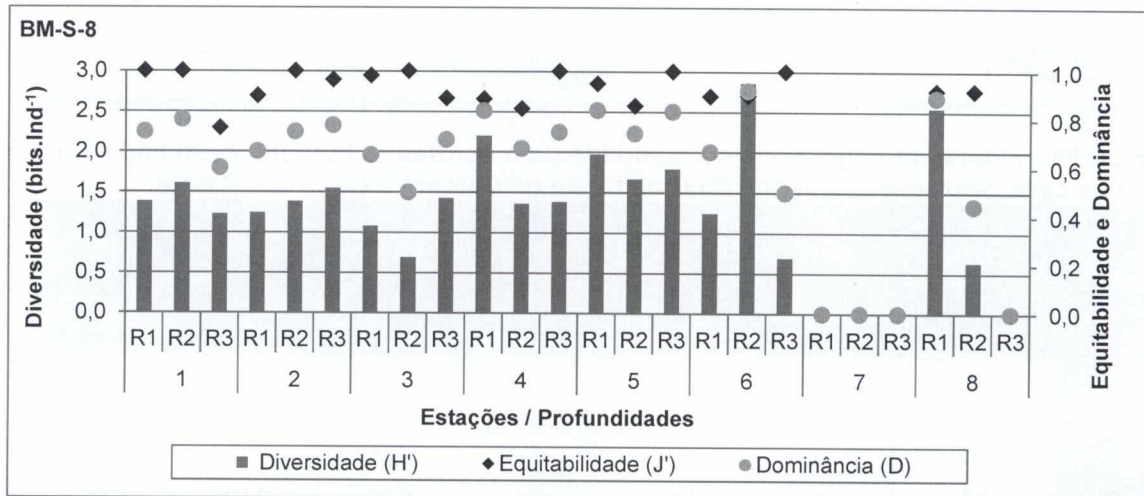
Assim como observado para macrofauna, os índices biológicos relacionados à meiofauna encontrados para a Área Norte de Carcará foram ligeiramente superiores àqueles observados na região do Bloco BM-S-8, refletindo os maiores valores de densidade e riqueza da meiofauna (Tabela 29; Figura 47).



**TABELA 29 - Índices biológicos da comunidade da macrofauna bentônica em cada amostra durante a caracterização ambiental da Área Norte de Carcará e do Bloco BM-S-8 .**

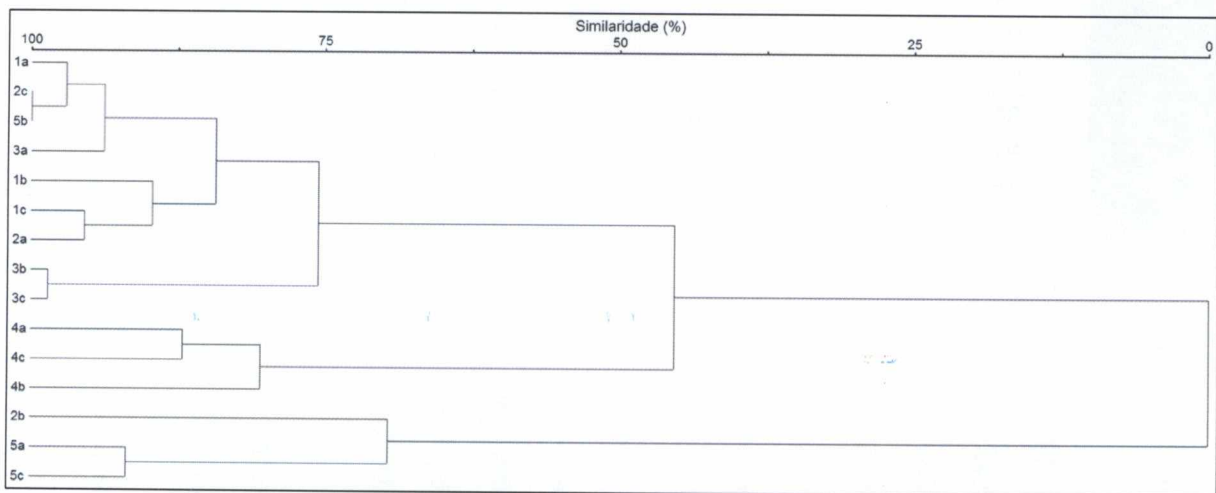
Estações	Profundidade	Diversidade (H')		Equitabilidade (J')		Dominância (D)	
		Área Norte de Carcará	BM-S-8	Área Norte de Carcará	BM-S-8	Área Norte de Carcará	BM-S-8
1	R1	2,43	1,39	0,83	1,00	0,84	0,75
	R2	2,20	1,61	0,83	1,00	0,82	0,80
	R3	1,77	1,23	0,71	0,76	0,70	0,60
2	R1	2,30	1,24	0,81	0,90	0,82	0,67
	R2	2,12	1,39	0,72	1,00	0,78	0,75
	R3	2,05	1,55	0,78	0,96	0,77	0,78
3	R1	1,89	1,08	0,76	0,98	0,74	0,65
	R2	1,56	0,69	0,75	1,00	0,70	0,50
	R3	1,77	1,43	0,81	0,89	0,75	0,72
4	R1	2,09	2,20	0,91	0,89	0,85	0,84
	R2	2,31	1,36	0,93	0,85	0,89	0,68
	R3	2,65	1,39	0,98	1,00	0,93	0,75
5	R1	1,55	1,97	0,63	0,95	0,61	0,84
	R2	2,18	1,67	0,78	0,86	0,79	0,74
	R3	1,94	1,79	0,69	1,00	0,70	0,83
6	R1	-	1,24	-	0,90	-	0,67
	R2	-	2,86	-	0,90	-	0,92
	R3	-	0,69	-	1,00	-	0,50
7	R1	-	-	-	-	-	-
	R2	-	-	-	-	-	-
	R3	-	0,00	-	0,00	-	0,00
8	R1	-	2,55	-	0,92	-	0,89
	R2	-	0,64	-	0,92	-	0,45
	R3	-	-	-	-	-	-



**FIGURA 47 – Índices biológicos da meiofauna em cada estação durante a caracterização ambiental da Área Norte de Carcará e do Bloco BM-S-8.**

A análise de grupamento das amostras de meiofauna bentônica coletadas na Área Norte de Carcará revelou a formação de dois clados principais, com 0% de similaridade entre eles. As principais diferenças observadas entre o primeiro e o segundo grupamentos foram em relação às densidades relativamente altas de copepoda encontrada no segundo clado (amostras 4a, 4c, 4b, 2b, 5a e 5c) quando comparada ao primeiro (1a, 2c, 5b, 3a, 1b, 1c, 2a, 3b e 3c). Além disso, muitos táxons do Filo Nematoda foram exclusivos de amostras pertencentes a cada um dos dois grupamentos revelados. A maior similaridade observada ocorreu entre as amostras 3b e 3c (quase 100%), podendo ser explicada, por exemplo, pela alta densidade de organismos do grupo Polychaeta em ambas as amostras. Além disso, observou-se que tanto a densidade média quanto a riqueza foram muito semelhantes nestas duas amostras, com ocorrência dos mesmos táxons, salvo poucas exceções (Figura 48).



**FIGURA 48 – Análise de agrupamento das amostras através do índice de similaridade de Bray-Curtis da meiofauna em cada estação durante a caracterização ambiental da Área Norte de Carcará.**



## 5.4 INSPEÇÃO VISUAL DE FUNDO

Este item apresenta os principais aspectos do fundo oceânico identificados durante a caracterização ambiental da Área Norte de Carcará, realizada através de filmagens de fundo para a avaliação da presença de bancos biogênicos (principalmente corais de profundidade).

A área investigada é apresentada através de imagens (*snapshots*) e vídeos feitos em 7 pontos no Bloco Área Norte de Carcará (**Figuras 49 a 55; Anexo C**). Vale ressaltar que a descrição das características do assoalho marinho foi embasada não apenas na avaliação das filmagens de fundo, mas também na observação e análise, a bordo, dos aspectos das amostras de sedimento coletadas pelo *box-corer* em todas as estações. Ressalta-se que todas as amostragens de sedimento com *box-corer* confirmaram o que foi visualizado nas imagens da *dropcam*.

### CARCARÁ I

O fundo marinho na locação Carcará I, apresentou sedimentos inconsolidados finos e de constituição visualmente homogênea, de coloração marrom claro à cinza claro (**Figura 49**). Também foi possível notar a presença de pequenas carapaças de coloração branca, podendo ser inteiras ou em fragmentos, de organismos marinhos não identificados. As imagens evidenciaram estruturas arredondadas e aleatoriamente espaçadas possivelmente relacionadas a organismos bentônicos (bioturbação).

No local das filmagens não foram identificadas estruturas biogênicas, como por exemplo na forma de bancos ou recifes. Também não foram observadas localmente feições de fundo possivelmente indicativas da atividade intensa de correntes de fundo, com capacidade de remobilização de sedimentos. As formas de fundo identificadas são referentes ao impacto do equipamento junto ao fundo, não sendo consideradas nesta avaliação.



**FIGURA 49 - Presença de pequenas carapaças de coloração branca, podendo ser inteiras ou em fragmentos, de organismos marinhos não identificados durante a campanha de caracterização ambiental da Área Norte de Carcará.**

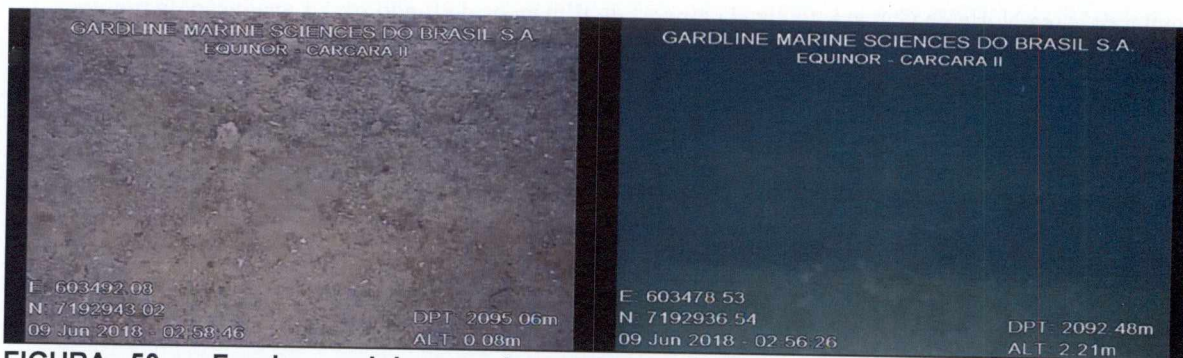
### CARCARÁ II

O fundo marinho na locação Carcará II apresentou características semelhantes a estação anterior, sedimentos inconsolidados finos e de constituição visualmente homogênea, de coloração marrom claro à cinza claro



(Figura 50). Também foi possível notar a presença de pequenas carapaças de coloração branca, podendo ser inteiras ou em fragmentos, de organismos marinhos não identificados.

No local das filmagens também não foram identificadas estruturas biogênicas, como por exemplo na forma de bancos ou recifes. Também não foram observadas localmente feições de fundo possivelmente indicativas da atividade intensa de correntes de fundo, com capacidade de remobilização de sedimentos.



**FIGURA 50 - Fundo marinho na locação Carcará II, que apresentou características semelhantes a estação Carcará I durante a campanha de caracterização ambiental da Área Norte de Carcará.**

### CARCARÁ III

A análise das imagens do fundo marinho da estação Carcará III evidencia que os sedimentos da área são inconsolidados. A visualização do vídeo sugere que a constituição sedimentar da região possui aspecto lamoso, com coloração de marrom a cinza claro e com grande quantidade de pequenas carapaças brancas (podendo ser inteiras ou fragmentadas, bem visíveis nas filmagens). A região é visivelmente constituída por sedimentos finos que entraram em suspensão devido ao choque do equipamento com o fundo marinho (Figura 51).



**FIGURA 51 – Abundância de carapaças brancas (inteiras ou fragmentadas). Suspensão de sedimentos próximo ao fundo devido a aterrissagem da dropcam no assoalho marinho. Estação Carcará III durante a campanha de caracterização ambiental da Área Norte de Carcará.**



## CARCARÁ IV

O fundo marinho do ponto Carcará IV apresentou características semelhantes ao de Carcará III (**Figura 52**) onde também notou-se a presença de carapaças brancas, podendo ser inteiras ou fragmentadas. As imagens também evidenciam a composição local de sedimentos inconsolidados.



**FIGURA 52 – Grande suspensão de sedimentos devido ao choque da dropcam no fundo durante a campanha de caracterização ambiental da Área Norte de Carcará.**

## CARCARÁ V

O imageamento desta estação revelou características semelhantes aquelas observadas nas outras localidades denominadas Carcará, com sedimentos inconsolidados com conteúdo de carapaças e a mesma coloração previamente descrita (**Figura 53**).



**FIGURA 53 – Aspecto do fundo marinho em Carcará V durante a campanha de caracterização ambiental da Área Norte de Carcará.**

## ESTAÇÃO 4

Nesta estação, os sedimentos que entraram em suspensão devido ao pouso do equipamento demoraram mais tempo para sedimentar novamente. Embora a visualização das imagens tenha sido dificultada pelas partículas suspensas, pôde-se notar as mesmas características previamente descritas para os outros pontos filmados (**Figura 54**).





**FIGURA 54** – Imagem de fundo obtida através da dropcam, na Estação 4 durante a campanha de caracterização ambiental da Área Norte de Carcará.

### ESTAÇÃO 5

Não diferente dos demais pontos, a Estação 5 apresentou fundo com características semelhantes a todas as estações imageadas (**Figura 55**).



**FIGURA 55** – Imageamento do fundo marinho na Estação 5 durante a campanha de caracterização ambiental da Área Norte de Carcará.

A seguir são apresentadas as imagens de fundo observadas ao longo do Bloco BM-S-8. As filmagens realizadas em ambos os blocos indicaram a semelhança entre as condições de fundo encontradas na Área Norte de Carcará e no Bloco BM-S-8, demonstrando a homogeneidade de ambas as áreas (**Figura 56**). Tanto no atual estudo quanto na caracterização do Bloco BM-S-8, não foi observada a presença de bancos de rodolitos, algas calcárias, corais de profundidade, estruturas recifais ou qualquer outro tipo de substrato de formação biogênica ou feições geomorfológicas relevantes na área inspecionada.

A presença de biodetritos (como tubos de poliquetas e fragmentos de conchas) foi amplamente observada na superfície do substrato marinho, no atual estudo e no Bloco BM-S-8, sendo possível inferir que a contribuição de carbonatos bioclásticos é relevante para a constituição do sedimento local.



**Estação 1**

GARDLINE MARINE SCIENCES DO BRASIL S.A.  
STATOIL BM-S-8 STA 01

E: 564251.92  
N: 7182572.34  
20 Feb 2017 - 00:49:50  
DPT: 2027.46m  
ALT: 0.08m

GARDLINE MARINE SCIENCES DO BRASIL S.A.  
STATOIL BM-S-8 STA 01

E: 564257.93  
N: 7182569.22  
20 Feb 2017 - 00:51:47  
DPT: 2027.51m  
ALT: 0.16m

**Estação 2 (=Guanxuma NW Appraisal)**

GARDLINE MARINE SCIENCES DO BRASIL S.A.  
STATOIL BM-S-8 STA 02 - GUANXUMA NW APP (D4)

E: 567114.92  
N: 7169044.97  
11 Feb 2017 - 15:42:39  
DPT: 2018.74m  
ALT: 0.08m

GARDLINE MARINE SCIENCES DO BRASIL S.A.  
STATOIL BM-S-8 STA 02 - GUANXUMA NW APP (D4)

E: 567093.88  
N: 7169046.64  
11 Feb 2017 - 15:42:52  
DPT: 2018.75m  
ALT: 0.08m

**Estação 3 (=Guanxuma)**

GARDLINE MARINE SCIENCES DO BRASIL S.A.  
STATOIL BM-S-8 STA 03 - GUANXUMA (D1)

E: 572562.47  
N: 7164548.94  
11 Feb 2017 - 11:35:54  
DPT: 2012.56m  
ALT: 0.08m

GARDLINE MARINE SCIENCES DO BRASIL S.A.  
STATOIL BM-S-8 STA 03 - GUANXUMA (D1)

E: 572596.83  
N: 7164521.96  
11 Feb 2017 - 11:37:48  
DPT: 2012.59m  
ALT: 0.10m

**Estação 4**

GARDLINE MARINE SCIENCES DO BRASIL S.A.  
STATOIL BM-S-8 STA 04

E: 574377.29  
N: 7175119.47  
11 Feb 2017 - 20:13:57  
DPT: 2124.54m  
ALT: 0.08m

GARDLINE MARINE SCIENCES DO BRASIL S.A.  
STATOIL BM-S-8 STA 04

E: 574383.11  
N: 7175138.28  
11 Feb 2017 - 20:14:15  
DPT: 2124.54m  
ALT: 0.08m



**Estação 5 (=Urtiga East)**

GARDLINE MARINE SCIENCES DO BRASIL S.A.  
STATOIL BM-S-8 STA 05 URTIGA EAST - D6

E: 584313.69  
N: 7181131.51  
19 Feb 2017 - 18:20:28

DPT: 1948.89m  
ALT: 0.31m

GARDLINE MARINE SCIENCES DO BRASIL S.A.  
STATOIL BM-S-8 STA 05 URTIGA EAST - D6

E: 584306.00  
N: 7181125.38  
19 Feb 2017 - 18:21:02

DPT: 1949.05m  
ALT: 0.00m

**Estação 6**

GARDLINE MARINE SCIENCES DO BRASIL S.A.  
STATOIL BM-S-8 STA 06

E: 606051.28  
N: 7187621.51  
09 Feb 2017 - 23:44:08

DPT: 2103.15m  
ALT: 0.17m

GARDLINE MARINE SCIENCES DO BRASIL S.A.  
STATOIL BM-S-8 STA 06

E: 606121.49  
N: 7187618.89  
09 Feb 2017 - 23:46:21

DPT: 2103.03m  
ALT: 0.08m

**Estação 7**

GARDLINE MARINE SCIENCES DO BRASIL S.A.  
STATOIL BM-S-8 STA 07

E: 607520.65  
N: 7171591.23  
10 Feb 2017 - 14:41:48

DPT: 2156.69m  
ALT: 0.80m

GARDLINE MARINE SCIENCES DO BRASIL S.A.  
STATOIL BM-S-8 STA 07

E: 607514.26  
N: 7171619.20  
10 Feb 2017 - 14:12:07

DPT: 2157.04m  
ALT: 0.00m

**Estação 8**

GARDLINE MARINE SCIENCES DO BRASIL S.A.  
STATOIL BM-S-8 STA 08

E: 603738.71  
N: 7159625.32  
11 Feb 2017 - 02:02:12

DPT: 2130.88m  
ALT: 0.08m

GARDLINE MARINE SCIENCES DO BRASIL S.A.  
STATOIL BM-S-8 STA 08

E: 603701.88  
N: 7159636.33  
11 Feb 2017 - 02:05:56

DPT: 2130.39m  
ALT: 0.75m

*R*

**Locação do Poço Guanxuma 2**

<p>GARDLINE MARINE SCIENCES DO BRASIL S.A. STATOIL BM-S-8 GUANXUMA 2 - D9</p> <p>E: 572697.28 N: 7164554.03 08 Feb 2017 - 22:57:16</p> <p>DPT: 2012.07m ALT: 0.08m</p>	<p>GARDLINE MARINE SCIENCES DO BRASIL S.A. STATOIL BM-S-8 GUANXUMA 2 - D9</p> <p>E: 572679.81 N: 7164560.60 08 Feb 2017 - 22:58:51</p> <p>DPT: 2012.08m ALT: 0.00m</p>
--	--

**Locação do Poço Guanxuma Appraisal**

<p>GARDLINE MARINE SCIENCES DO BRASIL S.A. STATOIL BM-S-8 GUANXUMA APP D2</p> <p>E: 576302.90 N: 7163694.09 08 Feb 2017 - 13:27:27</p> <p>DPT: 2014.43m ALT: 0.08m</p>	<p>GARDLINE MARINE SCIENCES DO BRASIL S.A. STATOIL BM-S-8 GUANXUMA APP D2</p> <p>E: 576314.31 N: 7163705.51 08 Feb 2017 - 13:29:40</p> <p>DPT: 2014.49m ALT: 0.08m</p>
--	--

**Locação do Poço Guanxuma NW**

<p>GARDLINE MARINE SCIENCES DO BRASIL S.A. STATOIL BM-S-8 GUANXUMA NW - D3</p> <p>E: 570422.91 N: 7167828.45 09 Feb 2017 - 02:14:56</p> <p>DPT: 2015.44m ALT: 0.08m</p>	<p>GARDLINE MARINE SCIENCES DO BRASIL S.A. STATOIL BM-S-8 GUANXUMA NW - D3</p> <p>E: 570439.66 N: 7167887.71 09 Feb 2017 - 02:16:10</p> <p>DPT: 2015.45m ALT: 0.08m</p>
---	---

**Locação do Poço Carcará NW Appraisal**

<p>GARDLINE MARINE SCIENCES DO BRASIL S.A. STATOIL BM-S-8 CARCARA NW APP - D5</p> <p>E: 598729.26 N: 7188080.37 09 Feb 2017 - 15:07:13</p> <p>DPT: 2058.39m ALT: 0.10m</p>	<p>GARDLINE MARINE SCIENCES DO BRASIL S.A. STATOIL BM-S-8 CARCARA NW APP - D5</p> <p>E: 598830.33 N: 7188044.43 09 Feb 2017 - 15:12:02</p> <p>DPT: 2058.70m ALT: 0.08m</p>
--	--





**FIGURA 56 –** Imagens da inspeção de fundo obtidas durante a caracterização ambiental do Bloco BM-S-8, Bacia de Santos.

## 5.5 CARACTERIZAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA

A qualidade da água do mar durante a caracterização ambiental da Área Norte de Carcará é discutida neste subitem a partir dos resultados de diversos parâmetros físico-químicos. Os resultados obtidos foram comparados com os valores de referência estipulados pela Resolução CONAMA nº 357/05 para Águas Salinas Classe 1, por ser a mais restritiva, e com valores reportados na literatura para essa região. Salienta-se que o **Anexo D** apresenta os laudos referentes as análises realizadas e o **Anexo F** os dados em planilha excel.

### 5.5.1 TEMPERATURA, SALINIDADE E DENSIDADE DA ÁGUA

#### *Estrutura da coluna d'água*

A análise conjunta dos dados de temperatura e salinidade permite a identificação das diferentes massas d'água presentes nas regiões (BOLTOVSKOY, 1981; TOMMASI, 1994; BRAGA & NIENCHESKI, 2006). Neste estudo, os dados de temperatura, salinidade e densidade foram utilizados para caracterizar as águas da região.

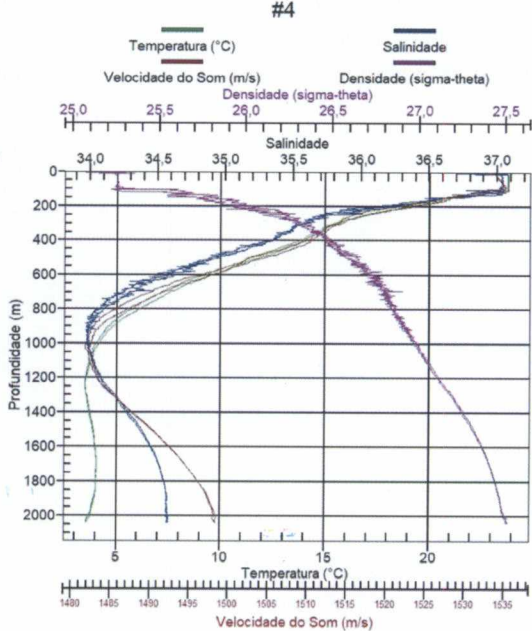
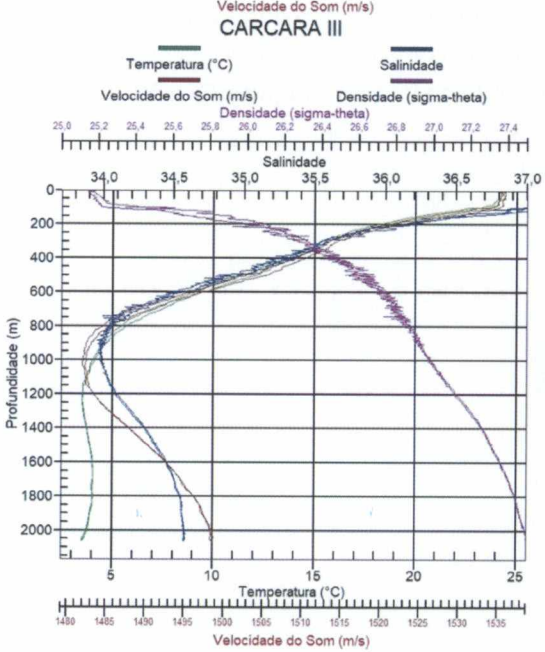
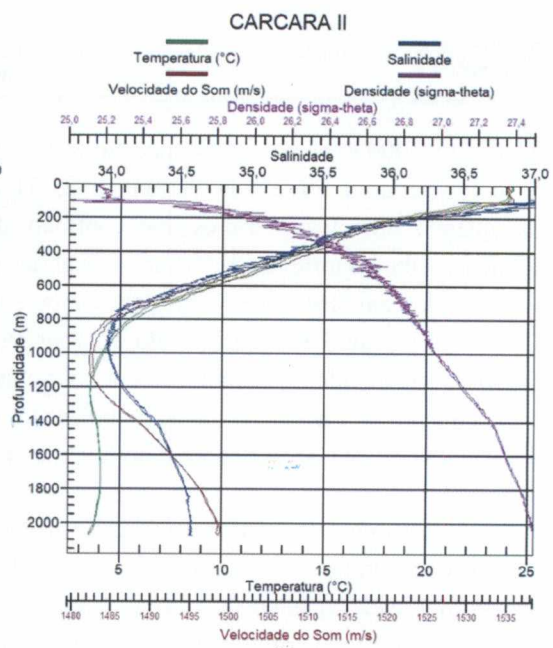
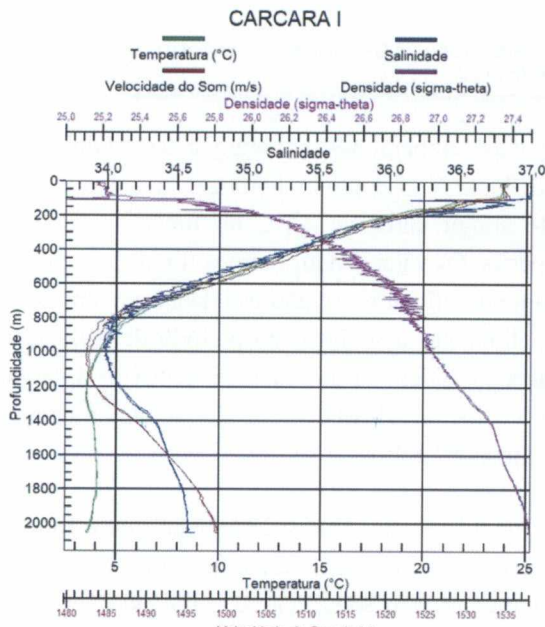
Os perfis de salinidade e temperatura das 5 estações amostradas na Área Norte de Carcará mostraram a termoclina iniciando em torno de 100 m de profundidade em todas as estações perfiladas. Em



aproximadamente 1000 m a partir da superfície da água, as temperaturas voltaram a se estabilizar. Em superfície, a temperatura observada variou de 23,54 a 24,42 °C, seguindo homogênea até o início da termoclina, quando iniciou um decréscimo contínuo até atingir cerca de 4,1°C no fim da termoclina, se mantendo em seguida em torno de 3,7 °C até o final dos perfis. Os valores aqui obtidos foram bem próximos daqueles observados em BM-S-8, exceto pela temperatura superficial da região estudada, que em BM-S-8 variou entre 27 a 28, possivelmente devido a variações climáticas associadas ao período de realização da campanha e/ou à sazonalidade. Ressalta-se que as camadas superficiais estão mais susceptíveis a variações externas e, enquanto a campanha de caracterização do Bloco BM-S-8 ocorreu no verão, a campanha realizada na Área Norte de Carcará ocorreu no inverno (**Figuras 57 e 58**).

Os resultados mostraram que, com o decréscimo da profundidade, os valores de temperatura e salinidade variaram de forma similar. Os máximos de salinidade estiveram em superfície e os mínimos a cerca de 1000 m de profundidade, quando os valores voltam a aumentar. Em superfície, a salinidade variou entre 36,87 e 37,36, e, a partir de, aproximadamente, 1000 m de profundidade, os valores caem para em torno de 34, e até o final da perfilagem apresentam média de 34,35. Assim como os dados de temperatura, a salinidade também apresentou grande semelhança com os resultados do Bloco BM-S-8 (**Figuras 57 e 58**).





*R*

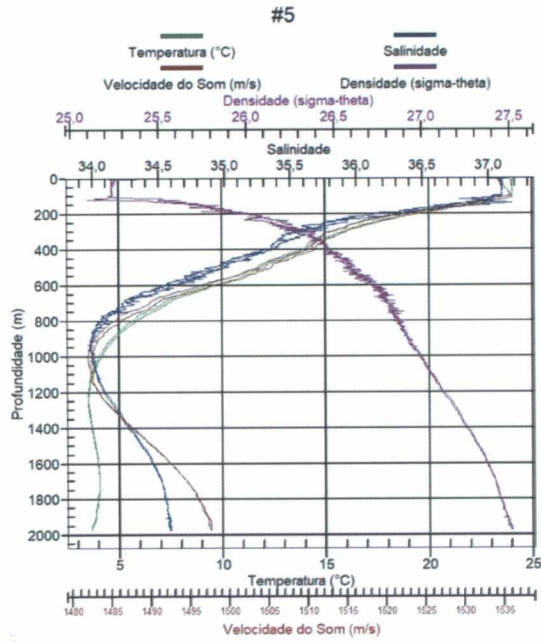
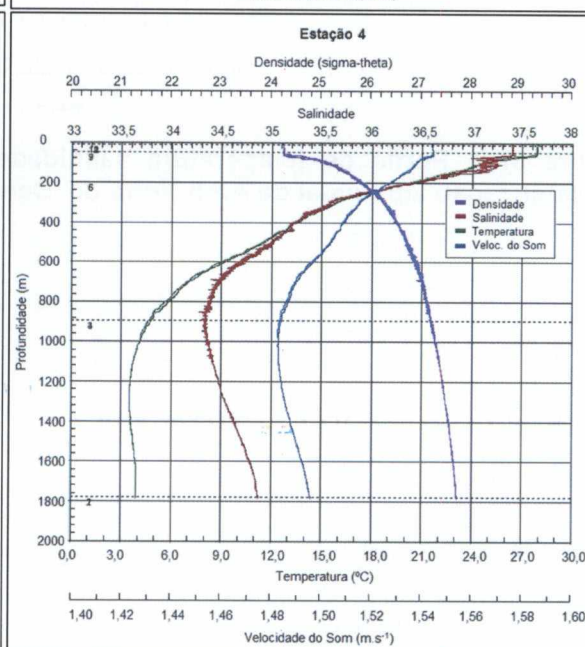
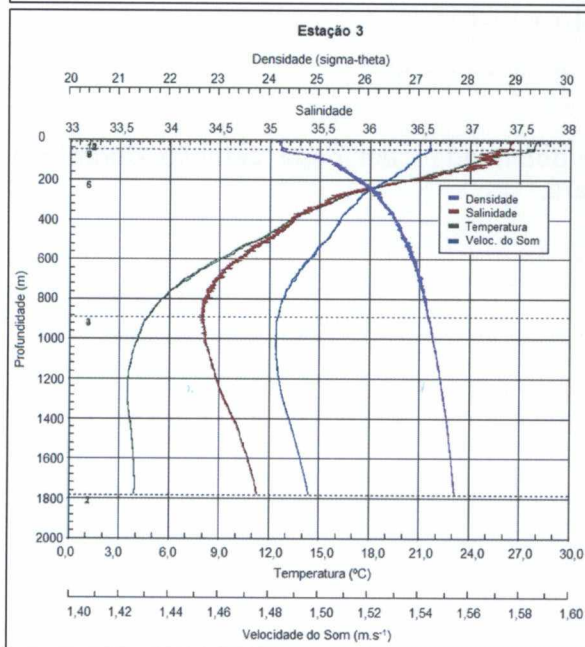
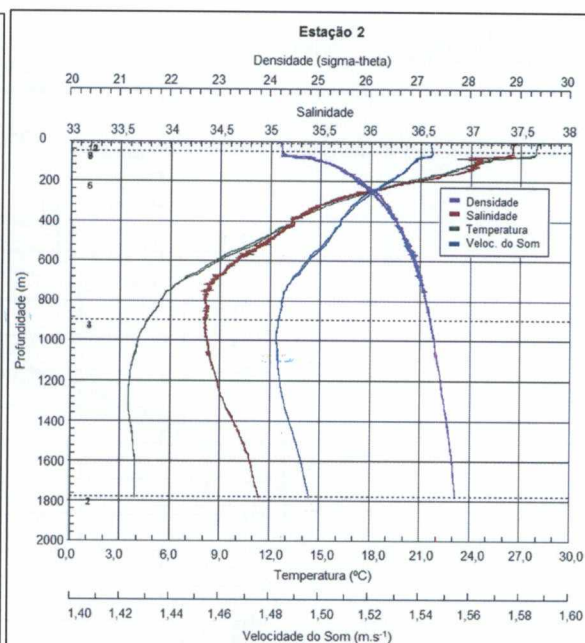
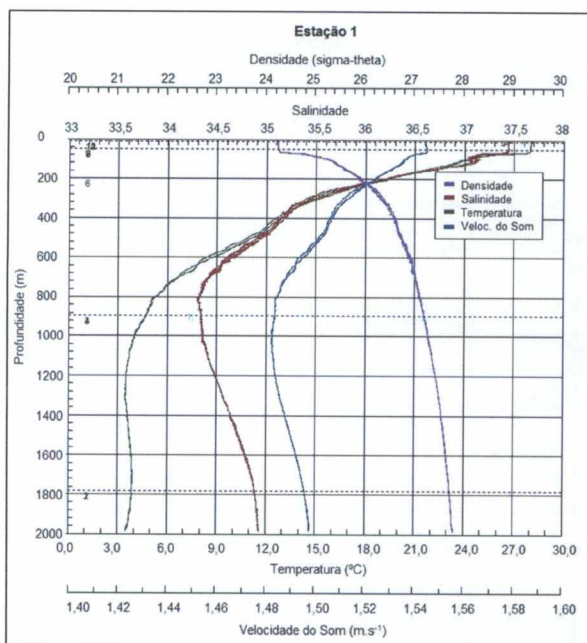
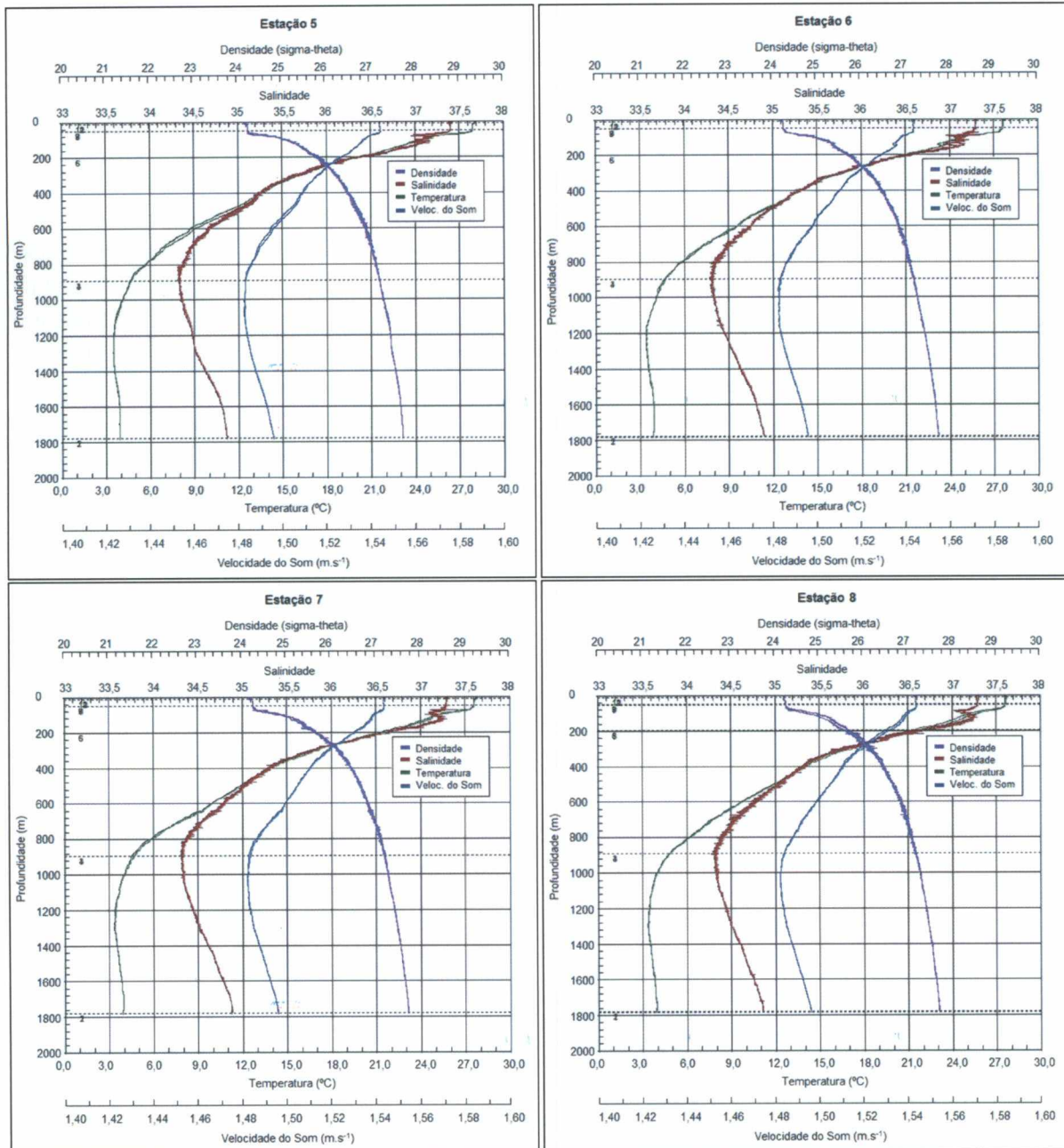


Figura 57 – Perfis de temperatura salinidade, densidade em cada estação durante a caracterização ambiental da Área Norte de Carcará.







**FIGURA 58 – Perfis de temperatura, salinidade, densidade e velocidade do som em cada estação durante a caracterização ambiental do Bloco BM-S-8.**

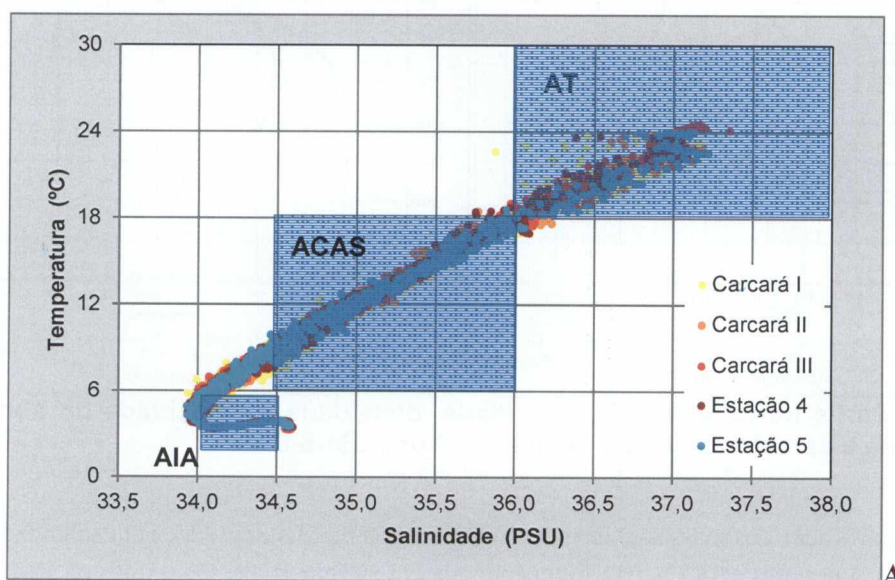
Em relação à identificação das massas d'água, a chamada Água de Mistura (AM, com salinidades entre 34 - 36 e temperaturas superiores a 18°C), não foi encontrada em subsuperfície. Os limites da AM não estavam definidos nos perfis visualizados, possivelmente devido à época do ano (inverno) e às condições extremas de vento e mar vivenciadas durante as amostragens. Dessa forma, a profundidade de amostragem associada à Água de Mistura seguiu a profundidade de 10 m determinada para esta área de estudo (CASTRO & MIRANDA, 1998). A Água Tropical foi diagnosticada em todas as estações, com os valores de salinidade e temperatura coincidindo com outros estudos realizados (temperaturas maiores que 18°C e salinidade



inferiores a 36; CASTRO & MIRANDA, 1998; STATOIL/AECOM, 2017). Os limites indicativos da ACAS, com temperaturas entre 6°C e 18°C e salinidade variando de 34,5 a 36 (CASTRO & MIRANDA, 1998), também foram observados em todas as estações. O surgimento da AIA ocorreu em torno de 750 m ( $2,75^{\circ}\text{C} < T < 5^{\circ}\text{C}$  e  $34,1 < S < 34,5$ ) representada pelo estrato D. O estrato E foi associado à massa d'água APAN ( $2,04^{\circ}\text{C} < T < 3,31^{\circ}\text{C}$  e  $34,59 < S < 34,87$ ), tendo seu início na profundidade aproximada de 1200 m, em todos os pontos perfilados (**Figura 59**).

De uma forma geral, as profundidades de ocorrência das massas d'água identificadas no presente estudo foram relativamente mais profundas do que aquelas encontradas em BM-S-8, possivelmente devido as coletas terem sido realizadas em diferentes estações do ano (**Figura 59**). Alguns autores defendem a existência da pequena influência da sazonalidade na distribuição vertical de massas d'água em regiões oceânicas e de plataforma na costa brasileira. SILVA et al. (2005), em estudo na seção equatorial oeste do Atlântico, observaram um afundamento no topo da AIA na região estudada, durante o inverno. Um outro levantamento realizado no ambiente marinho próximo ao Espírito Santo também apontou influências sazonais no posicionamento das massas d'água ao longo da coluna d'água. Tal estudo identificou que no inverno e na primavera as massas d'água estavam mais densas do que no verão e no outono (PRATA, 2007). A análise de dados em diferentes épocas do ano para a região de BM-S-8 mostrou que a distribuição vertical das massas d'água não apresenta diferenças significativas entre verão e outono ou entre inverno e primavera, porém entre inverno e verão é possível notar pequenas variações. No inverno, assim como no presente estudo, as profundidades do topo da AIA e da APAN estiveram ligeiramente mais profundas do que o visualizado nos dados obtidos no verão (conforme observado em dados climatológicos obtidos no WOA13, do NODC; STATOIL/PROOCEANO, 2016).

Os diagramas TS apresentados abaixo destacam as massas d'água identificadas na Área Norte de Carcará e no Bloco BM-S-8, ambos apresentaram coerência com os valores encontrados em levantamentos pretéritos nesta área de estudo (**Figura 59**; CASTRO & MIRANDA, 1998; STATOIL/PROOCEANO, 2016).



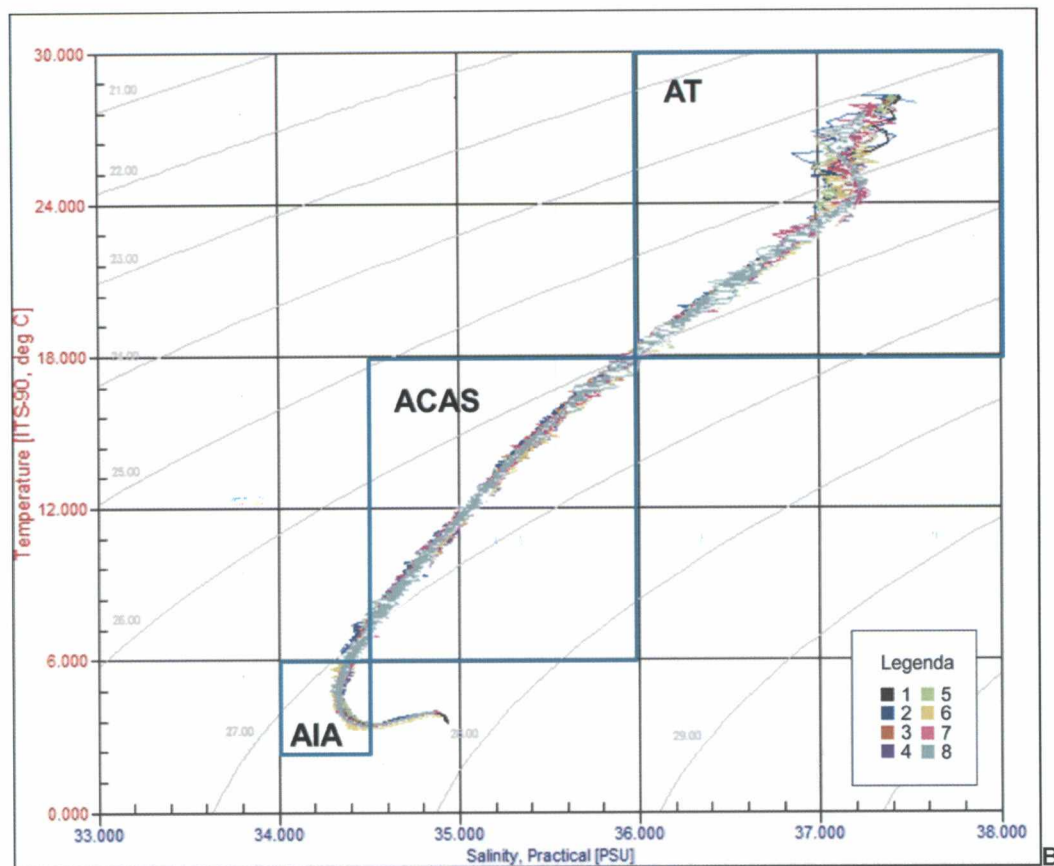


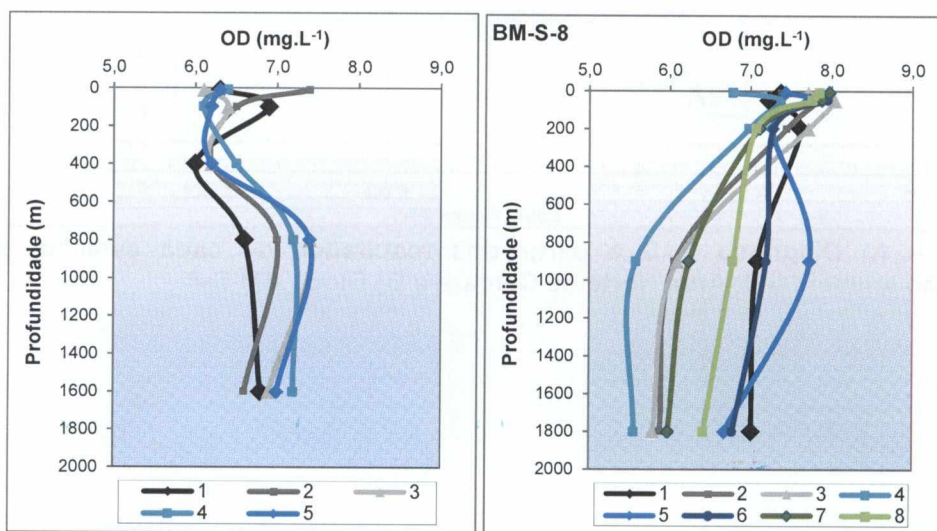
FIGURA 59 – A) Diagrama T&S a partir dos resultados de cada estação durante a caracterização ambiental da Área Norte de Carcará e B) Bloco BM-S-8.



## 5.5.2 OXIGÊNIO DISSOLVIDO E PH

A média geral de OD, considerando todas as profundidades e estações amostradas na Área Norte de Carcará foi de  $6,63 \text{ mg.L}^{-1}$  (variando entre  $6,00 \text{ mg.L}^{-1}$  e  $7,40 \text{ mg.L}^{-1}$ ), valores ligeiramente inferiores aos observados no Bloco BM-S-8 ( $7,09 \text{ mg.L}^{-1}$ , com mínimo de  $5,56 \text{ mg.L}^{-1}$  e máximo de  $8,04 \text{ mg.L}^{-1}$ ; **Figura 60**). O presente estudo mostrou tendências de variações diferentes em relação as estações amostradas. Na estação 1, por exemplo, os valores de OD aumentaram até, aproximadamente, a profundidade de início da termoclina (100 m), sofrendo um decréscimo até cerca de 400 m, onde um novo aumento foi observado até cerca de 800 m. A partir de então, os valores ficaram praticamente constantes, com pequeno decréscimo com o aumento da profundidade. Tal comportamento foi similar ao identificado nos resultados da estação 5 do Bloco BM-S-8 (STATOIL/AECOM, 2017).

De uma forma geral, as concentrações de tal parâmetro encontradas na Área Norte de Carcará aumentaram de 400 m a 800 m de profundidade, onde observou-se ligeiro decréscimo e posterior estabilização dos valores. Todos os resultados aqui encontrados estiveram acima do limite mínimo recomendado pela Resolução CONAMA 357/2007 para águas salinas classe 1 ( $6,0 \text{ mg.L}^{-1}$ ). A manutenção do padrão com a profundidade demonstra que as concentrações remetem a características naturais. Não foi possível notar um padrão local (espacial), já que todas as estações apresentaram uma tendência de oscilação bem semelhante umas das outras (**Figura 60**).

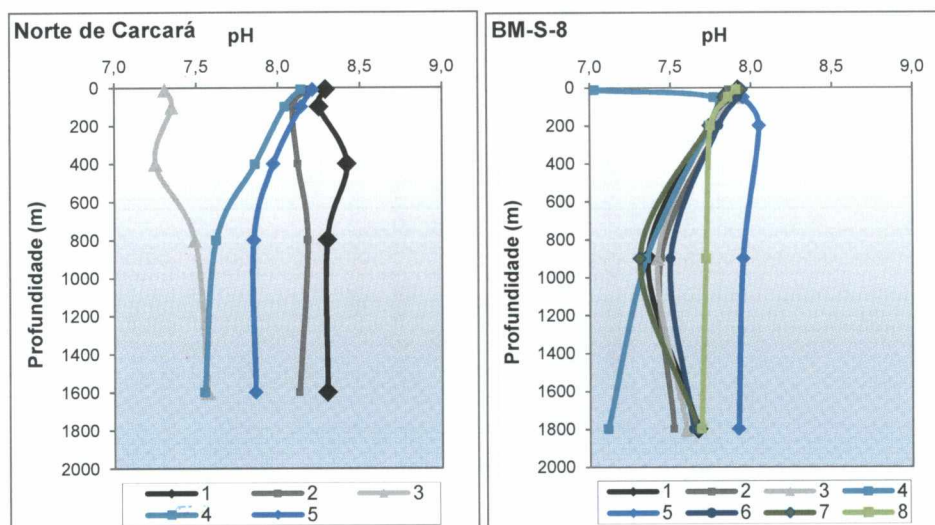


**FIGURA 60 – Oxigênio dissolvido (OD) ( $\text{mg.L}^{-1}$ ) em cada estação durante as caracterizações ambientais da Área Norte de Carcará (a esquerda) e do Bloco BM-S-8 (a direita)**

A revisão bibliográfica referente aos valores de OD observados na Bacia de Santos indica coerência entre os dados aqui obtidos com aqueles levantados em PETROBRAS/HABTEC (2003), por exemplo, realizado na área do Bloco BM-S-8, cujas concentrações variaram majoritariamente entre  $6$  e  $7 \text{ mg.L}^{-1}$  até 200 m de profundidade. Já no trabalho de MMA/PETROBRAS/AS/PEG (2002) foi observado que, ao longo de toda a Bacia de Santos, os máximos de OD estiveram na termoclina e diminuíram com o avanço da profundidade.

A variação dos valores de pH aqui observada foi coerente com aquela citada pela literatura, que diz que, em águas oceânicas, o pH pode oscilar entre 7,9 e 8,4. As variações de pH na água do mar podem estar associadas a diferentes fatores, como, por exemplo, oxidação de matéria orgânica, produção primária e incorporação de CO<sub>2</sub> atmosférico pelo sistema marinho (BRAGA & NIENCHESKI, 2006). PILSON (1998) cita uma média de 8,2 para o pH em águas marinhas.

As oscilações de pH na Área Norte de Carcará estiveram na faixa de 7,25 a 8,42, com média de 7,94. Em geral, os valores foram um pouco maiores em superfície, exceto na estação 1, onde observou-se maiores valores em torno de 100 m de profundidade. A estação 3 apresentou os menores valores, incluindo o mínimo observado, em torno de 400 m de profundidade (Figura 61). Os valores encontrados foram similares aos observados no Bloco BM-S-8.



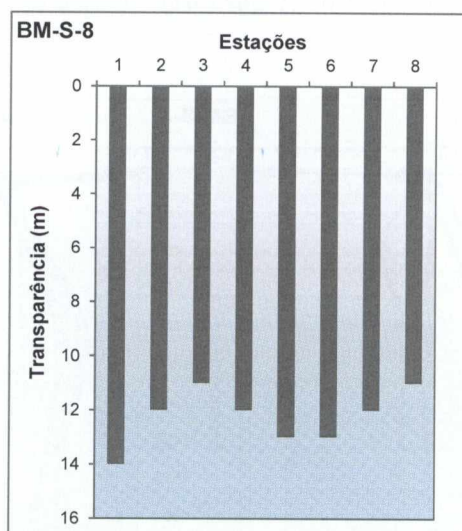
**FIGURA 61 – Potencial hidrogeniônico(pH) em cada estação durante as caracterizações ambientais do Bloco Área Norte de Carcará e doBloco BM-S-8.**

Os valores mensurados na atual campanha foram relativamente superiores aos reportados nos estudos de PETROBRAS/HABTEC (2003) (entre 7,5 e 7,9) e (MMA/PETROBRAS/AS/PEG, 2002) (7,8 e 8,1).

### 5.5.3 TRANSPARÊNCIA

A transparência da água na Área Norte de Carcará foi mensurada *in situ* através da penetração do Disco de Secchi. A transparência da água se relaciona diretamente com a turbidez e partículas na água, porém sofre influência de diversos fatores como incidência solar (variando em função da localização, estação do ano e horário), cor da água, descartes de efluentes, entre outros. FERRARESE (2009) destaca que em oceano aberto a transparência da água sofre forte influência da produção primária. No atual estudo na Área Norte de Carcará, tal medição foi realizada somente na estação 4, já que a maioria das amostragens foi realizada durante a noite e sendo este procedimento dependente de luminosidade. O resultado obtido na estação 4 da Área Norte de Carcará correspondeu a 14 m.

Na **Figura 62**, a seguir, observa-se que o resultado da Área Norte de Carcará, foi similar ao máximo encontrado no Bloco BM-S-8 (que apresentou valores entre 11 e 14 m).



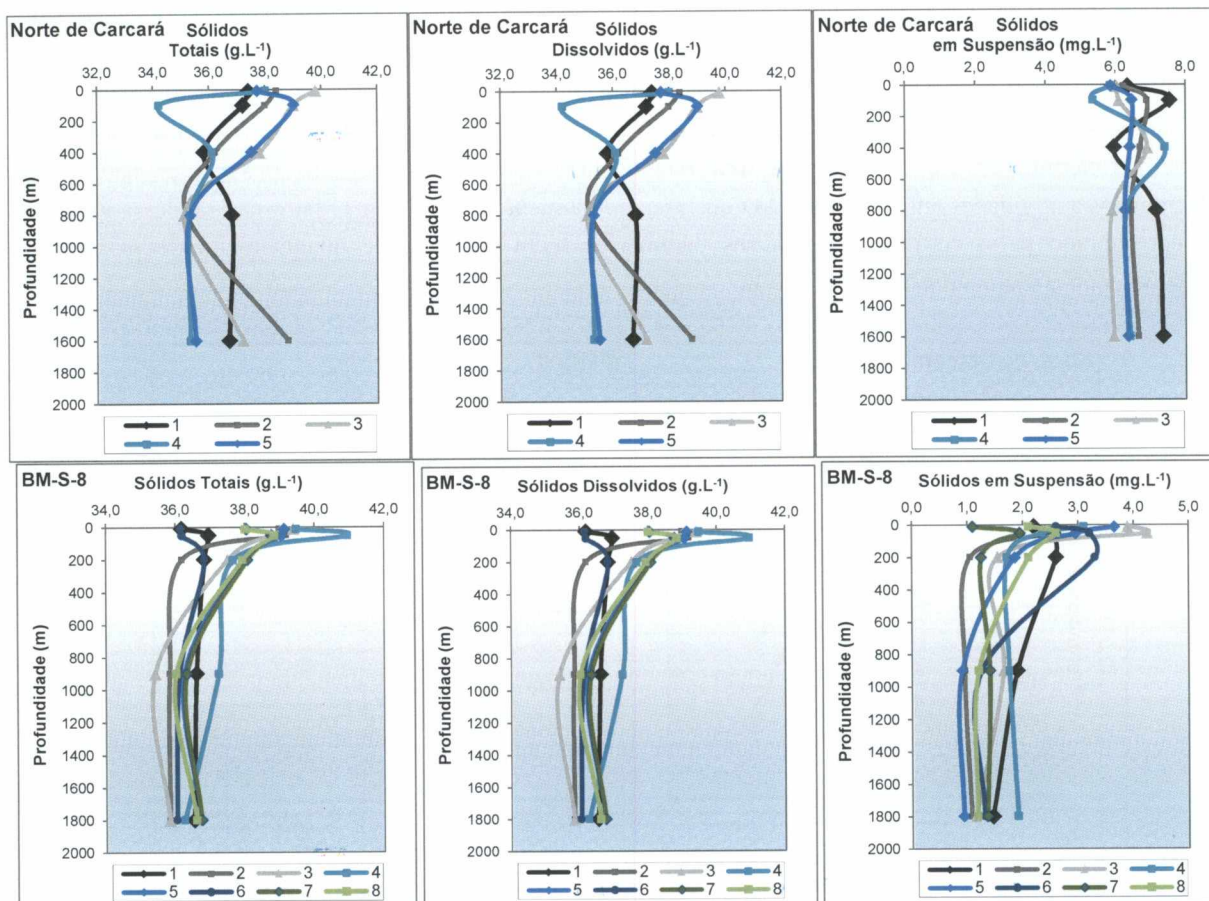
**FIGURA 62 – Transparência (m) em cada estação durante as caracterizações ambientais do Bloco BM-S-8 e da Área Norte de Carcará.**

### 5.5.4 SÓLIDOS TOTAIS, DISSOLVIDOS E EM SUSPENSÃO

Os sólidos na água são constituídos de partículas orgânicas e inorgânicas, como partículas biogênicas, organismos vivos (fitoplâncton, bactérias e outros organismos) e mortos (material detritico), além de partículas minerais. Os sólidos em suspensão totais (SST), também mencionados como material particulado em suspensão (MPS), referem-se às partículas presentes na água acima de 1,2  $\mu\text{m}$ , enquanto que partículas com tamanho inferior correspondem aos sólidos dissolvidos totais (SDT). Já o componente sólidos totais corresponde ao somatório das frações dissolvidas e suspensas.

Na **Figura 63** a seguir observa-se que os sólidos totais são constituídos majoritariamente pelos sólidos dissolvidos, que engloba todos os íons dissolvidos na água do mar, ou seja, majoritariamente  $\text{Cl}^-$  e  $\text{Na}^+$ . Na Área Norte de Carcará, os resultados de sólidos apresentaram valores ligeiramente maiores no estrato de B, com valores de sólidos em suspensão entre 5,35 e 7,55  $\text{mg.L}^{-1}$  (média de 6,43  $\text{mg.L}^{-1}$ ), de sólidos suspensos

entre 34,20 e 39,80 g.L<sup>-1</sup> (média de 36,93 g.L<sup>-1</sup>) e de sólidos totais correspondentes aos mesmos valores de sólidos dissolvidos. No Bloco BM-S-8, as maiores concentrações de sólidos também tenderam a ocorrer nos primeiros estratos (principalmente o B), com valores nas mesmas ordens de grandeza dos observados na Área Norte de Carcará, embora os sólidos em suspensão tenham sido inferiores.



**FIGURA 63 – Sólidos totais, dissolvidos e em suspensão (mg.L<sup>-1</sup>) em cada estação durante as caracterizações ambientais na Área Norte de Carcará e do Bloco BM-S-8.**

Os resultados de sólidos apresentados por MMA/PETROBRAS/AS/PEG (2002) especificamente para a área do Bloco BM-S-8 demonstraram pouca variação para sólidos em suspensão, com valores entre 1,1 e 1,3 mg.L<sup>-1</sup>, e variações com a profundidade para os sólidos dissolvidos, com valores entre 32 e 44 g.L<sup>-1</sup> na área. As concentrações de sólidos dissolvidos tenderam a diminuir com o aumento da profundidade, assim como observado nos resultados da Área Norte de Carcará e do Bloco BM-S-8.

### 5.5.5 CARBONO ORGÂNICO TOTAL

O parâmetro carbono orgânico total (COT) funciona como indicador geral da contribuição orgânica nas águas, incluindo a matéria orgânica adsorvida às partículas presentes na água. O COT representa a soma das frações dissolvida e particulada, e tem sua concentração influenciada por processos físicos, como processos de advecção ou difusão entre diferentes massas d'água, ou biológicos, como migração vertical e excreção de organismos.

As concentrações de COT na Área Norte de Carcará variaram entre 1,85 e 4,90 mg.L<sup>-1</sup>, com média de 2,85 mg.L<sup>-1</sup>. No Bloco BM-S-8, contíguo à Área Norte de Carcará, as concentrações variaram entre 1,05 e 3,80 mg.L<sup>-1</sup>, com média de 2,07 mg.L<sup>-1</sup>. Em ambas as áreas chegaram a ocorrer algumas amostras com concentrações acima do limite máximo preconizado pela Resolução CONAMA 357/05 para águas salinas classe 1 (máximo de 3,00 mg.L<sup>-1</sup>) (Figura 64). Os resultados mais elevados observados não foram relacionados a atividades antrópicas de O&G na área no momento das coletas. O fator natural dessa variação foi corroborado pelos resultados de outros parâmetros (com ausência de quantificação de parâmetros orgânicos, como hidrocarbonetos e BTEX).

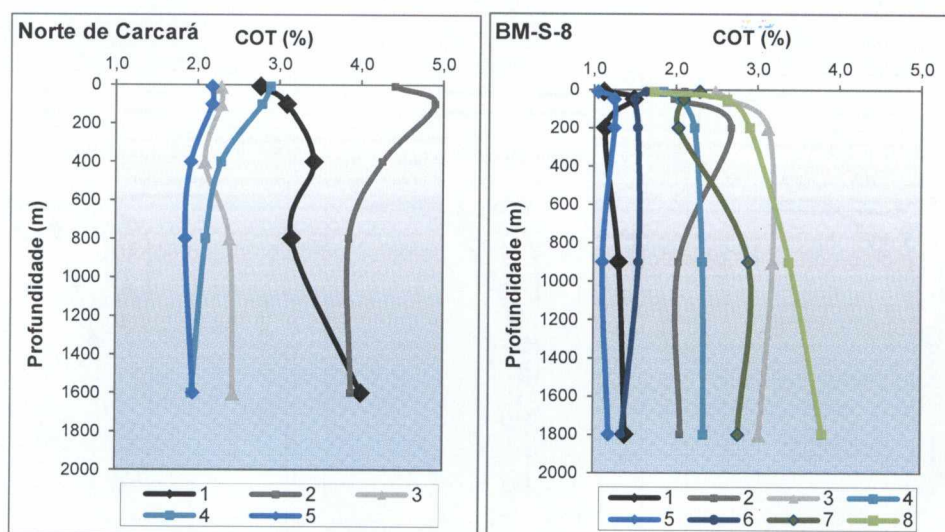


FIGURA 64 – Carbono orgânico total (COT) (mg.L<sup>-1</sup>) em cada estação durante as caracterizações ambientais dos Blocos Área Norte de Carcará e BM-S-8.

Os resultados de COT das análises realizadas por PETROBRAS/HABTEC (2003) demonstram a tendência a concentrações menores (predominantemente inferiores a 1 mg.L<sup>-1</sup>), ainda que mantida a mesma ordem de grandeza.

### 5.5.6 NUTRIENTES (SÉRIE NITROGENADA, FOSFATO E SILICATO)

Para a caracterização da Área Norte de Carcará foram avaliadas as concentrações dos macronutrientes nitrogênio (em suas formas iônicas dissolvidas), fósforo (como fosfato) e silicato. A análise dos nutrientes na



água do mar em estudos ambientais é usual devido a dois fatores: seu papel fundamental para a vida e metabolismo do fitoplâncton (base da cadeia trófica) e a presença destes em efluentes domésticos e industriais indicando, com isso, despejo desse material no meio (AIDAR et. al., 1993).

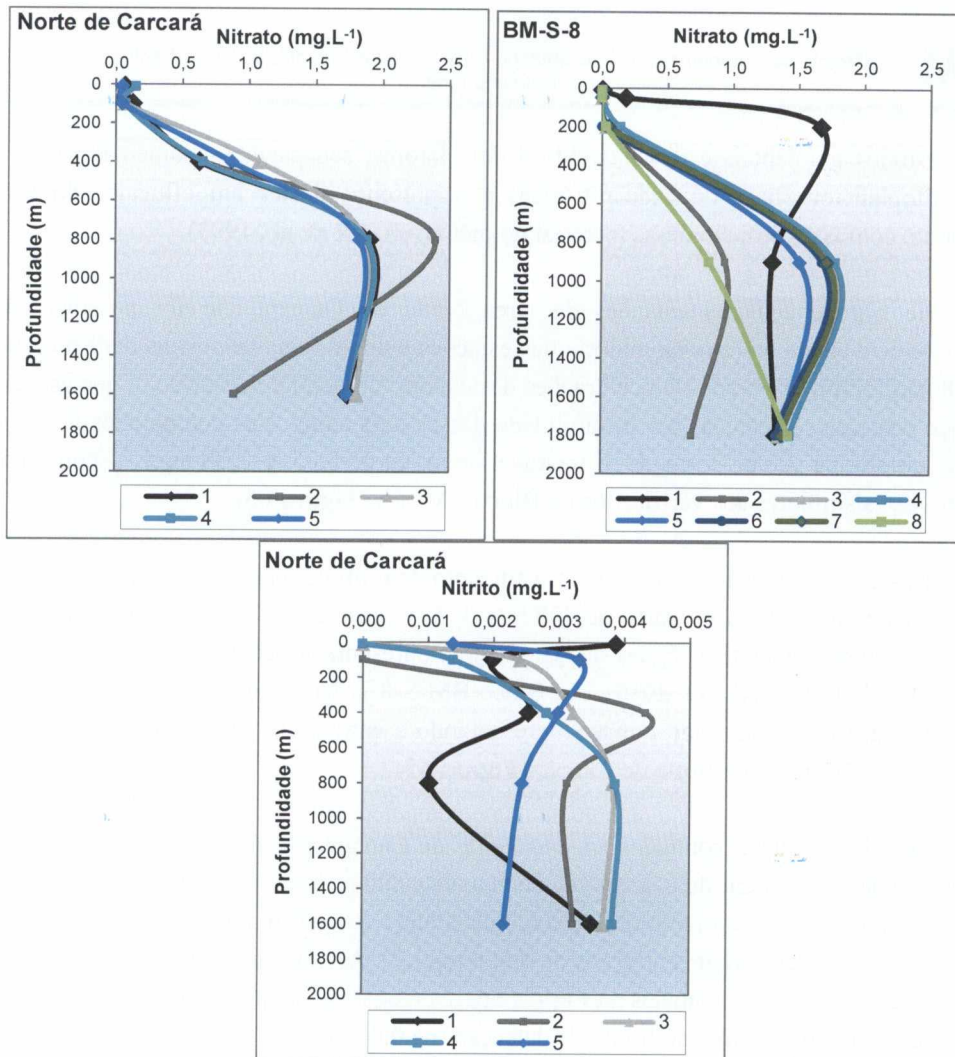
Na análise da série nitrogenada nas estações da Área Norte de Carcará não foi possível encontrar concentrações quantificáveis de amônia na maioria das estações e em algumas amostras denitrato, enquanto no Bloco BM-S-8 não foram observadas concentrações destes íons em nenhuma estação, o que associa-se ao padrão oligotrófico das águas oceânicas e a instabilidade desses dois compostos comparados ao nitrato. As concentrações de nitrato na Área Norte de Carcará variaram entre 0,05 e 2,39 mg.L<sup>-1</sup>, com média de 0,90 mg.L<sup>-1</sup>, valores estes similares aos verificados no Bloco BM-S-8 (**Figura 65**).

Para o nitrato destaca-se uma variação marcada com o aumento da profundidade, o que caracteriza a intrusão de massas d'água mais ricas, a ACAS a partir de 400 m e AIA a partir de 800 m. A queda na concentração do estrato D para o E pode caracterizar águas da APAN, que apresenta concentrações inferiores de nitrato comparadas a da AIA (FOLANI NETO, 2010). No Bloco BM-S-8 já havia sido observada essa tendência, inclusive com uma estação se destacando por ter representando a entrada da ACAS já no estrato C, o que ocorreu em todas as estações na Área Norte de Carcará (**Figura 65**).

Para as concentrações de amônia encontradas na Área Norte de Carcará não é apresentado gráfico, pois as mesmas foram detectadas apenas em duas amostras do estrato a 800 m (estações 2 e 5) e duas amostras do estrato a 1600 m (estações 1 e 4), com valores baixos, iguais entre as quatro amostras correspondentes ao mesmo valor do limite de detecção (concentrações de 0,006 mg.L<sup>-1</sup>). As concentrações de nitrito encontradas na Área Norte de Carcará estão representadas na **Figura 65**, onde observa-se que em superfície a maioria das estações manteve concentrações abaixo do limite de detecção (de 0,0009 mg.L<sup>-1</sup>) e nas demais profundidades as concentrações foram variáveis e relativamente similares, também próximas aos limites de detecção (concentrações de 0,001 a 0,004 mg.L<sup>-1</sup>).

Destaca-se que o limite máximo de nitrato estipulado pela Resolução CONAMA 357/05 para águas salinas classe 1 é de 1,8 mg.L<sup>-1</sup> (ou 0,4 mg.L<sup>-1</sup> N - em base elementar, ou seja, concentração de nitrogênio no nitrato), valor ultrapassado em todas as amostras obtidas a 800 m e em uma amostra a 1600 m (estação 3). A discussão dessas concentrações associada às massas d'água deixa claro que trata-se de um padrão natural, que não pode ser associado a atividades antrópicas. Ressalta-se que as concentrações abaixo são apresentadas pelo total do nutriente (no caso, nitrato), enquanto a Resolução CONAMA 357/05 cita seus limites para nutrientes em base elementar. Na caracterização do Bloco BM-S-8 as concentrações inicialmente reportadas como base elementar correspondiam às concentrações totais, como representado nos gráficos abaixo. No Bloco BM-S-8 já havia sido observado esse *input* de nutrientes diretamente associado a massas d'água, que chegavam a ultrapassar ligeiramente o limite preconizado pela Resolução, assim como observado na Área Norte de Carcará, o que ratifica a associação com fatores naturais (**Figura 65**).

Ressalta-se que amônia e nitrito, quando quantificáveis, caso de algumas estações da Área Norte de Carcará, mantiveram valores baixos, em acordo com os limites preconizados pela Resolução CONAMA 357/05.



**FIGURA 65 – Nitrato (mg.L<sup>-1</sup>) (figuras superiores) em cada estação da caracterização ambiental da Área Norte de Carcará e do Bloco BM-S-8 e Nitrito (mg.L<sup>-1</sup>) (figura inferior) durante a caracterização ambiental da Área Norte de Carcará**

Em estudos pretéritos na região observou-se um comportamento similar para as concentrações de nitrato, aumentando em profundidade, com máximo na profundidade típica de AIA. Em superfície os valores foram inferiores a 1  $\mu\text{mol.L}^{-1}$  (ou 0,06 mg.L<sup>-1</sup>), enquanto a 900 m de profundidade as médias variaram entre 1 e 3  $\mu\text{mol.L}^{-1}$  (0,06 mg.L<sup>-1</sup> a 0,186 mg.L<sup>-1</sup>). A Bacia de Santos, em geral, apresenta baixas concentrações deste íon, com valores entre 0,066 e 0,835 mg.L<sup>-1</sup> (ou 1,06 a 13,50  $\mu\text{mol.L}^{-1}$ ), com áreas de concentrações superiores em alguns pontos da bacia, se estendendo inclusive para a região do Bloco BM-S-8 e Área Norte de Carcará (MMA/PETROBRAS/AS/PEG, 2002).

No trabalho de PETROBRAS/HABTEC (2003) foram observadas concentrações de nitrito variando entre não detectadas e cerca de 4  $\mu\text{mol.L}^{-1}$  (ou 0,184 mg.L<sup>-1</sup>). As concentrações até 100 m mantiveram-se como não detectadas, porém, a partir da AIA observa-se incremento. Para toda a Bacia de Santos verifica-se a

R

tendência a baixas concentrações de nitrito (entre 0,002 mg.L<sup>-1</sup> ou 0,043 µmol.L<sup>-1</sup> e 0,070 mg.L<sup>-1</sup> ou 1,52 µmol.L<sup>-1</sup>, com predominância de concentrações inferiores a 0,04 mg.L<sup>-1</sup> ou 0,88 µmol.L<sup>-1</sup>) (MMA/PETROBRAS/AS/PEG, 2002).

Para a amônia verificou-se uma variação grande entre as concentrações observadas na área dos Blocos BM-S-8, BM-S-9, BM-S-10, BM-S-11 e BM-S-21, desde médias próximas a 0,5, até 3,0 µmol.L<sup>-1</sup> (ou 0,031 até 0,186 mg.L<sup>-1</sup>) (PETROBRAS/HABTEC, 2003). Na análise de MMA/PETROBRAS/AS/PEG (2002) também observou-se oscilações, com concentrações entre 0,003 e 0,060 mg.L<sup>-1</sup> (ou 0,18 a 3,52 µmol.L<sup>-1</sup>), com a região da Área Norte de Carcará e do Bloco BM-S-8 e tendendo a concentrações menores (inferiores a 0,02 mg.L<sup>-1</sup> em superfície e 0,01 mg.L<sup>-1</sup> nas demais profundidades).

A distribuição do fósforo no oceano é controlada por processos biológicos e físicos, como o consumo pelo fitoplâncton na forma PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> durante a fotossíntese (fração inorgânica), sua transformação para fósforo orgânico após o consumo do fitoplâncton pelo zooplâncton e por aporte de fosfato de origem terrestre para o ambiente marinho, por exemplo (MILLERO, 1996). Como fonte antrópica para o meio marinho cita-se efluentes domésticos ou mesmo o uso de polímeros contendo fósforo na estrutura para o tratamento e inibição de incrustação (SEGUI, 2009).

As concentrações de fosfato apresentaram um padrão bastante similar ao de nitrato na Área Norte de Carcará, assim como no Bloco BM-S-8, com incremento relacionado a massas d'águas mais ricas em nutrientes, além do maior consumo pelo fitoplâncton até os 200 m de profundidade. As concentrações variaram de 0,01 até 0,19 mg.L<sup>-1</sup>, com média de 0,09 mg.L<sup>-1</sup>, valores similares aos reportados para o Bloco BM-S-8 (Figura 66). O padrão condiz com o que já foi observado em PETROBRAS/HABTEC (2003) nos Blocos BM-S-8, BM-S-9, BM-S-10, BM-S-11 e BM-S-21, cujas concentrações variaram entre não detectadas até 3,61 µmol.L<sup>-1</sup> (ou 0,34 mg.L<sup>-1</sup>). No levantamento realizado ao longo de toda a Bacia de Santos observou-se concentrações de fosfato entre não detectado até 0,165 mg.L<sup>-1</sup> (ou 1,74 µmol.L<sup>-1</sup>), com predominância de valores em torno de 0,02 mg.L<sup>-1</sup> (0,21 µmol.L<sup>-1</sup>) e concentrações baixas na área dos Blocos Área Norte de Carcará e BM-S-8 (MMA/PETROBRAS/AS/PEG, 2002).

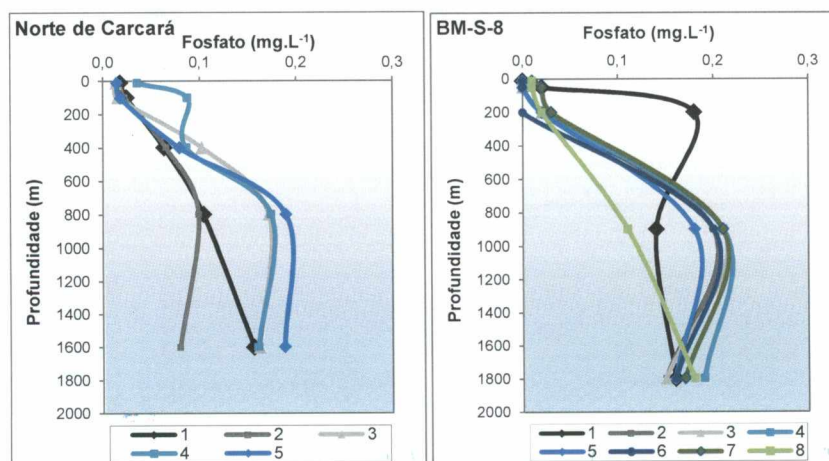
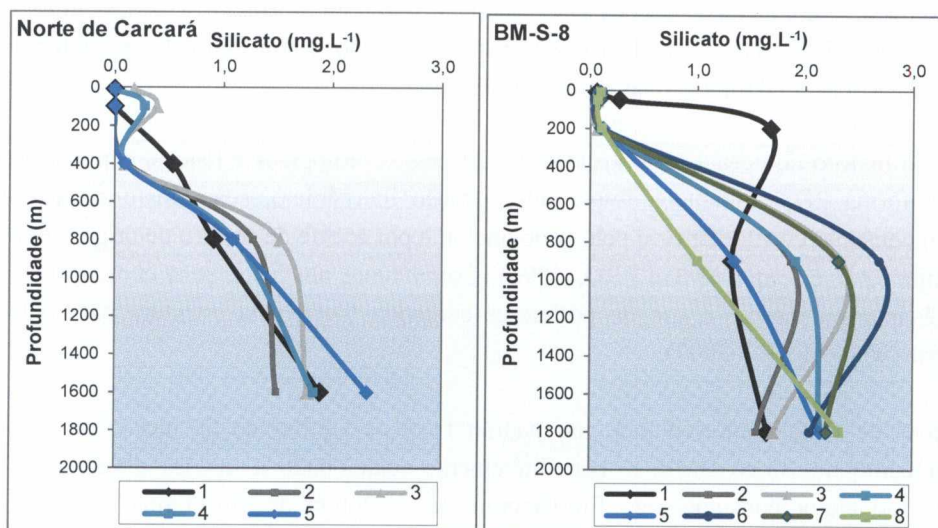


FIGURA 66 – Fosfato (mg.L<sup>-1</sup>) em cada estação durante as caracterizações ambientais da Área Norte de Carcará e do Bloco BM-S-8.

A análise do silicato na água do mar é importante para entender possíveis limitações do meio para o desenvolvimento do plâncton, visto que o silício compõe as frústulas das diatomáceas, dos silicoflagelados e os esqueletos dos radiolários. MILLERO (1996) cita que o silicato dissolvido na água do mar é proveniente principalmente da intemperização dos silicatos presentes nos quartzos, feldspatos e minerais clásticos. Este material oriundo das rochas chega ao mar através de rios e do vento.

Na **Figura 67**, observa-se as concentrações de silicato na Área Norte de Carcará no Bloco BM-S-8. Os resultados foram similares nas duas áreas. As concentrações na Área Norte de Carcará variaram entre  $<LD$  e  $2,32 \text{ mg.L}^{-1}$ , com média de  $0,68 \text{ mg.L}^{-1}$  e enriquecimento a partir da ACASou AIA, dependendo da estação – estratos C e D.



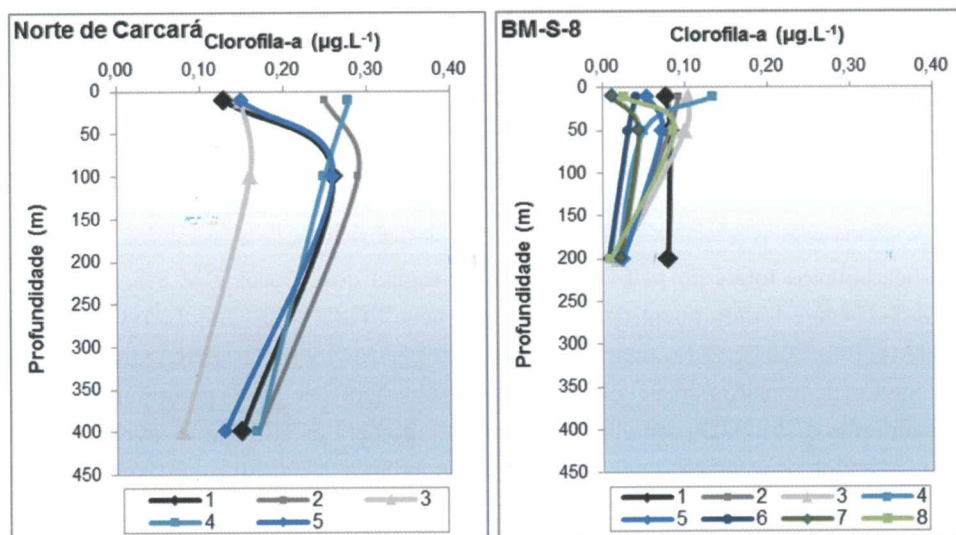
**FIGURA 67 – Silicato ( $\text{mg.L}^{-1}$ ) em cada estação durante as caracterizações ambientais da Área Norte de Carcará e Bloco BM-S-8.**

PETROBRAS/HABTEC (2003) encontraram concentrações elevadas de silicato, entre  $11,45$  e  $56,88 \text{ } \mu\text{mol.L}^{-1}$  (ou cerca de  $0,69$  e  $3,45 \text{ mg.L}^{-1}$ ) ao longo dos Blocos BM-S-8, BM-S-9, BM-S-10, BM-S-11 e BM-S-21. Nos gráficos abaixo observa-se que as concentrações para toda a Bacia de Santos foram similares às observadas no estudo atual, assim como no Bloco BM-S-8 até 200 m. A região do Bloco BM-S-8 no levantamento de MMA/PETROBRAS/AS/PEG (2002) apresentou concentrações em torno de  $0,1 \text{ mg.L}^{-1}$ .

### 5.5.7 CLOROFILA-a

A clorofila-a é um pigmento fotossintético presente em todas as espécies do fitoplâncton e, por isso, é utilizada como uma medida indireta de biomassa fitoplânctonica. NEVEUX *et al.* (1990) comentam sobre a importância do estudo dos pigmentos fotossintéticos e seus derivados como fonte de informações sobre o fitoplâncton nos ecossistemas aquáticos.

Como a luz funciona como um fator limitante à produção primária e a zona eufótica ocorre convencionalmente até 200 m de profundidade, só foram realizadas análises de clorofila-a até o estrato C. Na **Figura 68**, observa-se que, em geral, as concentrações tendem a maiores valores em superfície ou no estrato B, seguidos de decréscimo no estrato C, tanto na Área Norte de Carcará, quanto como já observado em BM-S-8. As concentrações de clorofila-a na Área Norte de Carcará oscilaram entre  $0,08 \mu\text{g.L}^{-1}$  e  $0,29 \mu\text{g.L}^{-1}$ , com média de  $0,19 \mu\text{g.L}^{-1}$ . Observa-se o mesmo padrão com a profundidade entre as diferentes estações, embora ocorram pequenas variações de valores entre as estações. Essas variações de valores podem ser atribuídas a características locais, associadas à produção primária naquele determinado momento em cada ponto, o que também justifica as pequenas variações em relação ao Bloco BM-S-8, embora mantida a tendência a concentrações baixas, associadas às águas oceânicas oligotróficas.



**FIGURA 68** – Clorofila-a ( $\mu\text{g.L}^{-1}$ ) em cada estação durante as caracterizações ambientais da Área Norte de Carcará e do Bloco BM-S-8.

No estudo realizado nos Blocos BM-S-8, BM-S-9, BM-S-10, BM-S-11 e BM-S-21 foram encontradas concentrações de clorofila-a entre  $<0,01$  e  $3,13 \mu\text{g.L}^{-1}$  (PETROBRAS/HABTEC, 2003). Para toda a Bacia de Santos, observa-se maiores concentrações próximas a região costeira, naturalmente associadas à maior disponibilidade de nutrientes. Para a área próxima aos Blocos Área Norte de Carcará e BM-S-8 predominaram concentrações inferiores a  $0,25 \mu\text{g.L}^{-1}$  (MMA/PETROBRAS/AS/PEG, 2002).

### 5.5.8 SULFETOS

Durante a caracterização da Área Norte de Carcará todas as amostras mantiveram concentrações abaixo do limite de quantificação, assim como verificado no Bloco BM-S-8, o que condiz com águas oceânicas oxigenadas. PETROBRAS/HABTEC (2003) analisou sulfetos nos Blocos BM-S-8, BM-S-9, BM-S-10, BM-S-11 e BM-S-21 e encontrou valores entre  $<0,05$  e  $0,93 \mu\text{mol.L}^{-1}$  ( $0,0017 \text{ mg.L}^{-1}$  e  $0,32 \text{ mg.L}^{-1}$ ), com concentrações homogêneas e baixas, porém, demonstrando um incremento a partir de 900 m, que foi associado à AIA.

### 5.5.9 HIDROCARBONETOS, BTEX E FENÓIS

Os hidrocarbonetos e os fenóis constituem os principais contaminantes associados à exploração de petróleo. neste estudo foram analisados os compostos BTEX (Benzeno, Tolueno, Etilbenzeno, m,p-Xilenos, o-Xilenos e Xilenos), os hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (HPAs – 16 ditos prioritários pela USEPA e homólogos alquilados), os hidrocarbonetos totais do petróleo (incluindo C10 ao C36, mais pristano, fitano, n-alcanos, MCNR, HRP e HTP Total/Alifáticos Totais) e fenóis totais. Para todas as amostras analisadas na Área Norte de Carcará as concentrações estiveram abaixo dos limites de quantificação ou detecção do método analítico. O mesmo já havia ocorrido no Bloco BM-S-8.

O levantamento de PETROBRAS/HABTEC (2003) na região dos Blocos BM-S-8, BM-S-9, BM-S-10, BM-S-11 e BM-S-21 avaliou os 16 HPAs prioritários e detectou concentrações apenas de naftaleno, acenafteno, fluoreno e fenantreno (variando de  $<0,03$  a  $3,00 \mu\text{g.L}^{-1}$ ;  $<0,03$  a  $0,04 \mu\text{g.L}^{-1}$ ;  $<0,03$  a  $0,10 \mu\text{g.L}^{-1}$  e  $<0,03$  a  $0,11 \mu\text{g.L}^{-1}$ , respectivamente). O naftaleno foi o único HPA identificado em todos os pontos amostrais e na maioria dos estratos de profundidade. Em MMA/PETROBRAS/AS/PEG (2002) foi observada grande oscilação nos valores de HPAs na Bacia de Santos (entre  $<0,01 \mu\text{g.L}^{-1}$  e  $21,30 \mu\text{g.L}^{-1}$ ), com a maior parte da bacia apresentando concentrações baixas ou inferiores aos limites de detecção/quantificação, como é o caso do presente estudo.

Quanto aos hidrocarbonetos totais do petróleo (HTP), na região dos Blocos BM-S-8, BM-S-9, BM-S-10, BM-S-11 e BM-S-21 não foram quantificadas concentrações ( $\text{LQ} = 0,1 \text{ mg.L}^{-1}$ ) no levantamento de PETROBRAS/HABTEC (2003). O levantamento realizado por MMA/PETROBRAS/AS/PEG (2002) para toda a Bacia de Santos demonstrou áreas com maiores concentrações de HTP, predominantemente ao norte da Bacia, com padrão de distribuição semelhante ao encontrado para os HPAs, provavelmente associado ao aporte antrópico. A maior concentração encontrada correspondeu a  $2.706 \mu\text{g.L}^{-1}$  (10 m), enquanto a média para toda bacia foi de  $64 \mu\text{g.L}^{-1}$ . Na Área Norte de Carcará no Bloco BM-S-8, as concentrações tenderam a valores inferiores a  $100 \mu\text{g.L}^{-1}$ .

No trabalho de PETROBRAS/HABTEC (2003) foram observadas concentrações de fenóis entre  $<0,001$  e  $0,012 \text{ mg.L}^{-1}$ , com média de  $0,003 \text{ mg.L}^{-1}$ . De acordo com MMA/PETROBRAS/AS/PEG (2002) a maior ocorrência dessas substâncias esteve nas amostras de superfície, com média de  $0,03 \mu\text{g.L}^{-1}$  e concentrações mais elevadas ao norte da Bacia de Santos, próximo à costa, chegando até  $0,47 \mu\text{g.L}^{-1}$ . Nas análises realizadas nas profundidades da termoclina e fundo não foram detectadas concentrações de fenóis ( $\text{LD} = 0,01 \mu\text{g.L}^{-1}$ ) em grande parte das estações, inclusive na Área Norte de Carcará e Bloco BM-S-8. Ressalta-se que nos estudos pretéritos realizados em regiões próximas não foram realizadas análises de BTEX.

P

## 5.6 CARACTERIZAÇÃO DAS COMUNIDADES PLANCTÔNICAS

### 5.6.1 FITOPLÂNCTON

#### 5.6.1.1 ANÁLISE QUALITATIVA

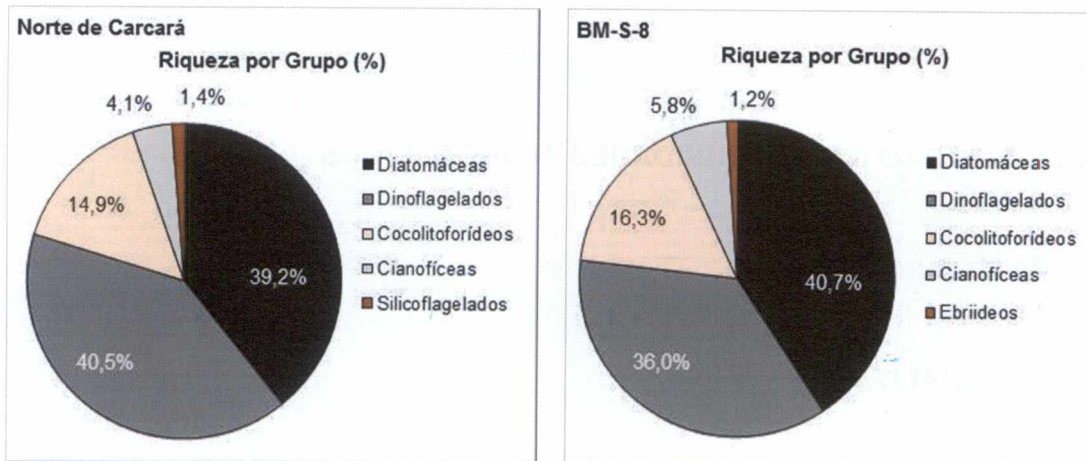
O fitoplâncton é o principal produtor primário de regiões oceânicas e é muito importante na teia trófica marinha, uma vez que é alimento para o zooplâncton herbívoro (WANG *et al.*, 2017; RODRIGUES *et al.*, 2017; MUÑIZ *et al.*, 2018; SARKER *et al.*, 2018). Os organismos fitoplanctônicos sofrem influência do ambiente e variações temporais podem modificar a abundância e a composição específica da comunidade fitoplanctônica. O fitoplâncton é influenciado principalmente pela disponibilidade de nutrientes e de luz. Devido à baixa mobilidade e à pronta resposta às variações ambientais esses organismos são ótimos bioindicadores da saúde dos ambientes marinhos (MAGALHÃES, 2012; MACHADO *et al.*, 2017). As mudanças que ocorrem na comunidade fitoplanctônica em função dos fatores citados resultam em variações na produtividade primária, na teia alimentar marinha e no ciclo global dos nutrientes (COLLINS *et al.*, 2014).

Os organismos fitoplanctônicos podem ser classificados quanto ao tamanho das células e no presente estudo foram analisadas as frações denominadas de nanoplâncton (2-20  $\mu\text{m}$ ) e de microfitoplâncton ( $>20 \mu\text{m}$ ). O nanoplâncton na área de estudo permaneceu como não identificado, tendo sido apenas quantificado.

O microfitoplâncton na Área Norte de Carcará foi caracterizado por 74 táxons, dos quais 47% foi identificado até o nível taxonômico de espécie (**Anexo E**). Foram registrados cinco grupos: 29 diatomáceas, 30 dinoflagelados, 11 coccolitoforídeos, 3 cianofíceas e 1 silicoflagelado. Os dinoflagelados contribuíram com 40,5% do total de espécies identificadas, seguidos por diatomáceas (39,2%), coccolitoforídeos (14,9%), cianofíceas (4,1%) e silicoflagelados (1,4%) (**Figura 69**). Na caracterização Ambiental do Bloco BM-S-8, contíguo à Área Norte de Carcará (STATOIL/AECOM, 2017) foram registrados 86 táxons fitoplanctônicos, com maior contribuição de diatomáceas (40,7%) em relação aos outros grupos observados (**Figura 69**). No antigo bloco de BM-S-8 (PETROBRAS/HABTEC, 2003) foi identificado um total de 184 táxons de fitoplâncton, também com maior número de espécies de diatomáceas (47%).

A dominância de táxons de diatomáceas e dinoflagelados no microfitoplâncton é um reflexo do maior conhecimento sobre esses grupos em relação aos demais organismos fitoplanctônicos (VILLAC & TENENBAUM, 2010). Diatomáceas e dinoflagelados compreendem aproximadamente 80% do fitoplâncton já identificado nos ecossistemas marinhos e mais de 60% do microfitoplâncton do Atlântico Sul é composto por organismos desses dois grupos (SOURNIA *et al.*, 1991; OLGUÍN *et al.*, 2006; TENENBAUM *et al.*, 2007).

Estudos realizados na costa do Brasil também observaram maior contribuição táxons de diatomáceas e dinoflagelados (BRANDINI *et al.*, 1997; VILLAC *et al.*, 2008; TENENBAUM *et al.*, 2007, 2017; VILLAC & TENENBAUM, 2010).



**FIGURA 69 – Contribuição (%) por grupo na riqueza (nº de táxons) da comunidade microfitoplanctônica durante a caracterização ambiental da Área Norte de Carcará e do Bloco BM-S-8.**

Os cocolitoforídeos são comumente observados em águas oceânicas de áreas tropicais e subtropicais (HEIMDAL, 1997). Em um estudo realizado na área oceânica entre Cabo de São Tomé (RJ) e Vitória (ES) esses organismos tiveram grande contribuição na composição específica da comunidade fitoplanctônica (SUSINI-RIBEIRO, 1996).

Algumas espécies identificadas, típicas de regiões oceânicas tropicais, evidenciam a contribuição das águas quentes da plataforma e da Corrente do Brasil, como as **diatomáceas** *Thalassionema nitzschioides*, *Rhizosolenia setigera*, *Cylindrotheca closterium*; *Nitzschia longissima*; os **dinoflagelados** *Oxytoxum* spp., *Pronoctiluca pelagica*, *P. spinifer*; os **cocolitoforídeos** *Calciosolenia brasiliensis*, *C. murrayi*, *Halopappus adriaticus*, *Ophiaster hydroideus*, *Pontosphaera syracusana*, *Discosphaera tubifer* e *Umbellosphaera irregularis* e as cianofíceas filamentosas do gênero *Trichodesmium* e silicoflagelado *Dietyocha fibula*.

A presença de algumas espécies típicas de regiões neríticas, como as diatomáceas *Leptocylindrus danicus* e *L. minimus* e os dinoflagelados do gênero *Prorocentrum* (*P. balticum*, *P. gracile*) e *Scrippsiella trochoidea*, evidenciam a ocorrência de processos de mistura entre a Água Tropical e a Água Costeira.

O maior número de táxons (33 táxons) foi registrado na estação 1 a 100 m de profundidade e o menor número (12 táxons) ocorreu na estação 4 a 400 m de profundidade (**Figura 70**). No presente estudo não foi observado um padrão de distribuição do número de táxons em relação ao posicionamento das estações de coleta e às três profundidades amostradas (**Figura 70**). No estudo realizado na área do Bloco BM-S-8, o maior número de táxons foi obtido na estação 6 a 200 m de profundidade e o menor número ocorreu na estação 4 a 200 m de profundidade (**Figura 70**).



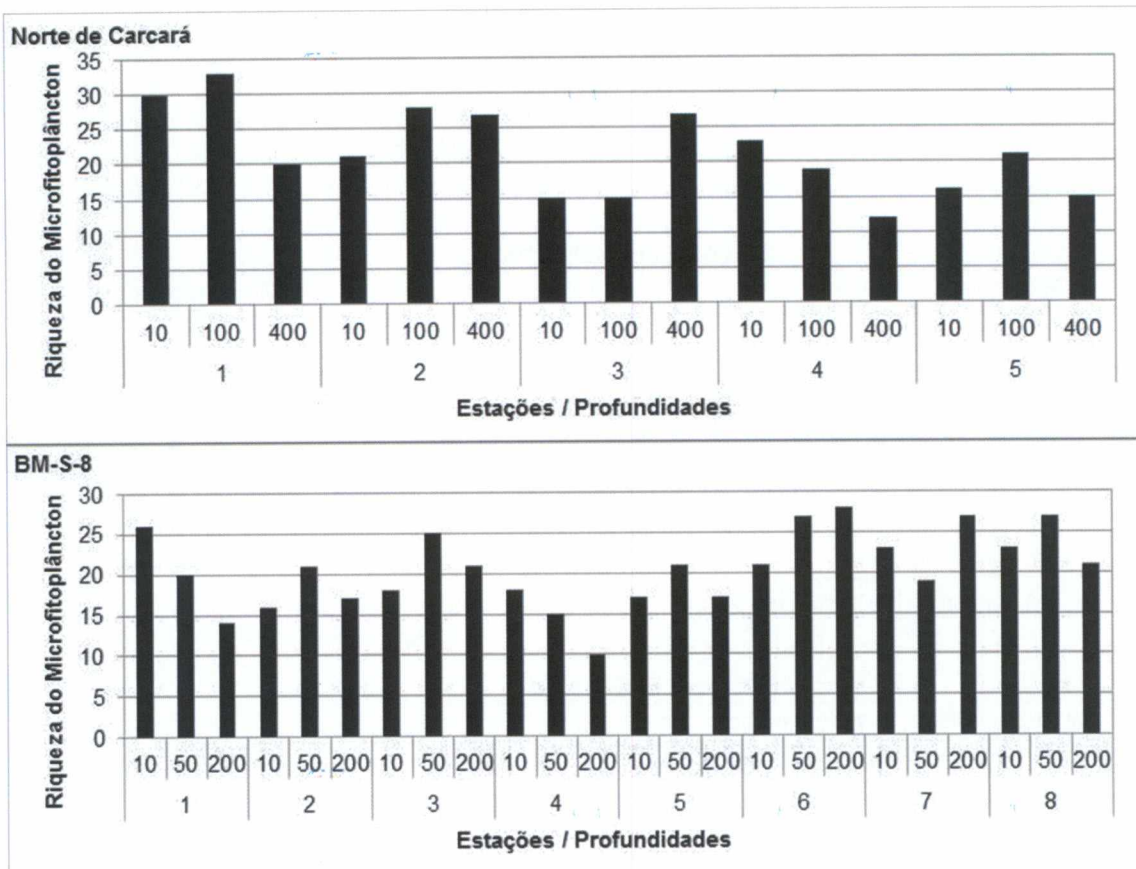
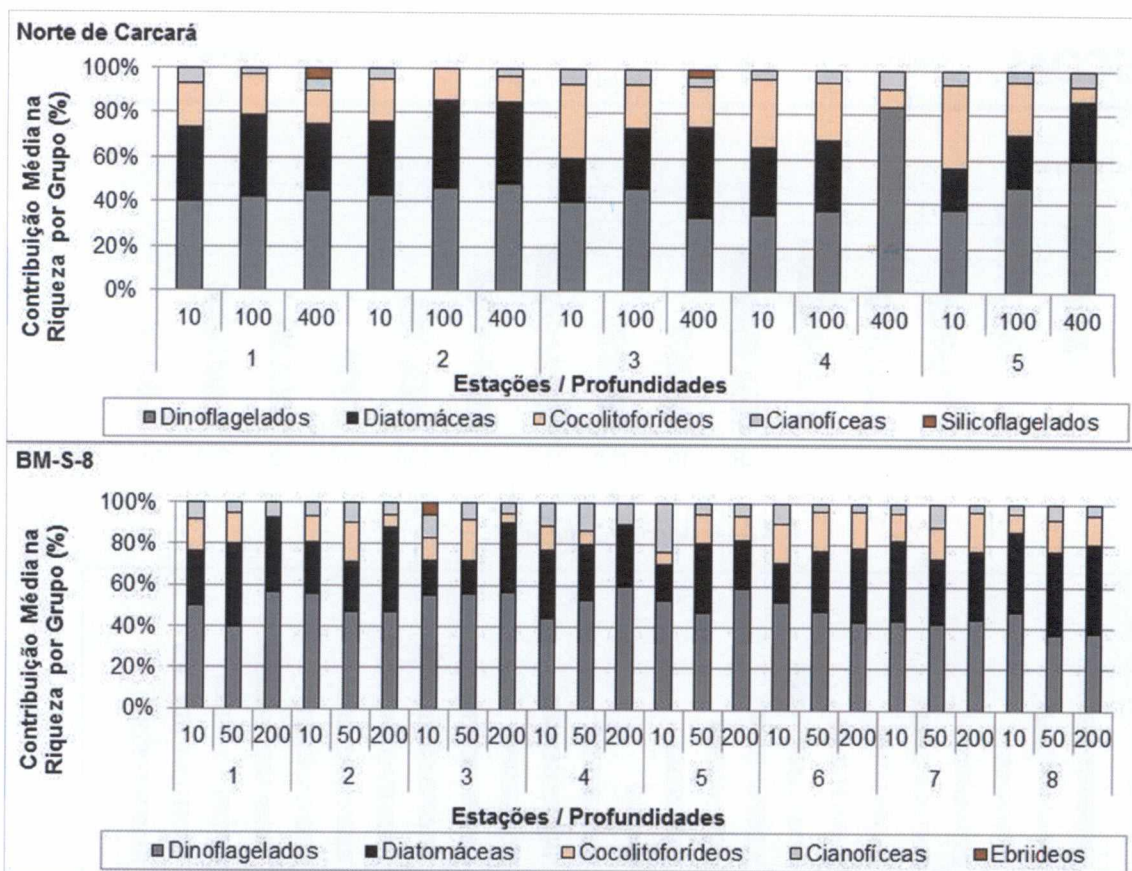


FIGURA 70 – Riqueza (nº de táxons) da comunidade microfitoplanctônica em cada estação durante a caracterização ambiental da Área Norte de Carcará e do Bloco BM-S-8.

Os táxons de dinoflagelados tiveram uma maior contribuição na maioria das estações de coleta e nas três profundidades amostradas, principalmente na estação 4 a 400 m. A maior contribuição de diatomáceas ocorreu na estação 3 a 400 m de profundidade e a maior riqueza de cocolitoforídeos ocorreu na estação 5 a 10 m de profundidade. As cianofíceas ocorreram em quase todas as estações e nas três profundidades, com exceção da estação 2 a 100 m, mas a contribuição em número de táxons foi baixa. Os silicoflagelados tiveram baixa contribuição taxonômica e ocorreram somente nas estações 1 e 3 a 400 m de profundidade. Em um estudo realizado na área do Bloco BM-S-8 o padrão de dominância de grupos foi semelhante ao observado na Área Norte de Carcará (Figura 71).



**FIGURA 71 – Contribuição (%) por grupo na riqueza (nº de táxons) da comunidade microfitoplancônica em cada estação durante a caracterização ambiental da Área Norte de Carcará e do Bloco BM-S-8.**

Um total de 22 táxons foi classificado como esporádicos, pois ocorreram em apenas uma amostra e 10 foram considerados muito frequentes porque ocorreram em pelo menos 10 amostras (**Tabela 30**). Entre os 10 táxons mais frequentes cinco são dinoflagelados, dois são diatomáceas, dois são coccolitoforídeos e um é cianofíceas (**Tabela 31**). Os dinoflagelados Gymnodiniales 2A e Gymnodiniales 3A e os coccolitoforídeos não identificados ocorreram em todas as amostras coletadas.

Em um estudo realizado na área do Bloco BM-S-8 (STATOIL/AECOM, 2017) 39 táxons foram considerados esporádicos, 30 foram pouco frequentes, 9 foram frequentes e 8 foram classificados como muito frequentes. Entre os táxons mais frequentes do Bloco BM-S-8 oito foram iguais aos do presente estudo: Gymnodiniales 1A, Gymnodiniales 2A, Gymnodiniales 3A, Gymnodiniales 4A, Diatomácea penata 1A, Ordem Nostocales, *Umbellosphaera irregulares*, *Cylindrotheca closterium*.



**TABELA 30 - Frequência de ocorrência (%) dos táxons da comunidade microfitoplanctônica durante a caracterização ambiental da Área Norte de Carcará.**

Frequência de Ocorrência	Classificação	Nº Táxons
FO <10% (1 amostra)	Esporádicas	22
10% < FO <30% (= 2 a 4 amostras)	Pouco Frequentes	26
30% < FO <60% (= 5 a 9 amostras)	Frequentes	16
FO >60% (= 10 a 15 amostras)	Muito Frequentes	10

**TABELA 31 – Os 10 táxons mais frequentes da comunidade microfitoplanctônica durante a caracterização ambiental da Área Norte de Carcará.**

Táxons	Grupo/Divisão	Frequência (%)
Gymnodiniales 2A	Dinoflagelado	100,0
Gymnodiniales 3A	Dinoflagelado	100,0
Cocolitoforídeo Não identificado	Cocolitoforídeo	100,0
Gymnodiniales 4A	Dinoflagelado	93,3
Gymnodiniales 1A	Dinoflagelado	86,7
Diatomácea penata 1A	Diatomácea	86,7
Ordem Nostocales	Cianoficea	86,7
<i>Umbellosphaera irregularis</i>	Cocolitoforídeo	86,7
<i>Cylindrotheca closterium</i>	Diatomácea	80,0
<i>Oxytoxum gracile</i>	Dinoflagelado	66,7

### 5.6.1.2 ANÁLISE QUANTITATIVA

A densidade média do nanoplâncton variou entre e 2.512.423 cel.L<sup>-1</sup> a 200 m de profundidade e 3.530.761 cel.L<sup>-1</sup> a 50 m de profundidade na Área Norte de Carcará. No caso dos organismos do microfitoplâncton a densidade média variou entre 6.173 cel.L<sup>-1</sup> a 200 m de profundidade e 17.734 cel.L<sup>-1</sup> a 50 m de profundidade (**Tabela 32**).

Já para o Bloco BM-S-8, a densidade média do nanoplâncton variou entre 1.661.166 (50 m de profundidade) e 1.889.467 cel.L<sup>-1</sup> (200 m de profundidade) e a média do microfitoplâncton variou entre 20.528 (200 m de profundidade) e 30.119 cel.L<sup>-1</sup> (10 m de profundidade) (STATOIL/AECOM, 2017).

As densidades do nanoplâncton registradas na Área Norte de Carcará foram superiores aos observados no Bloco BM-S-8 (**Figura 72**). No caso do microfitoplâncton, as densidades observadas na Área Norte de Carcará foram menores que as obtidas no Bloco BM-S-8 (**Figura 73**). Na área do antigo Bloco BM-S-8 foram registradas baixas densidades fitoplanctônicas (< 872 cel.L<sup>-1</sup>) (PETROBRAS/HABTEC, 2003). Diversos fatores como temperatura, incidência luminosa, salinidade, concentração de nutrientes, ocorrência de massas d'água, correntes marinhas, condições meteoceanográficas, dentre outros, podem determinar a distribuição espacial e temporal do fitoplâncton (RODRIGUES & MEURER, 2016).

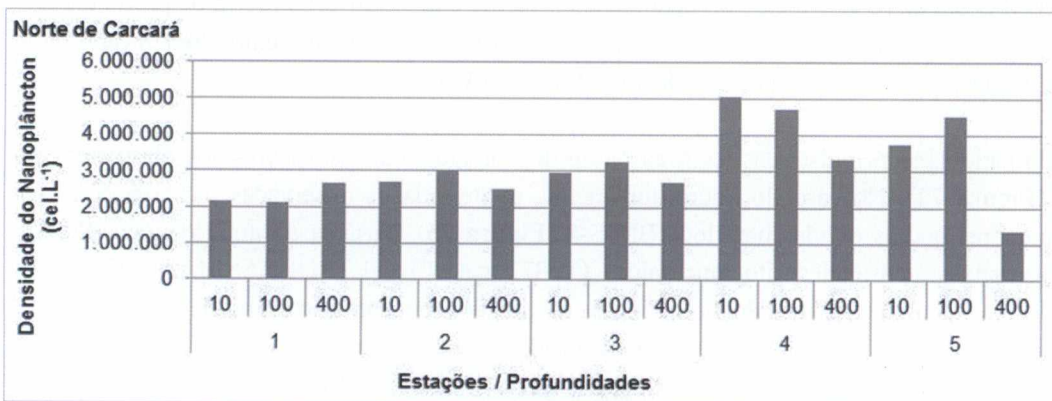
Em um estudo realizado na Bacia de Santos foram registradas densidades semelhantes (aproximadamente 40.000 cel.L<sup>-1</sup>) as obtidas no presente estudo para a comunidade microfitoplanctônica (MMA/PETROBRAS/AS/PEG, 2002).

Tanto para o nanoplâncton quanto para o microfitoplâncton não foram observados padrões de distribuição espacial e vertical desses organismos no presente estudo e no Bloco BM-S-8 (STATOIL/AECOM, 2017).

A densidade fitoplanctônica de uma determinada região é influenciada por vários fatores tais como hidrodinâmica, taxas de predação, limitação de recursos, sazonalidade e mistura vertical e horizontal de massas de água do local (CALBET *et al.*, 2001; BERGLUND *et al.*, 2005; HUANG *et al.*, 2008). A maior densidade de organismos do nanoplâncton em relação ao microfitoplâncton também já foi observada em estudos realizados no Brasil (TENENBAUM *et al.*, 2007; MOSER *et al.*, 2014).

**TABELA 32 - Valores de densidade (cel.L<sup>-1</sup>) do nanoplâncton e do microfitoplâncton durante a caracterização ambiental da Área Norte de Carcará.**

Estações	Profundidade	Densidade do Nanoplâncton	Densidade Microfitoplâncton					Total
		Total	Dinoflagelados	Cianofíceas	Diatomáceas	Coccolitofórideos	Silicoflagelados	
1	10	2.160.044	2.525	758	2.778	1.515		7.576
	50	2.133.156	4.072	568	17.804	1.326		23.770
	200	2.655.241	6.156	189	1.421	1.894	189	9.848
2	10	2.700.056	5.777	1.515	2.652	568		10.512
	50	3.010.020	6.345		4.830	1.136		12.311
	200	2.509.595	3.788	442	1.831	505		6.566
3	10	2.946.534	6.660	1.126	1.407	1.032		10.224
	50	3.278.906	5.065	313	1.001	625		7.004
	200	2.705.657	3.030	442	4.167	631	63	8.333
4	10	5.041.598	14.633	563	5.065	2.626		22.887
	50	4.716.695	13.695	563	2.814	2.251		19.323
	200	3.353.596	1.760	280		140		2.180
5	10	3.756.924	13.507	375	3.377	1.876		19.135
	50	4.515.031	21.199	375	3.377	1.313		26.264
	200	1.338.024	2.701	825	225	188		3.940
Médias	10	3.321.031	8.620	867	3.056	1.524	0	14.067
	50	3.530.761	10.075	455	5.965	1.330	0	17.734
	200	2.512.423	3.487	436	1.911	672	126	6.173
Média Total	-	3.121.405	7.394	595	3.768	1.175	126	12.658



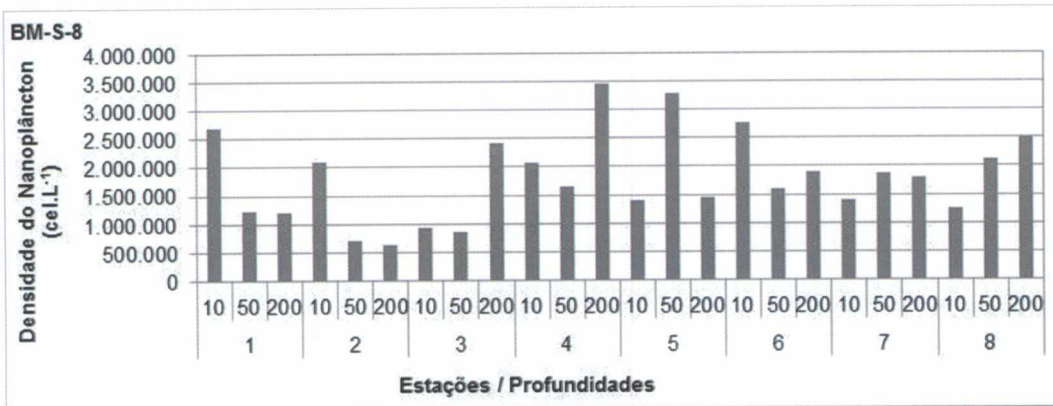



FIGURA 72 – Densidade (cel.L<sup>-1</sup>) da comunidade nanoplânctônica em cada estação durante a caracterização ambiental da Área Norte de Carcará e do Bloco BM-S-8.

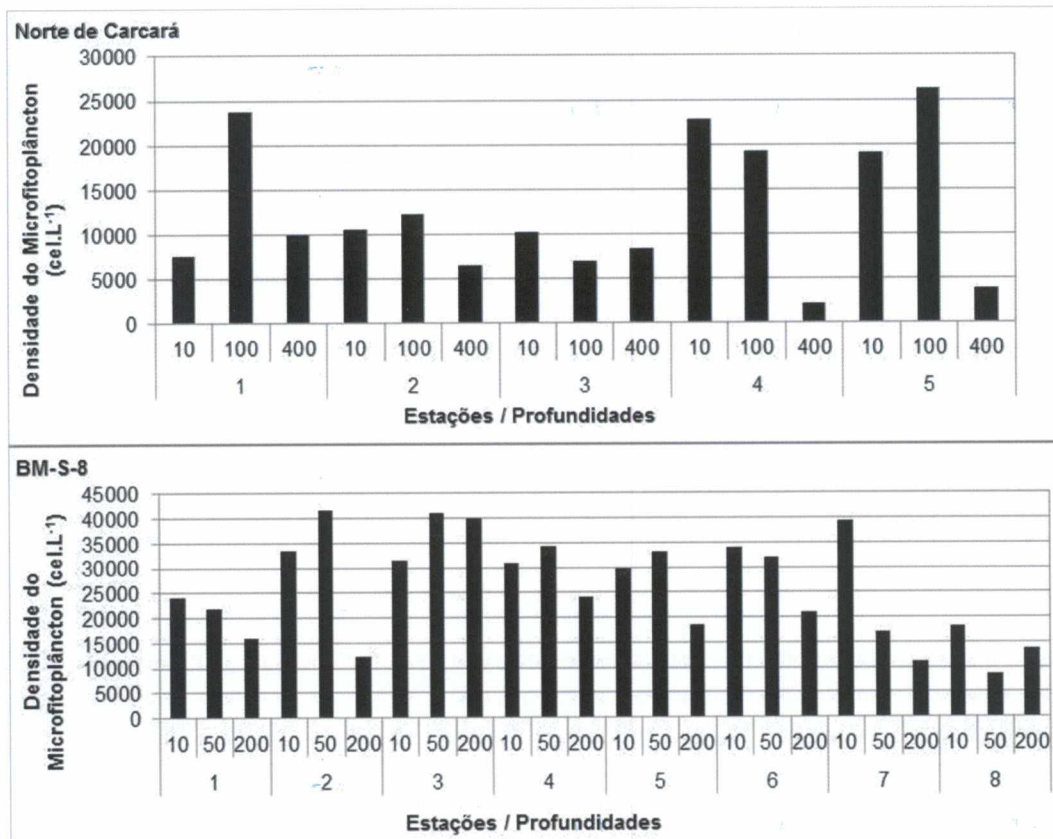
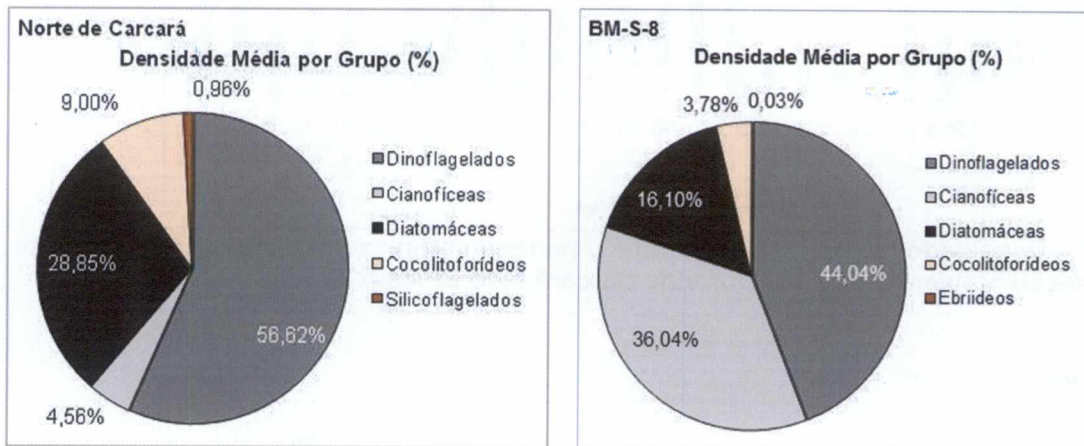


FIGURA 73 – Densidade (cel.L<sup>-1</sup>) da comunidade microfitoplanctônica em cada estação durante a caracterização ambiental da Área Norte de Carcará e do Bloco BM-S-8.

No microfitoplâncton os dinoflagelados foram os mais abundantes e representaram mais de 56% do total identificado. As diatomáceas também foram abundantes e contribuíram com 28,85% do total, seguidas por pocolitoforídeos (9%), cianofíceas (4,56%) e silicoflagelados (0,96%) (Figura 74).



No Bloco BM-S-8 os dinoflagelados também foram os mais abundantes (44,04%), seguidos pelas cianofíceas (36,04%), diatomáceas (16,01%), coccolitoforídeos (3,78%) e ebríídeos (0,03%) (**Figura 74**). Nos dois estudos os dinoflagelados dominaram, mas houve uma alternância entre diatomáceas e cianofíceas como o segundo grupo dominante. Além disso, os silicoflagelados só foram registrados na Área Norte de Carcará enquanto os ebríídeos só ocorreram na área de BM-S-8 (**Figura 74**). Na área do antigo Bloco BM-S-8 (PETROBRAS/HABTEC, 2003) e em outro estudo realizado na Bacia de Santos (MMA/PETROBRAS/AS/PEG, 2002) houve maior abundância de diatomáceas e de dinoflagelados.



**FIGURA 74 – Contribuição média (%) por grupo na densidade da comunidade microfitoplanctônica durante a caracterização ambiental da Área Norte de Carcará e do Bloco BM-S-8.**

Na comunidade microfitoplanctônica na Área Norte de Carcará observou-se uma variação na contribuição de cada grupo taxonômico, mas de maneira geral os dinoflagelados tiveram maior contribuição na maioria das estações. Entretanto, na estação 1 a 100 m de profundidade e na estação 3 a 400 m de profundidade a maior contribuição foi de diatomáceas (**Figura 75**).

No estudo anterior realizado no Bloco BM-S-8, a variação na contribuição dos grupos foi maior entre as estações de coleta. Nesse caso, as cianofíceas tiveram maior contribuição a 200 m de profundidade nas estações 1, 2, 3 e 5. Por outro lado, as diatomáceas contribuíram mais na estação 6 a 200 m, na estação 7 a 10 m e na estação 8 a 50 m de profundidade (**Figura 75**).

Em relação à distribuição dos grupos microfitoplanctônicos observou-se dominância de dinoflagelados nas três profundidades amostradas tanto na Área Norte de Carcará quanto na área do Bloco BM-S-8 (**Figura 76**). Entretanto, as cianofíceas predominaram a 200 m de profundidade no Bloco BM-S-8 (**Figura 76**).

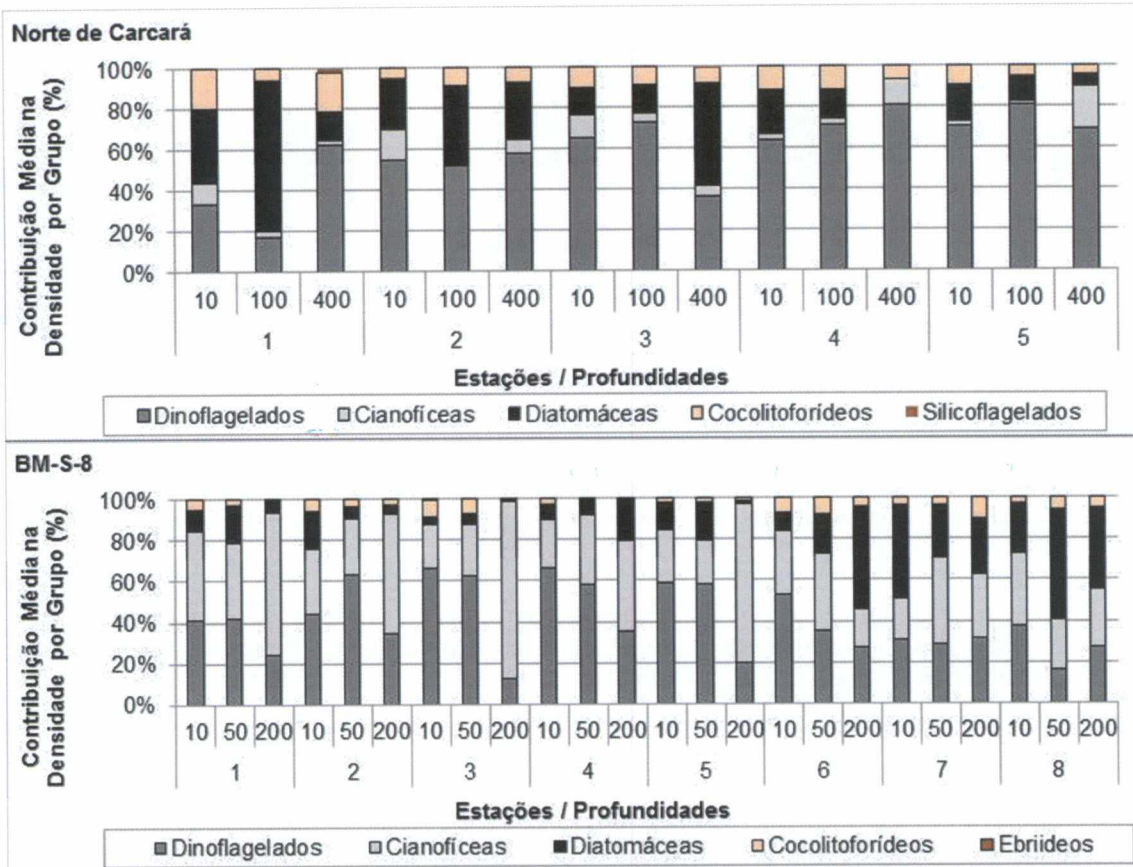
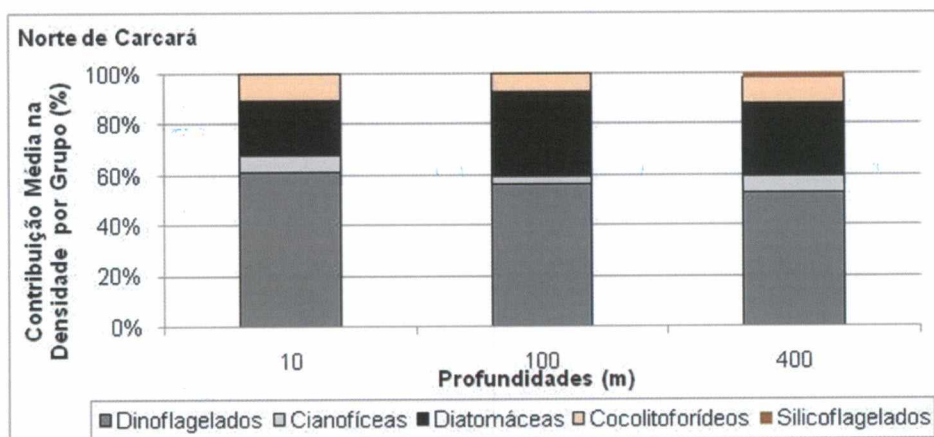


FIGURA 75 – Contribuição (%) por grupo na densidade da comunidade fitoplanctônica em cada estação durante a caracterização ambiental da Área Norte de Carcará e do Bloco BM-S-8.



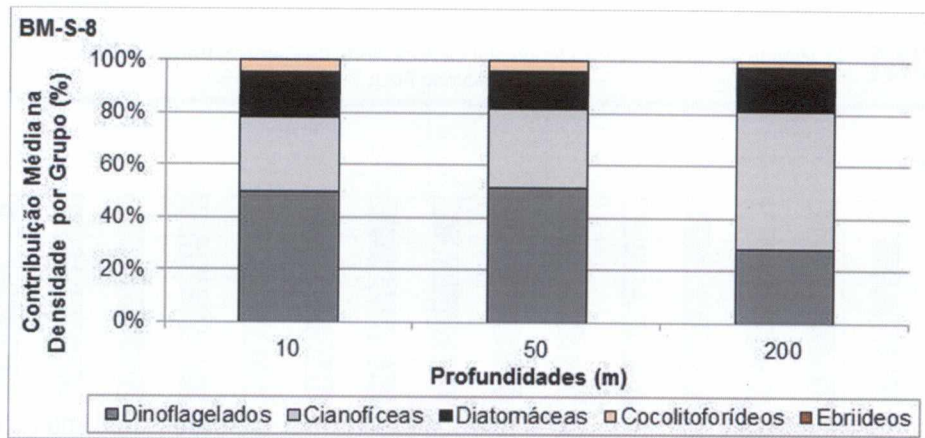



FIGURA 76 – Contribuição média (%) por grupo na densidade da comunidade fitoplanctônica em cada profundidade durante a caracterização ambiental da Área Norte de Carcará e do Bloco BM-S-8.

Entre os dez táxons mais abundantes ficaram quatro dinoflagelados e seis diatomáceas, entre os quais se destacaram principalmente *Gymnodiniales* 4A e a espécie *Leptocylindrus cf. minimus*, respectivamente (Tabela 33).

No estudo anterior realizado no Bloco BM-S-8, entre os táxons mais abundantes destacaram-se a ordem Nostocales, dinoflagelados *Gymnodiniales* e as diatomáceas *Skeletonema costatum*, *Cylindrotheca closterium*, *Chaetoceros socialis*, *Leptocylindrus danicus* e *Thalassionema nitzschioides* (STATOIL/AECOM, 2017).

A dominância de dinoflagelados da Ordem *Gymnodiniales* em águas oceânicas está relacionada provavelmente à prevalência de espécies heterotróficas, que se beneficiam em águas com concentrações limitadas de nutrientes, e com parede celular revestida de celulose que funciona como proteção contra predadores (CHANG *et al.*, 2003).



**TABELA 33 - Valores de densidade (cel.L<sup>-1</sup>) do microfitoplâncton durante a caracterização ambiental da Área Norte de Carcará.**

Táxons	Grupo / Divisão	Densidade Média (cel.L <sup>-1</sup> )
Gymnodiniales 4A	Dinoflagelado	3.164,8
<i>Leptocylindrus cf. minimus</i>	Diatomácea	2.441,2
Gymnodiniales 3A	Dinoflagelado	1.555,9
<i>Leptocylindrus mediterraneus</i>	Diatomácea	1.533,8
<i>Leptocylindrus danicus</i>	Diatomácea	1.357,4
Gymnodiniales 2A	Dinoflagelado	1.150,8
<i>Cylindrotheca closterium</i>	Diatomácea	959,0
<i>Hemiaulus sinensis</i>	Diatomácea	757,6
Gymnodiniales 1A	Dinoflagelado	753,6
<i>Chaetoceros</i> spp.	Diatomácea	631,3

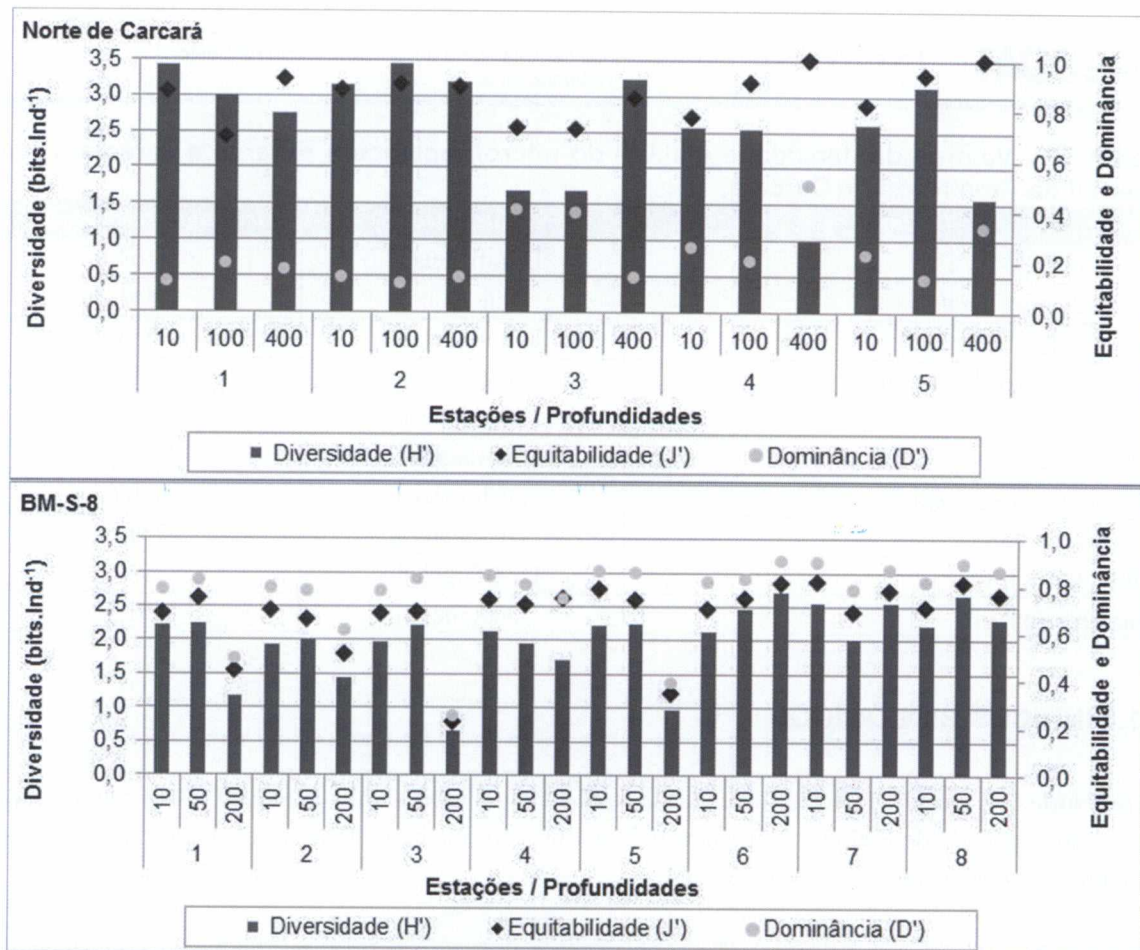
### 5.6.1.3 ÍNDICES BIOLÓGICOS

Na Área Norte de Carcará o índice de diversidade de Shannon-Wiener variou entre 1,00 e 3,44 com média de 2,60. A equitabilidade de Pielou variou entre 0,72 e 1,00 com média de 0,86. A Dominância de Simpson ficou entre 0,11 e 0,50 com média de 0,23.

Não foi possível observar um padrão de distribuição espacial da diversidade, mas houve uma tendência das menores diversidades ocorrerem a 400 m de profundidade nas estações 1, 4 e 5 (**Figura 77**).

Já no Bloco BM-S-8, os valores de diversidade (entre 0,68 e 2,71 com média de 2,03) e equitabilidade (entre 0,22 e 0,82 com média de 0,68) registrados foram menores que os observados no presente estudo (**Figura 77**). Por outro lado, os valores de dominância (entre 0,25 e 0,90 com média de 0,76) no Bloco BM-S-8 foram maiores que os registrados na Área Norte de Carcará. No Bloco BM-S-8 também houve uma tendência de diminuição da diversidade na camada de coleta mais profunda (200 m) em algumas estações amostradas (STATOIL/AECOM, 2017).

Em águas oceânicas a diversidade pode ser considerada alta quando os valores são superiores a 3 bits.cel<sup>-1</sup> e reflete a complexidade da estrutura da comunidade fitoplanctônica e das interações biológicas nesses ambientes (HULBURT, 1963; IRIGOIEN *et al.*, 2004). A estabilidade de águas oceânicas favorece a coexistência por mais tempo de várias espécies o que contribuiu para o aumento da diversidade nessas áreas (BARTON *et al.*, 2010).

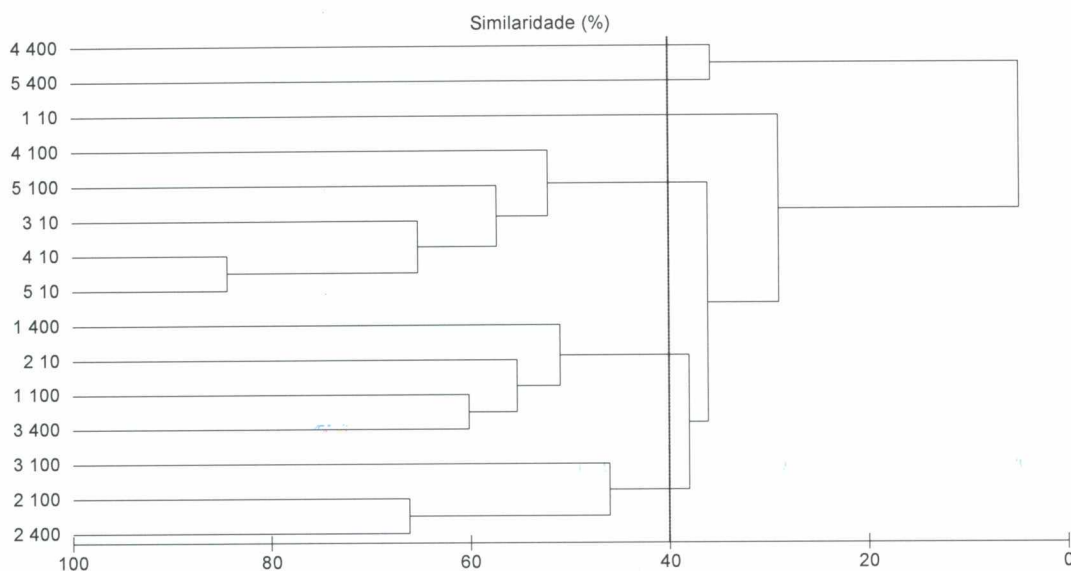


**FIGURA 77 – Índices biológicos da comunidade microfitoplanctônica em cada estação durante a caracterização ambiental da Área Norte de Carcará e do Bloco BM-S-8.**

A análise de agrupamento das amostras coletadas na Área Norte de Carcará evidenciou a formação de três grupos a um nível de similaridade de 40%. As amostras coletadas nas estações 4 e 5 a 400 m de profundidade e 1 a 10 m de profundidade ficaram separadas das demais. O primeiro grupo foi formado pelas amostras coletadas nas estações 4 e 5 a 100 m de profundidade e 3, 4 e 5 a 10 m de profundidade. O segundo grupo englobou as amostras das estações 1 e 3 a 400 m de profundidade, 2 a 10 m e 1 a 100 m de profundidade. O terceiro grupo foi formado pelas amostras das estações 2 e 3 a 100 m e 2 a 400 m de profundidade (Figura 78).

Esses resultados evidenciam que não houve um padrão espacial e vertical de distribuição das espécies da comunidade microfitoplanctônicas avaliada nesse estudo. Resultados semelhantes foram observados na área do Bloco BM-S-8 onde também não houve um padrão espacial e vertical da distribuição dos organismos (STATOIL/AECOM, 2017).

Handwritten mark



**FIGURA 78 – Análise de agrupamento das amostras através do índice de similaridade de Bray–Curtis da comunidade microfitoplânctônica em cada estação durante a caracterização ambiental da Área Norte de Carcará.**

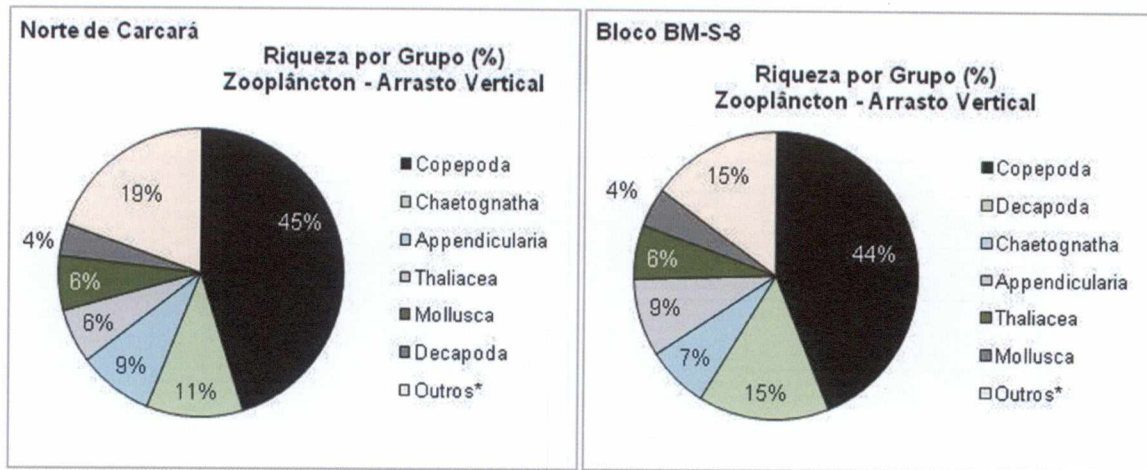
## 5.6.2 ZOOPLÂNCTON

### 5.6.2.1 ANÁLISE QUALITATIVA

O estudo da comunidade zooplânctônica é uma excelente ferramenta em monitoramento ambiental (MARGALEF, 1983), uma vez que as alterações no plâncton podem ter amplos efeitos no ecossistema (CONVERSI & HAMEED, 1998). O uso e o aprimoramento dos processos de monitoramento ambiental vêm se tornando uma demanda da sociedade em todos os ramos da atividade econômica, sendo que o monitoramento contínuo é muito importante para compreender o funcionamento dos ecossistemas marinhos, que são influenciados por processos oceanográficos e interações ecológicas.

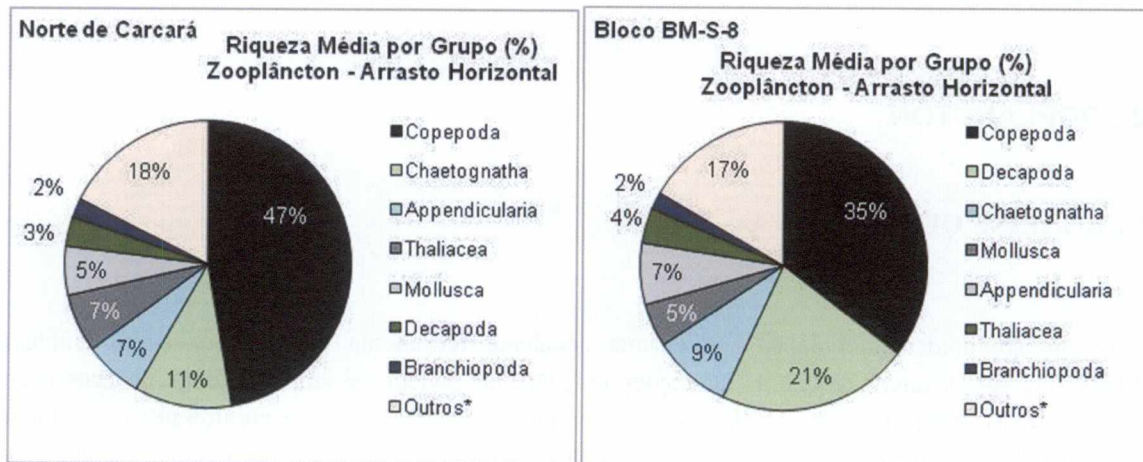
Na análise da comunidade zooplânctônica na Área Norte de Carcará, Bacia de Santos, foi observado um total de 82 táxons distintos nos arrastos verticais (49 identificadas até o nível de espécie); e 91 táxons distintos nos arrastos horizontais (58 identificadas até o nível de espécie). Os táxons observados se distribuíram entre os grupos destacados da seguinte forma: filo Annelida, classe **Polychaeta**, filo Arthropoda, infraclasse **Cirripedia**, subclasse **Copepoda**, classes **Branchiopoda** e **Ostracoda**, e ordens **Amphipoda**, **Decapoda**, **Euphausiacea**, e **Stomatopoda**, filo Chordata, classes **Appendicularia** e **Thaliacea**, filo Cnidaria, classe **Hydrozoa** e ordem **Siphonophorae**, filo Mollusca, classes **Bivalvia**, **Gastropoda** e **Cephalopoda**, filo Platyhelminthes, classe **Turbellaria**, filos **Chaetognatha**, **Ctenophorae**, **Echinodermata**, **Foraminifera**, **Nematoda**, **Radiozoa**, além do subfilo **Vertebrata** representado pelas larvas e ovos de peixe (**Anexo E**). Em um estudo realizado na Bacia de Santos (STATOIL/AECOM, 2017) foi registrado um total de 114 táxons distintos nos arrastos verticais, e 102 táxons distintos nos arrastos horizontais, com maior contribuição do

grupo Copepoda (44% nos arrastos verticais e 34% nos arrastos horizontais) em relação aos outros grupos observados (Figuras 79 e 80). No antigo Bloco de BM-S-8 (PETROBRAS/HABTEC, 2003) foram encontrados 93 táxons zooplancônicos distintos.



\*soma de grupos compostos por apenas um táxon cada.

**FIGURA 79 – Contribuição (%) por grupo na riqueza (nº de táxons) da comunidade zooplancônica durante a caracterização ambiental da Área Norte de Carcará (arrasto vertical).**



\*soma de grupos compostos por apenas um táxon cada.

**FIGURA 80 – Contribuição (%) por grupo na riqueza (nº de táxons) da comunidade zooplancônica durante a caracterização ambiental da Área Norte de Carcará (arrasto horizontal).**

Durante o presente estudo, observou-se que na Área Norte de Carcará os crustáceos Copepoda tiveram a maior contribuição em número de táxons distintos, nos dois tipos de arrasto, seguidos por Chaetognatha (Figuras 81 e 82). Os demais grupos tiveram contribuições relativas inferiores a 10%.

Nos dois tipos de arrasto a menor riqueza (nº de táxons distintos) observada ocorreu na estação 4 (57 táxons nos arrastos verticais e 51 nos arrastos horizontais), sendo que na estação 1, durante o arrasto vertical,



também foi observado o menor número de unidades taxonômicas (57). No arrasto vertical, a maior riqueza (nº de táxons) observada ocorreu na estação 5 (68), enquanto para o horizontal foi observada maior riqueza na estação 2 (63). No estudo realizado na Bacia de Santos, na área do Bloco BM-S-8 (STATOIL/AECOM, 2017), o maior número de táxons foi obtido na estação 3 (81) no arrasto vertical, e na estação 2 (71) no arrasto horizontal (Figuras 81 e 82).

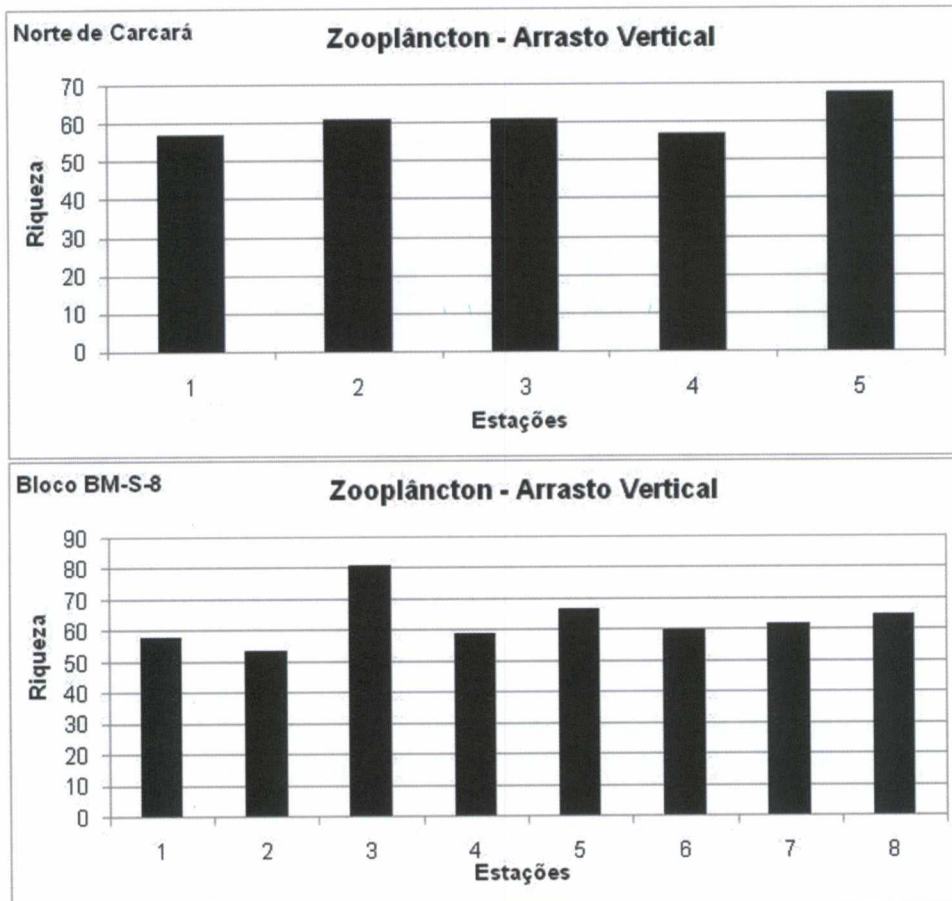


FIGURA 81 – Riqueza (nº de táxons) da comunidade zooplânctônica em cada estação durante a caracterização ambiental da Área Norte de Carcará e do Bloco BM-S-8 (arrasto vertical).

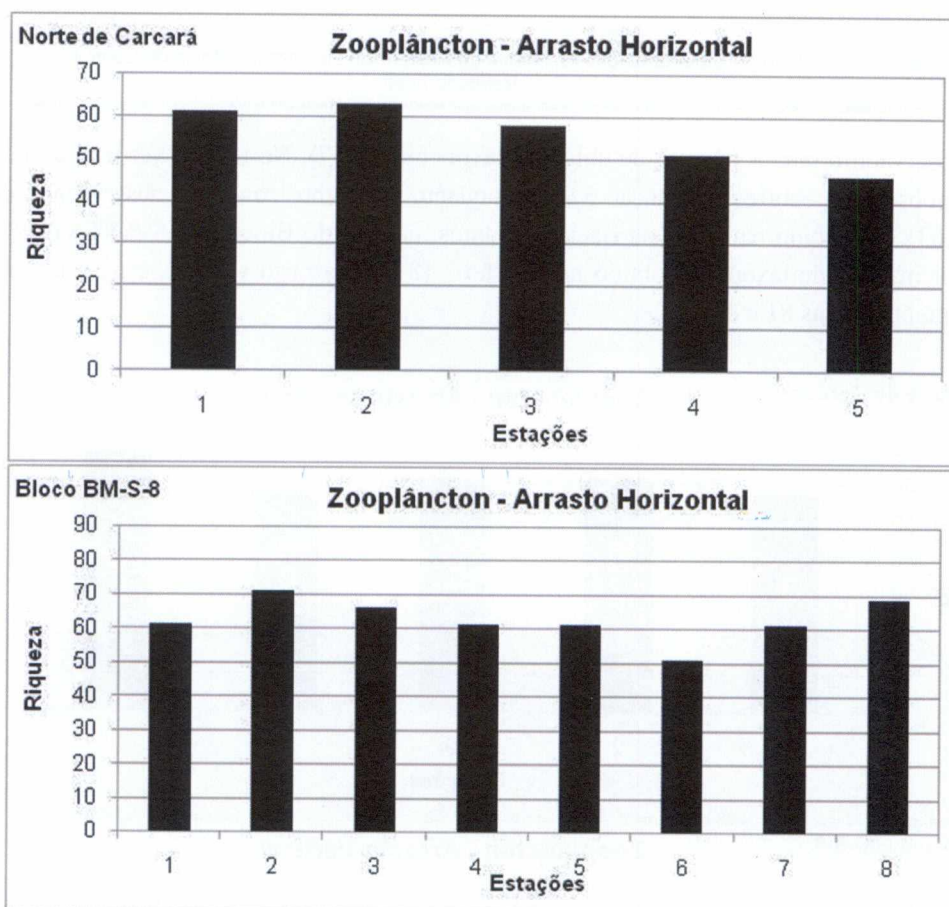


FIGURA 82 – Riqueza (nº de táxons) da comunidade zooplancônica em cada estação durante a caracterização ambiental da Área Norte de Carcará e do Bloco BM-S-8 (arrasto horizontal).

Houve predomínio de Copepoda em todas as estações de amostragem, para os dois tipos de arrastos, sendo que o grupo Chaetognatha teve a segunda maior contribuição em número de táxons distintos (Figuras 83 e 84). No estudo realizado na área do Bloco BM-S-8 (STATOIL/AECOM, 2017), o padrão de dominância de grupos foi semelhante ao observado na Área Norte de Carcará, com Copepoda predominando nos dois tipos de arrasto. Entretanto, no arrasto horizontal, o grupo Decapoda teve a segunda maior contribuição em número de táxons distintos para todas as estações, enquanto no arrasto vertical os grupos alternaram mais suas contribuições entre as estações.

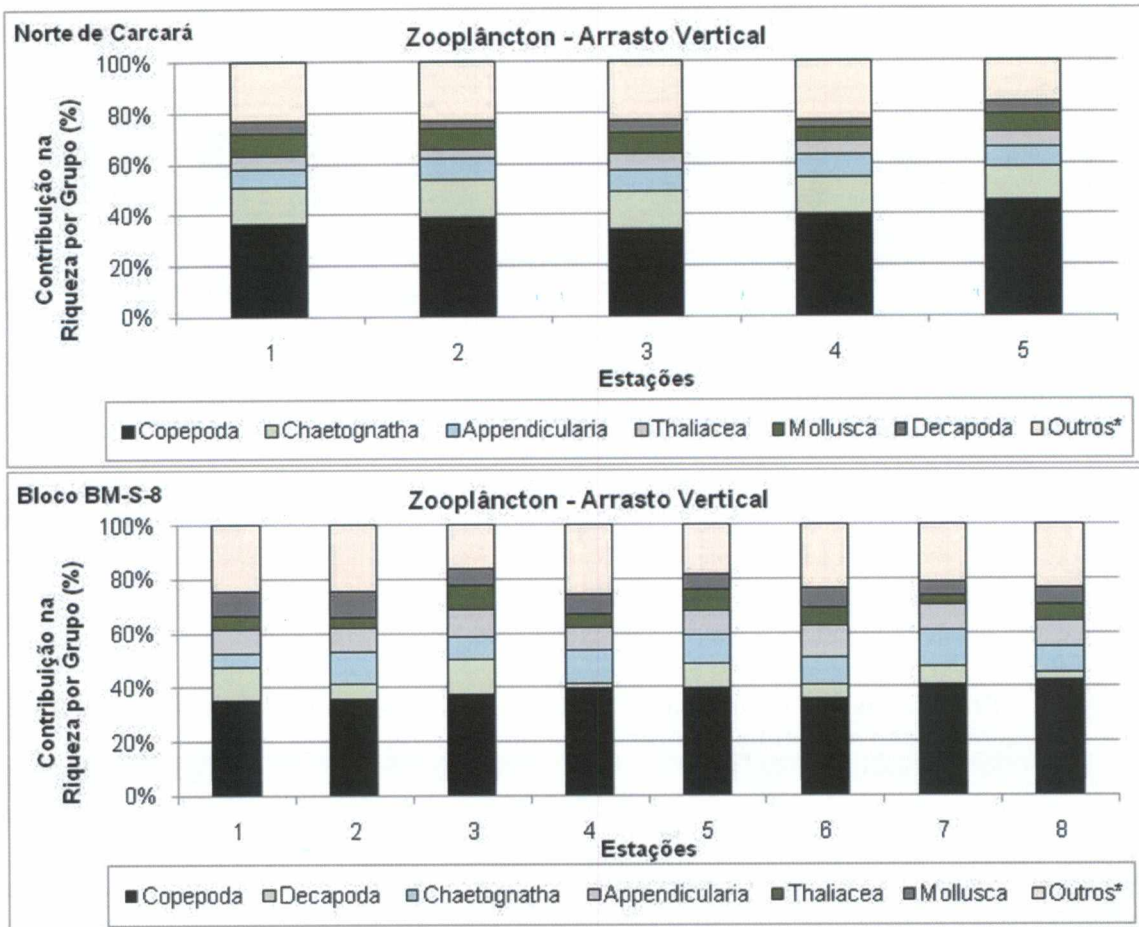
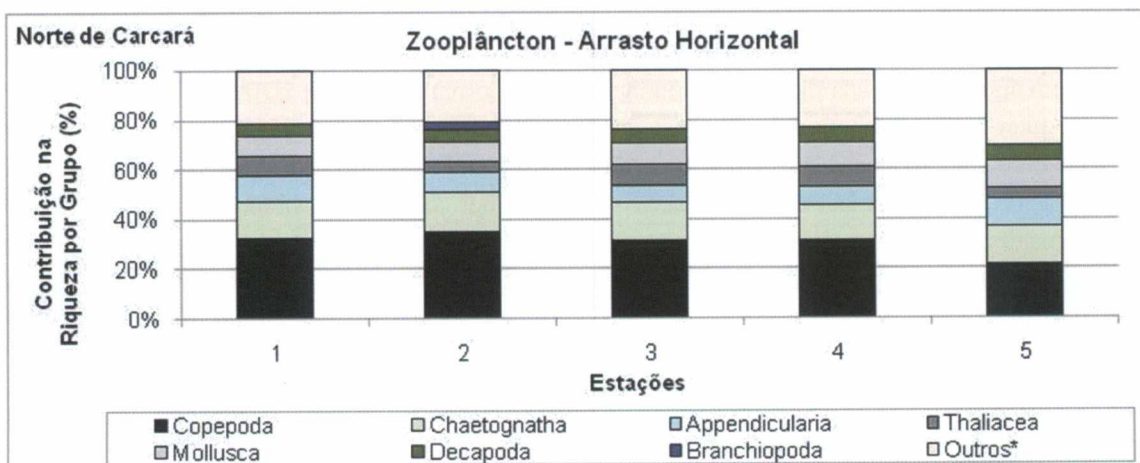
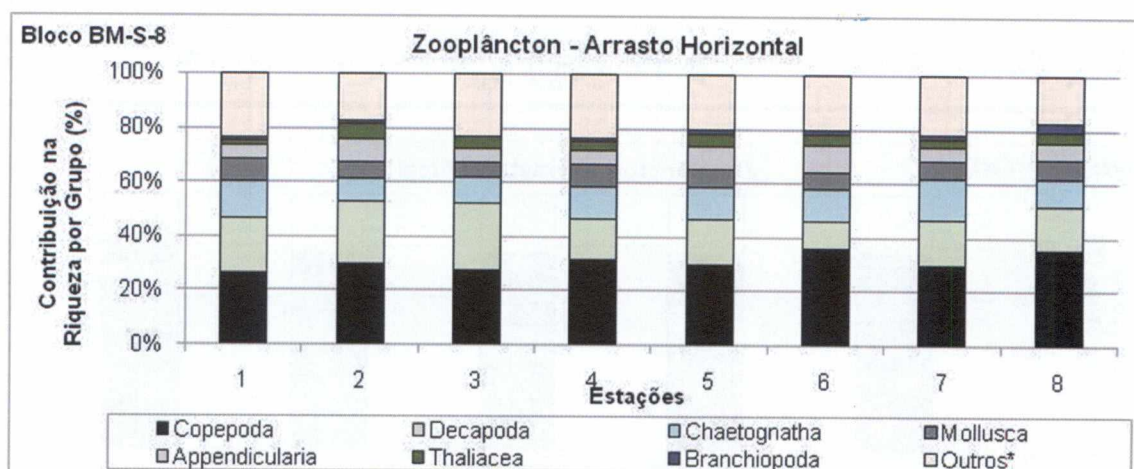


FIGURA 83 – Contribuição (%) por grupo na riqueza (nº de táxons) da comunidade zooplancônica em cada estação durante a caracterização ambiental da Área Norte de Carcará e do Bloco BM-S-8 (arrasto vertical).



**FIGURA 84 – Contribuição (%) por grupo na riqueza (nº de táxons) da comunidade zooplancônica em cada estação durante a caracterização ambiental da Área Norte de Carcará e do Bloco BM-S-8 (arrasto horizontal).**

Os táxons encontrados com muita frequência no levantamento apresentaram-se em maiores proporções nos dois tipos de arrasto, enquanto que os táxons raros foram mais representativos no arrasto horizontal (Tabela 34). No levantamento realizado na área do Bloco BM-S-8 (STATOIL/AECOM, 2017), os táxons com pouca frequência e muita frequência apresentaram proporções similares.

**TABELA 34 - Frequência de ocorrência (%) dos táxons da comunidade zooplancônica durante a caracterização ambiental da Área Norte de Carcará.**

Frequência de Ocorrência	Classificação	Nº Táxons	
		Vertical	Horizontal
FO <40 (=1 estação)	Pouco Frequentes	10	27
40 < FO <70 (=2 a 3 estações)	Frequentes	21	23
FO >70 (=4 a 5 estações)	Muito Frequentes	51	41

Entre os táxons mais frequentes (100%), no arrasto vertical observa-se o predomínio de Copepoda, seguidos por Chaetognatha, Appendicularia e Thaliacea. No Arrasto horizontal, as espécies de Chaetognatha predominaram entre os táxons mais frequentes, seguidas por Appendicularia, Copepoda e Thaliacea (Tabela 35). Podemos ressaltar a ocorrência da espécie *Undinula vulgaris* entre as espécies mais frequentes (100% no arrasto vertical e 80% no arrasto horizontal) (Anexo E). Esta espécie é considerada epipelágica, e é encontrada em águas quentes da plataforma continental e na Corrente do Brasil (DIAS & ARAUJO, 2006). Durante o estudo realizado na área do Bloco BM-S-8 (STATOIL/AECOM, 2017), Copepoda predominou entre os táxons mais frequentes nos dois tipos de arrasto, sendo que não foi observada a presença de Chaetognatha no arrasto vertical e de Thaliacea no arrasto horizontal. Branchiopoda (arrasto vertical) e Decapoda (nos dois tipos de arrasto) ficaram entre os táxons com 100% de frequência. Ressalta-se que dentre as espécies encontradas no presente estudo, não foram observados organismos considerados ameaçados de extinção, de acordo com a Portaria MMA nº 445/2014, ou global, de acordo com IUCN (2017).

R



**TABELA 35 – Táxons mais frequentes (100%) da comunidade zooplânctônica durante a caracterização ambiental da Área Norte de Carcará.**

Arrasto Vertical		Arrasto Horizontal	
<i>Nannocalanus minor</i>	Copepoda	<i>Nannocalanus minor</i>	Copepoda
<i>Undinula vulgaris</i>	Copepoda	<i>Temora stylifera</i>	Copepoda
Clausocalanidae	Copepoda	<i>Macrosetella gracilis</i>	Copepoda
<i>Clausocalanus furcatus</i>	Copepoda	<i>Flaccisagitta enflata</i>	Chaetognatha
<i>Lucicutia flavicornis</i>	Copepoda	<i>Flaccisagitta hexaptera</i>	Chaetognatha
Scolecitrichidae	Copepoda	<i>Parasagitta friderici</i>	Chaetognatha
<i>Scolecithrix danae</i>	Copepoda	<i>Parasagitta tenuis</i>	Chaetognatha
<i>Agetus flaccus</i>	Copepoda	<i>Serratosagitta serratodentata</i>	Chaetognatha
<i>Farranulla gracilis</i>	Copepoda	<i>Oikopleura cornutogastra</i>	Appendicularia
<i>Oncaea venusta</i>	Copepoda	<i>Oikopleura fusiformis</i>	Appendicularia
<i>Oncaea venusta venella</i>	Copepoda	<i>Oikopleura longicauda</i>	Appendicularia
<i>Macrosetella gracilis</i>	Copepoda	<i>Oikopleura rufescens</i>	Appendicularia
<i>Pterosagitta draco</i>	Chaetognatha	<i>Doliolum nationalis</i>	Thaliacea
<i>Ferosagitta hispida</i>	Chaetognatha	<i>Thalia democratica</i>	Thaliacea
<i>Flaccisagitta enflata</i>	Chaetognatha		
<i>Flaccisagitta hexaptera</i>	Chaetognatha		
<i>Parasagitta friderici</i>	Chaetognatha		
<i>Parasagitta tenuis</i>	Chaetognatha		
<i>Serratosagitta serratodentata</i>	Chaetognatha		
<i>Oikopleura cophocerca</i>	Appendicularia		
<i>Oikopleura fusiformis</i>	Appendicularia		
<i>Oikopleura longicauda</i>	Appendicularia		
<i>Doliolum nationalis</i>	Thaliacea		
<i>Thalia democratica</i>	Thaliacea		

\*Considerados apenas famílias, gêneros e espécies.

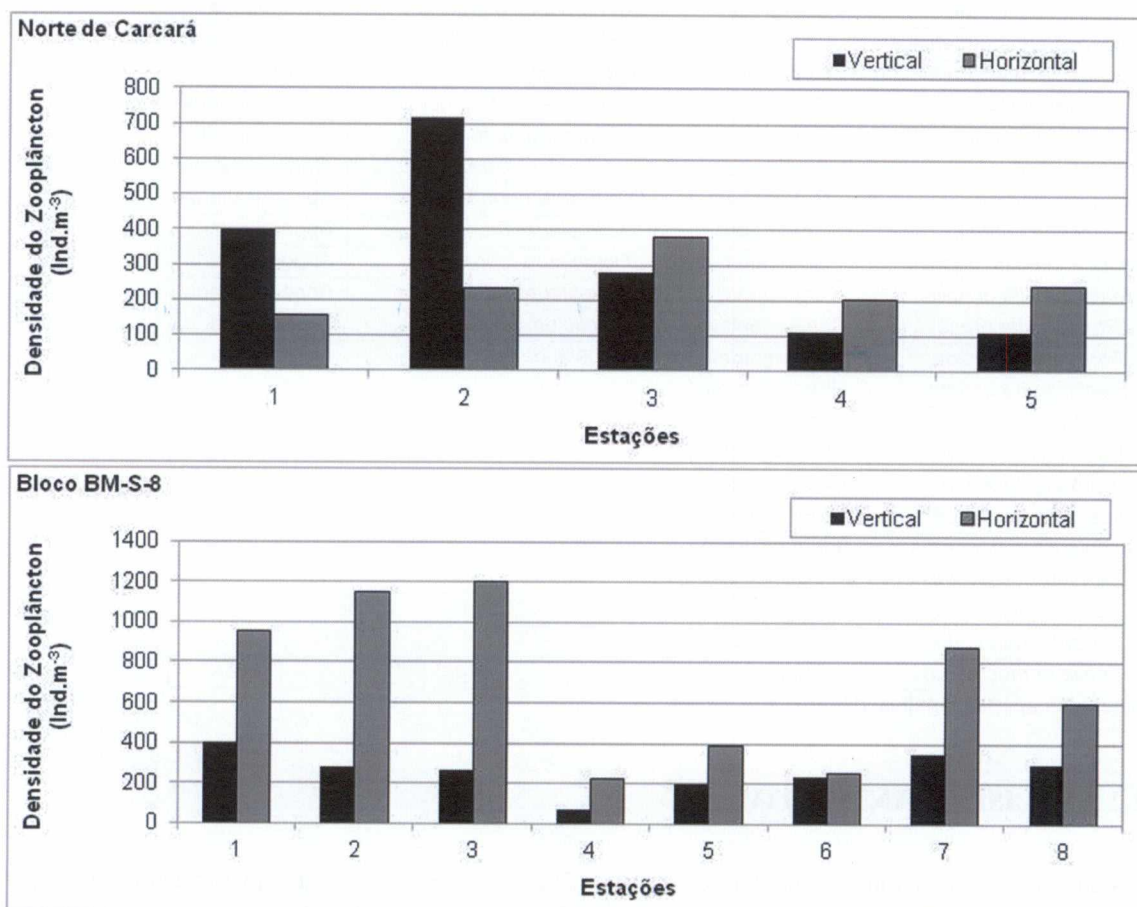
### 5.6.2.2 ANÁLISE QUANTITATIVA

A densidade do zooplâncton teve média de  $323,68 \pm 252,01$  ind.m<sup>-2</sup> para o arrasto vertical e de  $242,77 \pm 84,30$  ind.m<sup>-2</sup> para o arrasto horizontal. A estação 2 teve a maior densidade zooplânctônica (densidade superior a 700 ind.m<sup>-3</sup>), para o arrasto vertical; enquanto que para o arrasto horizontal, a estação 3 (densidade superior a 350 ind.m<sup>-3</sup>) foi a que teve o maior valor de densidade zooplânctônica. As menores densidades (densidade inferior a 200 ind.m<sup>-3</sup>) foram encontradas nas estações 1 (arrasto horizontal), 4 e 5 (arrasto vertical) (**Figura 85**).

Na área do Bloco BM-S-8 (STATOIL/AECOM, 2017), a estação 4 teve os menores valores nos dois tipos de arrastos ( $71,29$  ind.m<sup>-3</sup> no arrasto vertical e  $226,28$  ind.m<sup>-3</sup> no arrasto horizontal). A estação 1 teve a maior abundância no arrasto vertical ( $403,19$  ind.m<sup>-3</sup>) e na estação 3 foi registrada a maior abundância no arrasto horizontal ( $1.204,66$  ind.m<sup>-3</sup>) (**Figura 85**). A densidade do zooplâncton teve média de  $261,08 \pm 100,54$  ind.m<sup>-3</sup> para o arrasto vertical e  $706,54 \pm 393,45$  ind.m<sup>-3</sup> para o arrasto horizontal no estudo realizado anteriormente na Bacia de Santos (STATOIL/AECOM, 2017). No antigo bloco BM-S-8 (PETROBRAS/HABTEC, 2003) foram encontradas densidades variando entre aproximadamente 7.000 e 35.000 ind.m<sup>-3</sup>. Ressalta-se que os pontos P3 a P10 integravam os limites do antigo Bloco BM-S-8, e somente a estação 3 (P3) se insere nos limites atuais do Bloco. Em outro estudo realizado na Bacia de Santos

foram registradas densidades na ordem de 1.000 a 4.000 ind.m<sup>-3</sup> na área do Bloco BM-S-8 (MMA/PETROBRAS/AS/PEG, 2002).

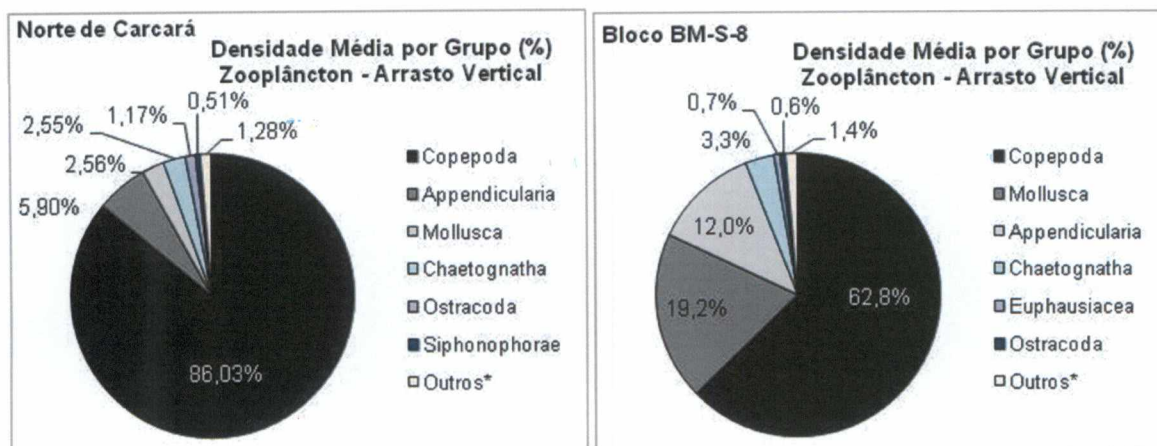
A densidade média do zooplâncton registrada na Área Norte de Carcará (323,68 Ind.m<sup>-3</sup>) foi superior ao observado no Bloco BM-S-8 (261,08Ind.m<sup>-3</sup>) para o arrasto vertical e enquanto que para o arrasto horizontal foi menor (242,77Ind.m<sup>-3</sup>) do que a obtida no Bloco BM-S-8 (706,54Ind.m<sup>-3</sup>).



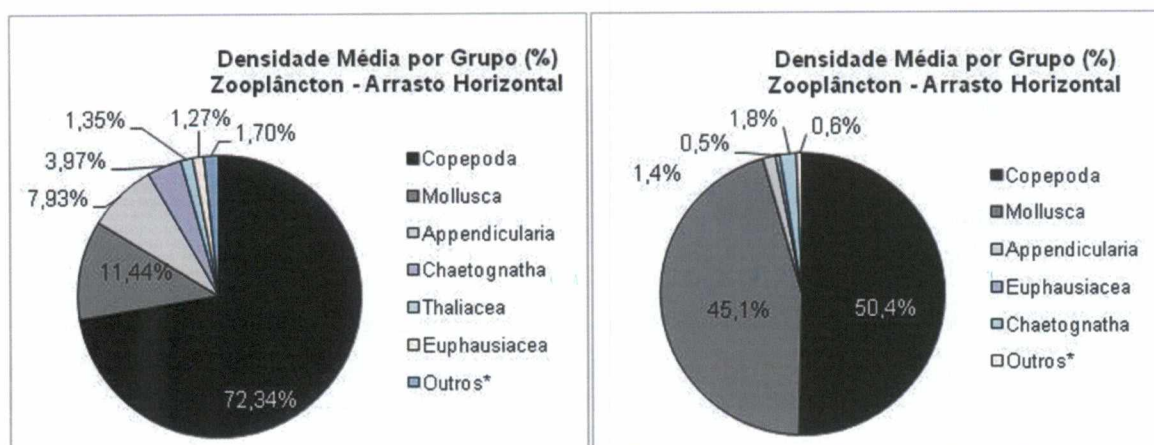
**FIGURA 85 – Densidade (ind.m<sup>-3</sup>) dos organismos da comunidade zooplânctônica em cada estação durante a caracterização ambiental da Área Norte de Carcará e do Bloco BM-S-8.**

Na Área Norte de Carcará, o grupo Copepoda foi o mais abundante (86,03% no arrasto vertical e 72,34% no arrasto horizontal), seguido por Appendicularia (5,90%) no arrasto vertical, e por Mollusca (11,44%) no arrasto horizontal (**Figuras 86 e 87**). Comparando com o observado no Bloco BM-S-8 (STATOIL/AECOM, 2017), vemos Copepoda como o grupo mais abundante, seguido por Mollusca e Appendicularia, o que pode demonstrar uma manutenção da comunidade na área analisada (**Figuras 86 e 87**).





**FIGURA 86 – Contribuição média (%) por grupo na densidade da comunidade zooplancônica durante a caracterização ambiental da Área Norte de Carcará e do Bloco BM-S-8 (arrasto vertical).**



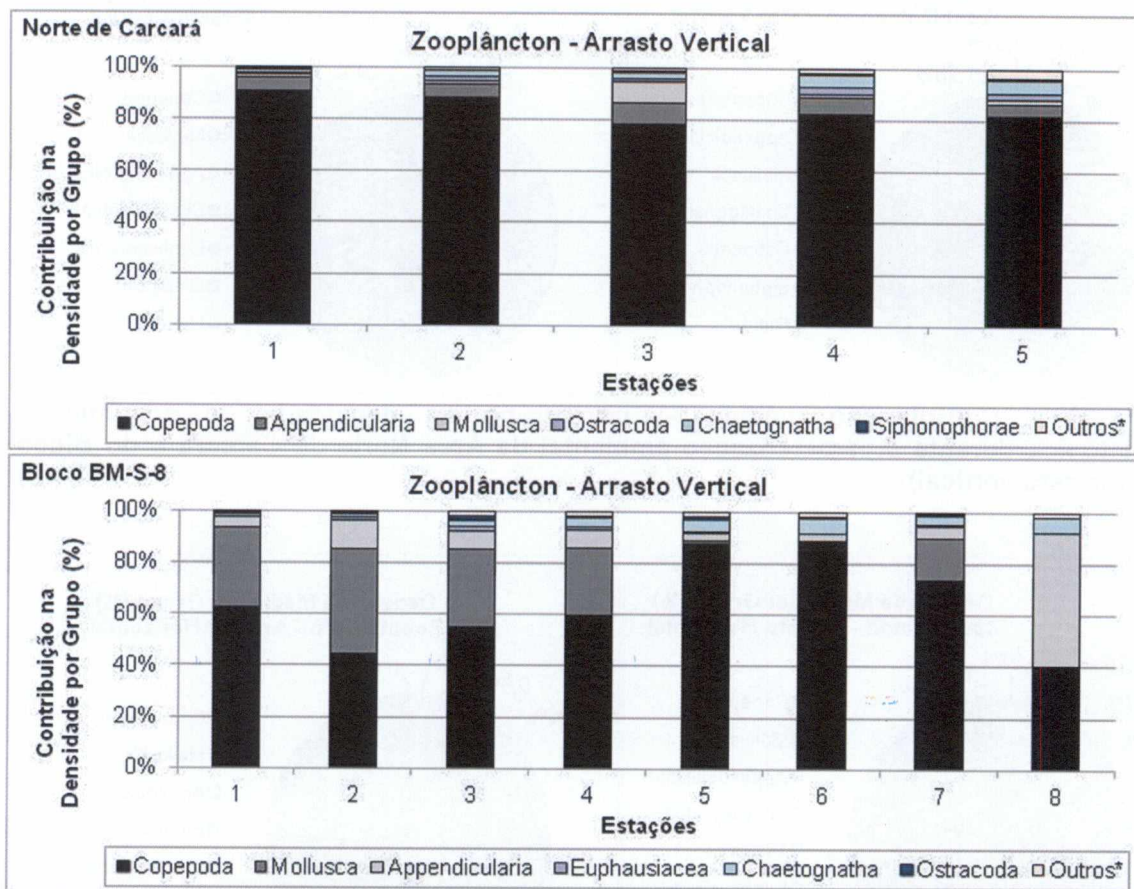
**FIGURA 87 – Contribuição média (%) por grupo na densidade da comunidade zooplancônica durante a caracterização ambiental da Área Norte de Carcará e do Bloco BM-S-8 (arrasto horizontal).**

A dominância de grupos holoplancônicos (Copepoda e Appendicularia) reforça a caracterização da comunidade zooplancônica como tipicamente oceânica. A maior parte do zooplâncton está incluída em dois grandes grupos de animais: Crustáceos e Protocordados (por exemplo, tunicados e apendiculárias), com poucas exceções. Entre os crustáceos zooplancônicos, os copépodes frequentemente respondem por mais de 80% da abundância e biomassa do zooplâncton em todas as estações e ambientes (ALCARAZ & CALBET, 2007).

Observa-se que para os dois tipos arrastos ocorreu o predomínio de Copepoda em todas as estações de amostragem. No arrasto vertical, Appendicularia foi o segundo grupo em termos de abundância, com exceção da estação 3, onde o grupo Mollusca teve representatividade semelhante. No arrasto horizontal, Mollusca foi o segundo grupo com maior contribuição nas estações 3 e 5. Nas demais estações (estações 1, 2 e 4), o grupo Appendicularia foi mais representativo (**Figuras 88 e 89**). No estudo anterior, realizado na área

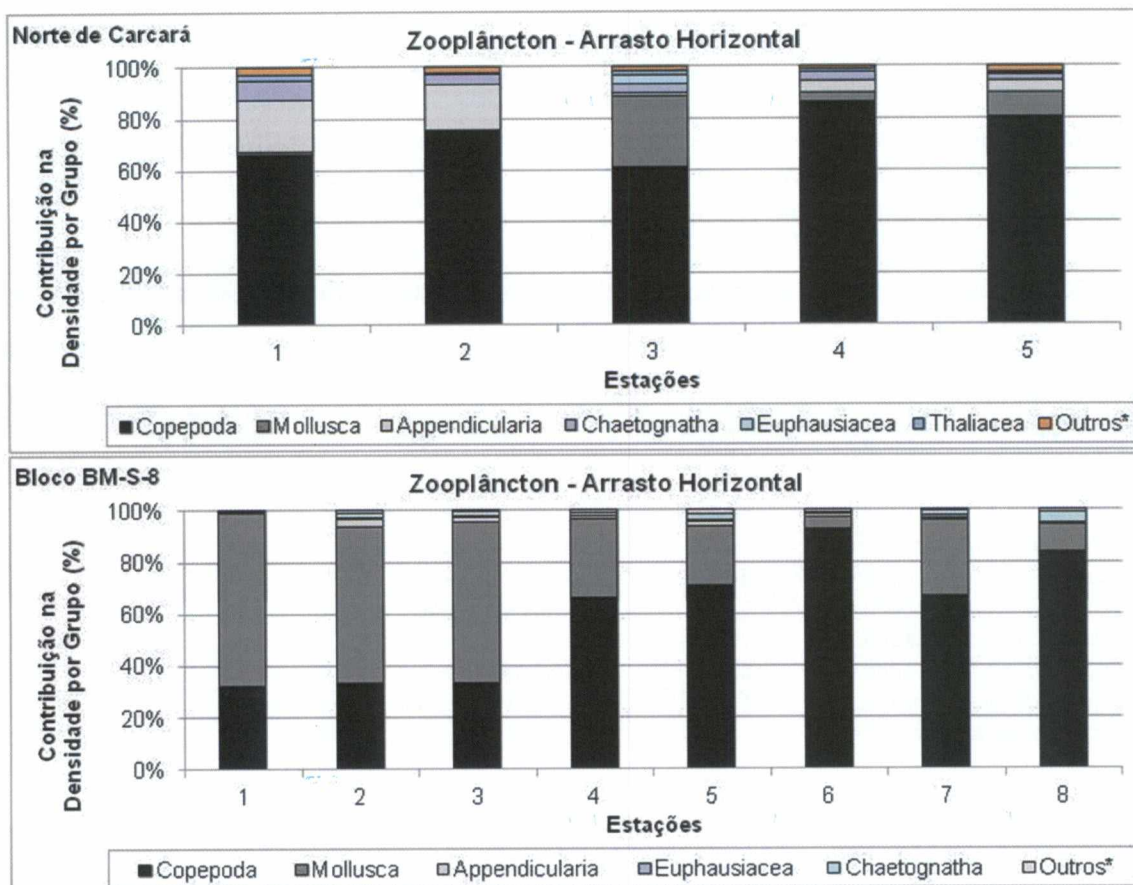


do Bloco BM-S-8 (STATOIL/AECOM, 2017), observou-se que para os dois tipos de arrastos ocorreu o predomínio de Copepoda na maioria das estações, seguido por Mollusca, com exceção apenas para a estação 8, no arrasto vertical, cujo segundo grupo com maior contribuição em densidade foi Appendicularia (Figuras 88 e 89).



**FIGURA 88 – Contribuição (%) por grupo na densidade da comunidade zooplancônica em cada estação durante a caracterização ambiental da Área Norte de Carcará e do Bloco BM-S-8 (arrasto vertical).**





**FIGURA 89 – Contribuição (%) por grupo na densidade da comunidade zooplanctônica em cada estação durante a caracterização ambiental da Área Norte de Carcará e do Bloco BM-S-8 (arrasto horizontal).**

Na área do antigo Bloco BM-S-8 (PETROBRAS/HABTEC, 2003), os autores também destacaram Copepoda como os organismos mais abundantes da região, principalmente os pertencentes à família Clausocalanidae. Em um estudo realizado na Bacia de Santos (MMA/PETROBRAS/AS/PEG, 2002), grupos como Copepoda, Appendicularia, Chaetognatha e Thaliacea se destacaram em termos de densidade.

Assim como em outras regiões marinhas, o grupo Copepoda foi dominante em densidade e riqueza (CORNILS *et al.*, 2007; AVILA *et al.*, 2009). Os indivíduos do grupo Copepoda são os representantes mais importantes do holoplâncton, uma vez que transferem a produção primária do fitoplâncton para os seus predadores e demais níveis tróficos do ecossistema pelágico (BRANDINI *et al.*, 1997).

Em relação à abundância relativa, apenas as espécies *Clausocalanus furcatus* (arrasto vertical), *Nannocalanus minor* e Gastropoda (arrasto horizontal) foram classificados como pouco abundante (abundância relativa entre 30% e 10%). Todos os demais táxons zooplanctônicos tiveram uma baixa abundância relativa sendo classificados como raros (abundância relativa inferior a 10%) (Anexo E).

Entre os táxons mais abundantes, as espécies de Copepoda *Clausocalanus furcatus*, *Oncaea venusta* (arrasto vertical) e *Nannocalanus minor* (arrasto horizontal) se destacaram, embora a espécie de Appendicularia *Oikopleura longicauda* também tenha tido densidade expressiva nos dois tipos de arrasto (**Tabela 36**). Essas espécies já foram registradas em águas oceânicas do Brasil (BONECKER & CARVALHO, 2006; DIAS & ARAUJO, 2006; DOMINGOS-NUNES & RESGALLA JR, 2012; BONECKER *et al.*, 2014; DUARTE, 2014; DIAS *et al.*, 2015).

Na caracterização ambiental do Bloco BM-S-8, observou-se que a espécie *Temora stylifera* teve as maiores densidades nos dois tipos de arrasto. A espécie *Oikopleura longicauda* também se destacou em abundância entre o grupo Appendicularia (STATOIL/AECOM, 2017).

**TABELA 36 – Táxons mais abundantes da comunidade zooplancônica durante a caracterização ambiental da Área Norte de Carcará.**

Arrasto Vertical			Arrasto Horizontal		
Táxons	Grupo	Densidade Média (Ind.m <sup>-3</sup> )	Táxons	Grupo	Densidade Média (Ind.m <sup>-3</sup> )
<i>Nannocalanus minor</i>	Copepoda	28,75	<i>Nannocalanus minor</i>	Copepoda	25,32
<i>Undinula vulgaris</i>	Copepoda	12,51	<i>Undinula vulgaris</i>	Copepoda	18,19
Clausocalanidae	Copepoda	22,70	<i>Clausocalanus furcatus</i>	Copepoda	10,94
<i>Clausocalanus furcatus</i>	Copepoda	42,73	Scolecitrichidae	Copepoda	8,21
Scolecitrichidae	Copepoda	9,54	<i>Scolecithrix danae</i>	Copepoda	17,51
<i>Oncaea venusta</i>	Copepoda	31,30	<i>Oncaea venusta</i>	Copepoda	21,72
<i>Oncaea venusta venella</i>	Copepoda	29,21	<i>Oncaea venusta venella</i>	Copepoda	8,57
<i>Macrosetella gracilis</i>	Copepoda	25,91	<i>Macrosetella gracilis</i>	Copepoda	9,74
<i>Oikopleura longicauda</i>	Appendicularia	11,43	<i>Oikopleura longicauda</i>	Appendicularia	12,77

\*Considerados apenas famílias, gêneros e espécies.

### 5.6.2.3 ÍNDICES BIOLÓGICOS

Os valores do índice de diversidade variaram de 3,50 (estação 1) a 4,25 bits.ind<sup>-1</sup> (estação 5), com média de 3,86 ± 0,28 bits.ind<sup>-1</sup> nos arrastos verticais; e de 2,63 (estação 5) a 3,96 bits.ind<sup>-1</sup> (estação 1), com média de 3,37 ± 0,52 bits.ind<sup>-1</sup> nos arrastos horizontais. O menor valor de diversidade registrado na estação 1 foi devido à dominância dos Copepoda *Clausocalanus furcatus* e *Nannocalanus minor* nos arrastos verticais; enquanto que a dominância das espécies de Copepoda *N. minor*, *Undinula vulgaris* e *Scolecithrix danae* foi responsável pela baixa diversidade na estação 5 nos arrastos horizontais. Os valores de equitabilidade acompanharam a variação da diversidade, variando entre 0,71 e 0,80, com média de 0,76 ± 0,03 para o arrasto vertical, e entre 0,60 e 0,78, com média de 0,69 ± 0,07 para o arrasto horizontal (**Figuras 90 e 91**). Tanto os valores de diversidade como os de equitabilidade foram superiores aos registrados na campanha anterior, realizada no Bloco BM-S-8 (STATOIL/AECOM, 2017). No referido estudo a diversidade variou entre 2,46 e 3,18 bits.ind<sup>-1</sup>, com média de 2,85 bits.ind<sup>-1</sup> no arrasto vertical e entre 1,48 e 3,03 bits.ind<sup>-1</sup>, com média de 2,29 bits.ind<sup>-1</sup> no arrasto horizontal (diversidade); e a equitabilidade ficou entre 0,62 e 0,76 com média de 0,69 no arrasto vertical e entre 0,36 e 0,73, com média de 0,56 no arrasto horizontal (equitabilidade) (**Figuras 90 e 91**).

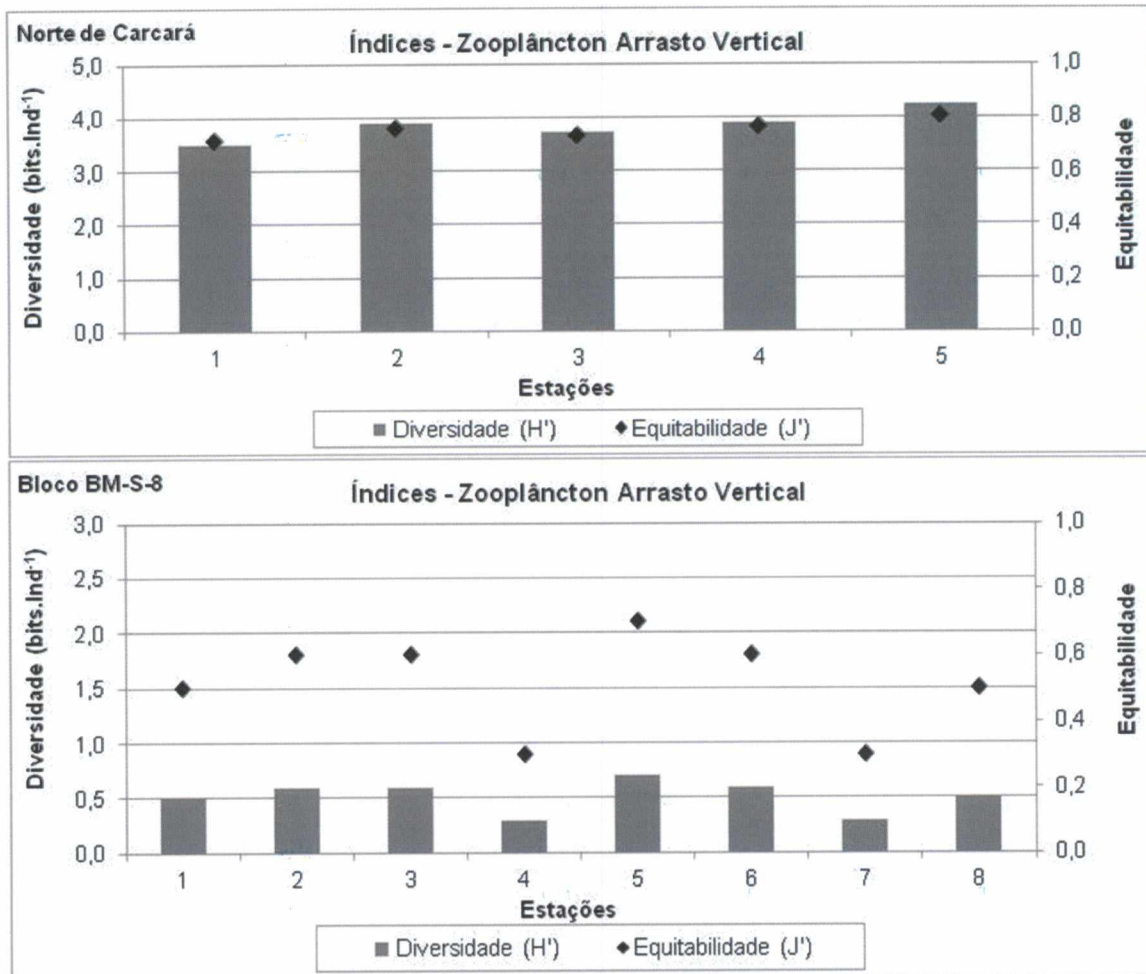
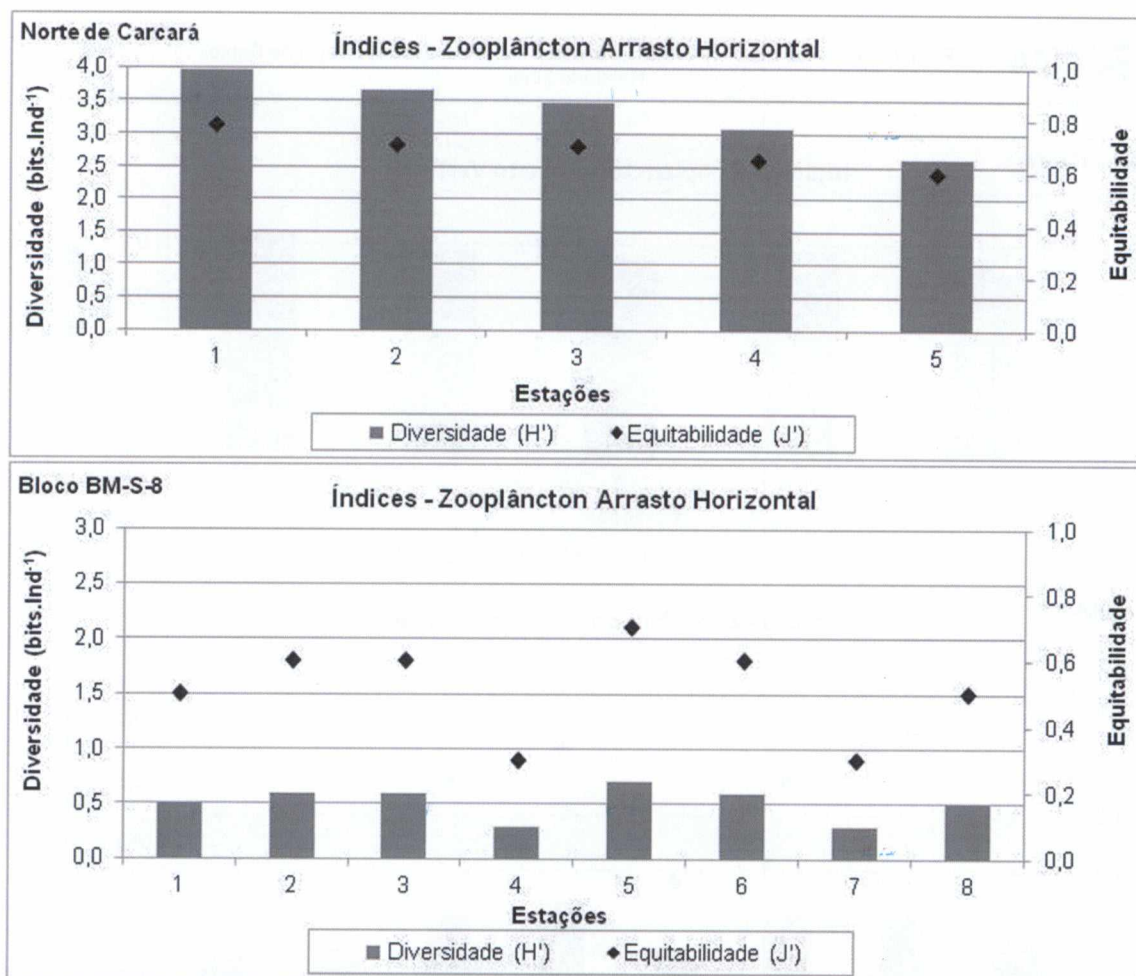


FIGURA 90 – Índices biológicos da comunidade zooplanctônica em cada estação durante a caracterização ambiental da Área Norte de Carcará e do Bloco BM-S-8 (arrasto vertical).





**FIGURA 91 – Índices biológicos da comunidade zooplancônica em cada estação durante a caracterização ambiental da Área Norte de Carcará e do Bloco BM-S-8 (arrasto horizontal).**

No presente estudo os valores de diversidade foram altos (média superior a 3,30 bits.ind<sup>-1</sup>), indicando uma comunidade complexa e com estabilidade ambiental. De acordo com MARGALEF (1989) a estabilidade do ambiente oferece um grau mais elevado de organização da pirâmide trófica. Nos resultados obtidos observa-se que as estações analisadas tiveram alta equitabilidade, demonstrando que apesar da complexidade da comunidade, os organismos encontram-se bem distribuídos.

### 5.6.3 ICTIOPLÂNCTON

#### 5.6.3.1 ANÁLISE QUALITATIVA

A maior parte dos peixes ósseos marinhos possui uma fase de larva planctônica e as variações que ocorrem nesse período afetam o recrutamento e como consequência os estoques das populações de adultos (HEMPEL, 1979; CIECHOMSKI, 1981; KENDALL *et al.*, 1984; YOKLAVICH *et al.*, 1992). Os estudos de

*Handwritten mark*



ictioplâncton contribuem para a compreensão da ecologia dos peixes, pois auxiliam no conhecimento sobre as estratégias reprodutivas e época de desova (RÉ *et al.*, 2005). As assembleias de larvas de peixes observadas em um ambiente são reflexos dos padrões de desova dos adultos e do comportamento da larva, que por sua vez, sofrem influência das variações ambientais sazonais (ABDELOUAHAB *et al.*, 2017; ACEVES-MEDINA *et al.*, 2018).

Na Área Norte de Carcará foram coletados somente 14 ovos de peixes e a maior parte permaneceu como não identificado, com exceção de um ovo da família Engraulidae encontrado na estação 3. Em grande parte dos trabalhos sobre ictioplâncton os ovos permanecem como não identificados devido à carência de literatura com a descrição desse estágio de desenvolvimento (GLEASON & BURTON, 2011; KURTZ, 2012). Entretanto, alguns ovos têm características muito típicas permitindo a identificação dos mesmos. Os ovos da família Engraulidae têm forma elíptica, vitelo segmentado e não possuem gota de óleo (WATSON & SANDKNOP, 1996; AROCKIAMARY *et al.*, 2011; AL-OKAILEE, 2015; FAVERO *et al.*, 2015).

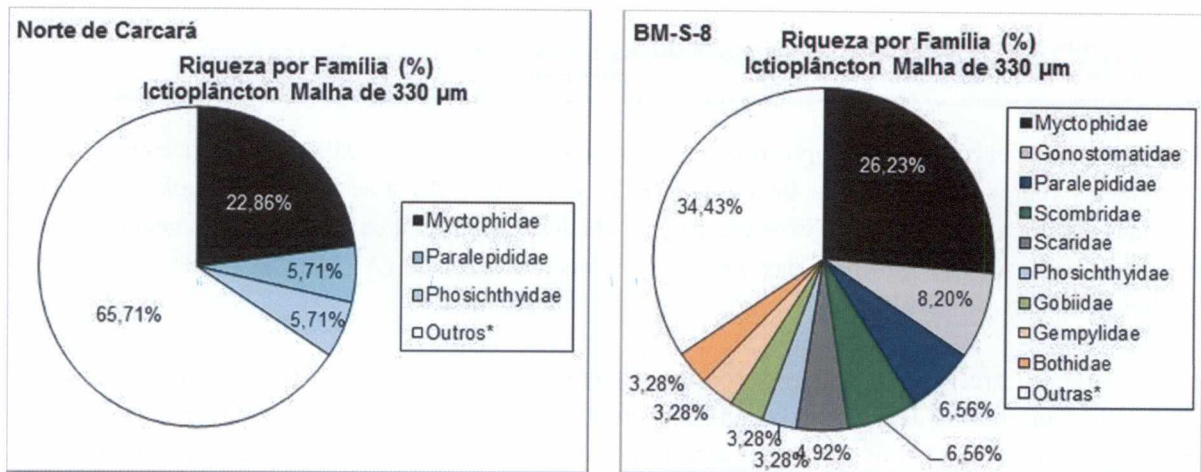
No presente estudo foram coletadas 475 larvas de peixes com as malhas de 330 e 500 µm abrangendo 26 famílias e 32 espécies (**Anexo E**). A Autorização de Captura de Material Biológico e a Declaração de Aceite das amostras de plâncton pelo laboratório responsável são apresentadas no **Anexo E**.

Entre os táxons coletados alguns ocorreram exclusivamente na malha de 330 µm: *Chlorophthalmus* sp., *Scopelosaurus* sp., *Scopelarchus* sp., *Uncisudis advena*, *Benthoosema suborbitale*, *Diogenichthys atlanticus*, *Hygophum reinhardtii*, *Myctophum* sp., *Zenopsis conchifer*, *Urophycis* sp., Gobiidae, *Coryphaena* sp. (**Anexo E**). Nas amostras coletadas com a malha de 500 foram registrados cinco táxons exclusivos: Stomiidae, *Stemonosudis* sp., *Echiodon dawsoni*, *Bothus ocellatus* e Gempylidae (**Anexo E**).

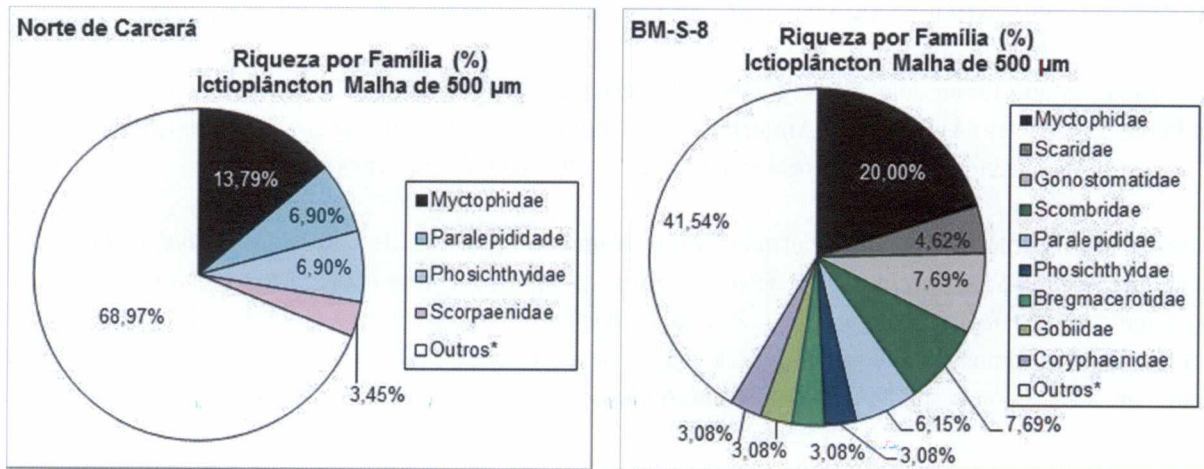
Todos os táxons registrados na área de estudo já foram identificados na fase de larva e/ou adulto na costa brasileira (LESSA & NÓBREGA, 2000; NONAKA *et al.*, 2000; FIGUEIREDO *et al.*, 2002; MENEZES *et al.*, 2003; FRANCO *et al.*, 2005; BONECKER & CASTRO, 2006; CASTRO *et al.*, 2010; MARCENIUK *et al.*, 2013; KATSURAGAWA *et al.*, 2014; STOCCO & JOYEUX, 2015; BONECKER *et al.*, 2012; 2014). Não foram observadas espécies endêmicas ou ameaçadas de extinção (DOU, 2004; 2014).

A maioria dos táxons registrados na Área Norte de Carcará representou menos de 1% do total identificado nas amostras obtidas com as malhas de 330 (**Figura 92**) e 500 µm (**Figura 93**). As famílias que tiveram a maior contribuição em número de táxons foram Myctophidae, Paralepididae e Phosichthyidae nas duas malhas e Scorpaenidae na malha de 500 µm. Entre elas, Myctophidae contribuiu com mais de 22% na malha de 330 µm e mais de 13% na malha de 500 µm.

Na caracterização Ambiental do Bloco BM-S-8, a maioria dos táxons contribuiu com menos de 4% do total, e assim como no presente estudo, Myctophidae foi a família que contribuiu com o maior número de táxons nas duas malhas (**Figuras 92 e 93**). A maior contribuição em número de táxons pela família Myctophidae provavelmente está relacionada ao fato das espécies serem bem conhecidas e por dominarem em amostras de ictioplâncton de águas oceânicas.



**FIGURA 92 – Contribuição (%) por família na riqueza (nº de táxons) de larvas de peixes durante a caracterização ambiental da Área Norte de Carcará e do Bloco BM-S-8 (malha de 330 µm).**



**FIGURA 93 – Contribuição (%) por família na riqueza (nº de táxons) de larvas de peixes durante a caracterização ambiental da Área Norte de Carcará e do Bloco BM-S-8, (malha de 500 µm).**

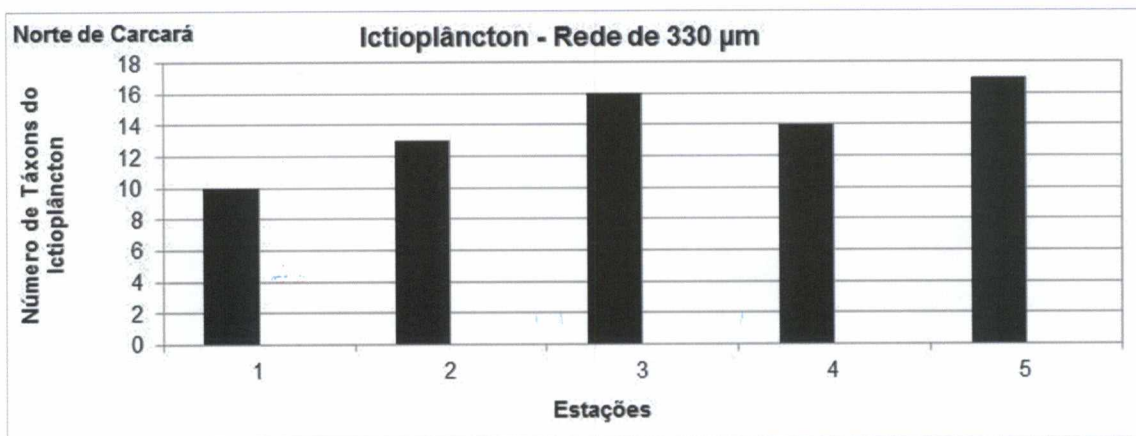
Na Área Norte de Carcará foram registradas larvas de famílias de peixes com hábitos de vida pelágico, mesopelágico e demersal. Entre as famílias pelágicas identificadas estão: Bregmacerotidae, Coryphaenidae, Trichiuridae e Acropomatidae. As famílias demersais foram representadas por Congridae, Gadidae, Carapidae, Scorpaenidae, Gobiidae, Scaridae, Bothidae, Cynoglossidae. Um total de treze famílias mesopelágicas foram identificadas na área de estudo: Nettastomatidae, Gonostomatidae, Sternoptychidae, Phosichthyidae, Stomiidae, Evermannellidae, Chlorophthalmidae, Notosudidae, Scopelarchidae, Paralepididae, Myctophidae, Howellidae, Zeidae, Gempylidae e Chiasmodontidae (RICHARDS, 2006).

As espécies da família Scaridae vivem em associação com formações coralinas e representam a maior parte da biomassa dessas regiões (MENEZES & FIGUEIREDO, 1985). Algumas famílias com hábitos mesopelágicos são consideradas elos tróficos importantes nas cadeias alimentares das regiões oceânicas, uma vez que realizam migração vertical diária e transferem a energia da matéria orgânica consumida na superfície

R

para camadas mais profundas na coluna d'água (ANGEL, 2003; SASSA & HIROTA, 2013; HUDSON *et al.*, 2014; VALLS *et al.*, 2014; CARMO *et al.*, 2015; DAVISON *et al.*, 2015; MODICA *et al.*, 2015). Entre as mesopelágicas destaca-se Myctophidae que é alimento para peixes com importância comercial como atuns e bonitos, além de vários cetáceos, lulas e aves marinhas (NAFPAKTITIS *et al.*, 1977; NAMIKI *et al.*, 2015; MATEU *et al.*, 2015; SORELLE *et al.*, 2017; GIMÉNEZ *et al.*, 2018).

Na Área Norte de Carcará, o maior número de táxons foi observado na estação 5 na malha de 330  $\mu\text{m}$  (Figura 94) e na estação 3 na malha de 500  $\mu\text{m}$  (Figura 95). O número de táxons registrado no presente estudo foi menor que o obtido no Bloco BM-S-8 (Figuras 94 e 95). Analisando a distribuição espacial dos táxons nesses dois estudos realizados na Bacia de Santos observa-se que não é possível estabelecer um padrão em relação às estações de coleta.



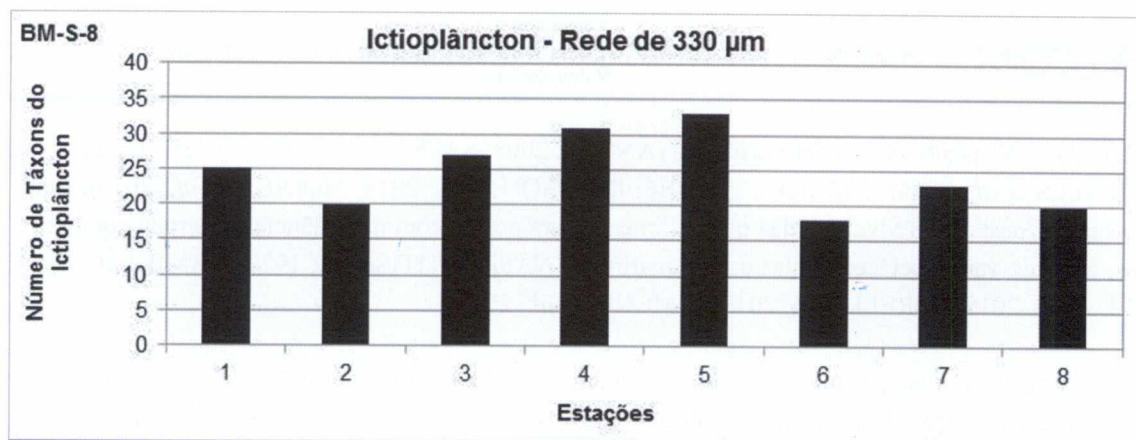


FIGURA 94 – Riqueza (nº de táxons) da assembleia de larvas de peixes em cada estação durante a caracterização ambiental da Área Norte de Carcará e do Bloco BM-S-8 (malha de 330 µm).

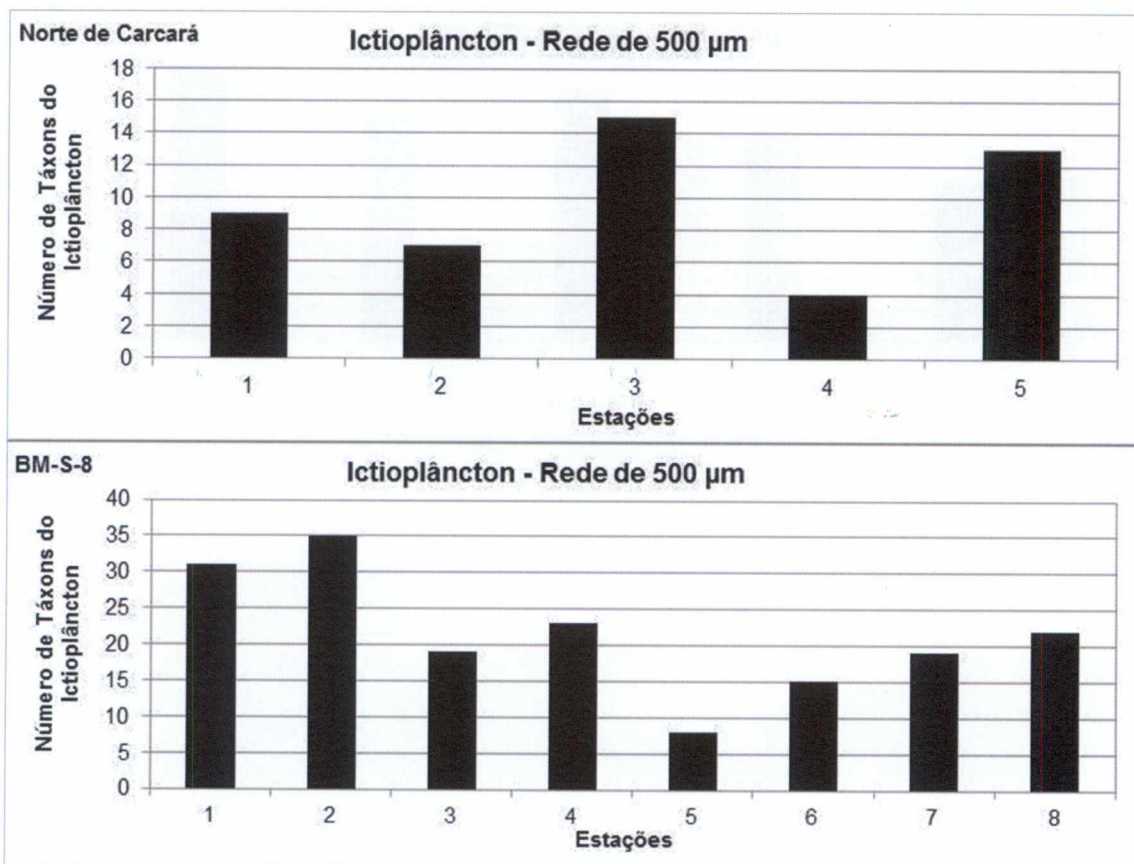


FIGURA 95 – Riqueza (nº de táxons) de larvas de peixes em cada estação durante a caracterização ambiental da Área Norte de Carcará e do Bloco BM-S-8 (malha de 500 µm).

Além do grupo denominado de Outros, a família Myctophidae foi a que mais contribuiu com táxons em relação ao total identificado em cada estação de coleta nas amostras da malha de 330 µm (Figura 96) e na

M

malha de 500 µm (Figura 97). Resultado semelhante foi observado no estudo realizado na área do Bloco BM-S-8 (Figuras 96 e 97).

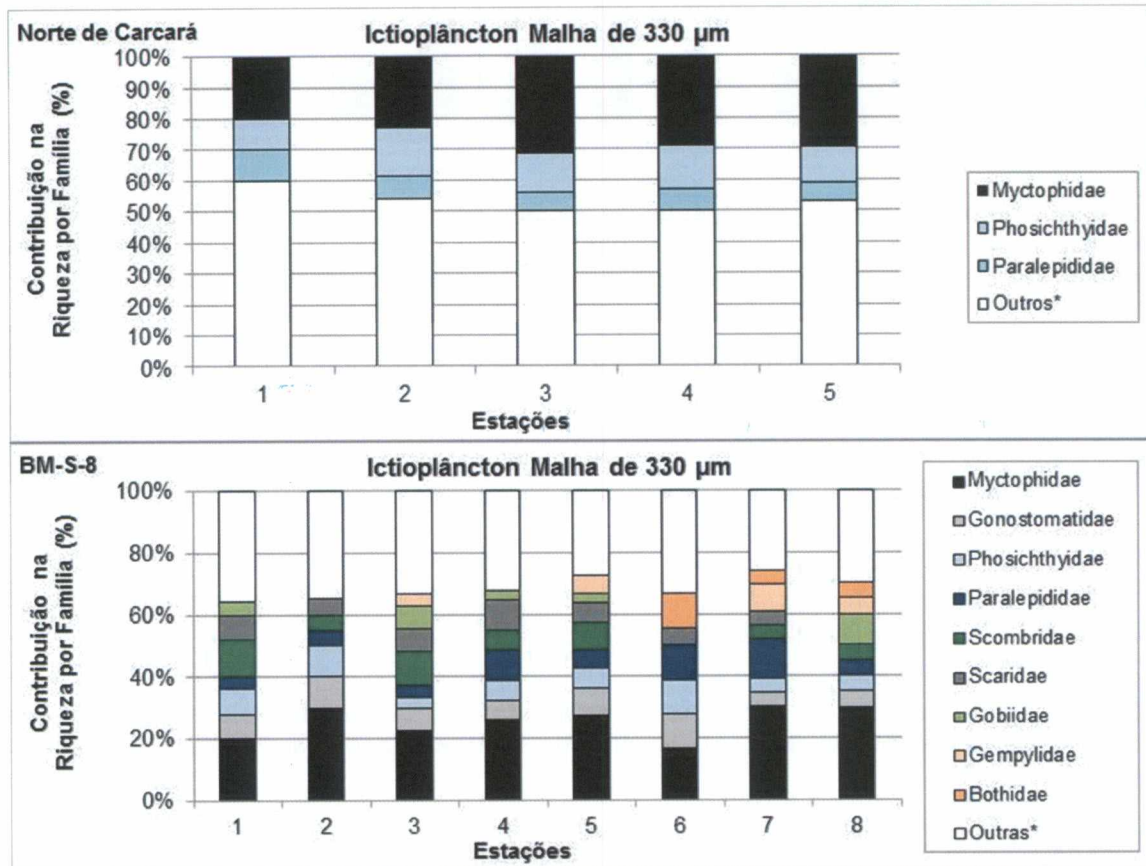
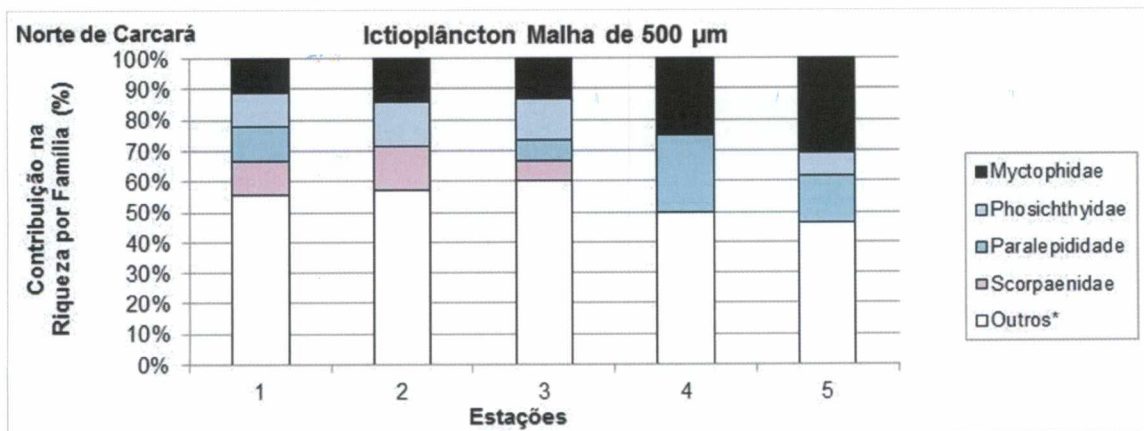
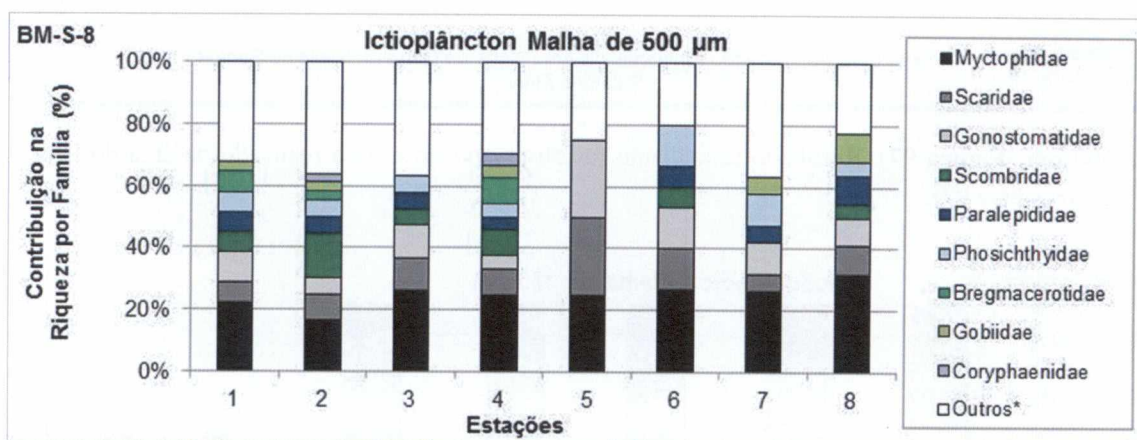


FIGURA 96 – Contribuição (%) por família na riqueza (nº de táxons) de larvas de peixes em cada estação durante a caracterização ambiental da Área Norte de Carcará e do Bloco BM-S-8(malha de 330 µm)Outras\* = famílias com menos de 1% de contribuição do total de táxons.



**FIGURA 97 – Contribuição (%) por família na riqueza (nº de táxons) de larvas de peixes em cada estação durante a caracterização ambiental da Área Norte de Carcará e do Bloco BM-S-8 (malha de 500 µm). Outras\* = famílias com menos de 1% de contribuição do total de táxons.**

Na assembleia de larvas de peixes registrada na área de estudo 18 foram considerados pouco frequentes e 13 foram classificados como frequentes nas malhas de 330 e 500 µm. Um total de sete táxons na malha de 330 e um táxon na malha de 500 µm foram considerados muito frequentes e ocorreram em quatro a cinco estações de coleta (**Tabela 37**).

Entre as espécies classificadas como muito frequentes estão duas espécies da família Myctophidae (*Diogenichthys atlanticus* e *Lampanyctus* sp.). Todos os táxons são de famílias mesopelágicas, com exceção de *Bregmaceros atlanticus* que é pelágica (**Tabela 38**).

**TABELA 37 – Frequência de ocorrência dos táxons de larvas de peixes nas estações coletadas com as malhas de 330 e 500 µm durante a caracterização ambiental da Área Norte de Carcará.**

Frequência de Ocorrência	Classificação	Nº Táxons	
		Malha de 330 µm	Malha de 500 µm
FO <40 (=1 estação)	Pouco Frequentes	18	18
40 < FO <70 (=2 a 3 estações)	Frequentes	13	13
FO >70 (= 4 a 5 estações)	Muito Frequentes	7	1

**TABELA 38 - Táxons de larvas de peixes muito frequentes (FO>70%) nas amostras coletadas com as malhas de 330 e 500 µm durante a caracterização ambiental da Área Norte de Carcará.**

Táxons muito frequentes nas amostras - FO%			
Malha de 330 µm		Malha de 500 µm	
<i>Pollichthys maui</i>	100,0	<b>Myctophidae</b>	100,0
<b>Myctophidae</b>	100,0		
<i>Vinciguerria nimbaria</i>	80,0		
<i>Scopelosaurus</i> sp.	80,0		
<i>Diogenichthys atlanticus</i>	80,0		
<i>Lampanyctus</i> sp.	80,0		
<i>Bregmaceros atlanticus</i>	80,0		

MP

### 5.6.3.2 ANÁLISE QUANTITATIVA

As densidades de ovos de peixes registradas na Área Norte de Carcará foram muito baixas ( $< 2$  ovos. $100\text{ m}^{-3}$ ) nas amostras coletadas com as duas malhas da rede Bongô (**Figura 98**). As densidades de larvas também foram baixas no presente estudo ( $< 100$  larvas. $100\text{ m}^{-3}$ ) e variaram entre 24,74 e 35,98 larvas. $100\text{ m}^{-3}$  na malha de 330  $\mu\text{m}$  e entre 3,64 e 19,81 larvas. $100\text{ m}^{-3}$  na malha de 500  $\mu\text{m}$  (**Figura 99**). Na caracterização ambiental do Bloco BM-S-8 (STATOIL/AECOM, 2017) as densidades ictioplanctônicas também foram muito baixas (**Figuras 98 e 99**).

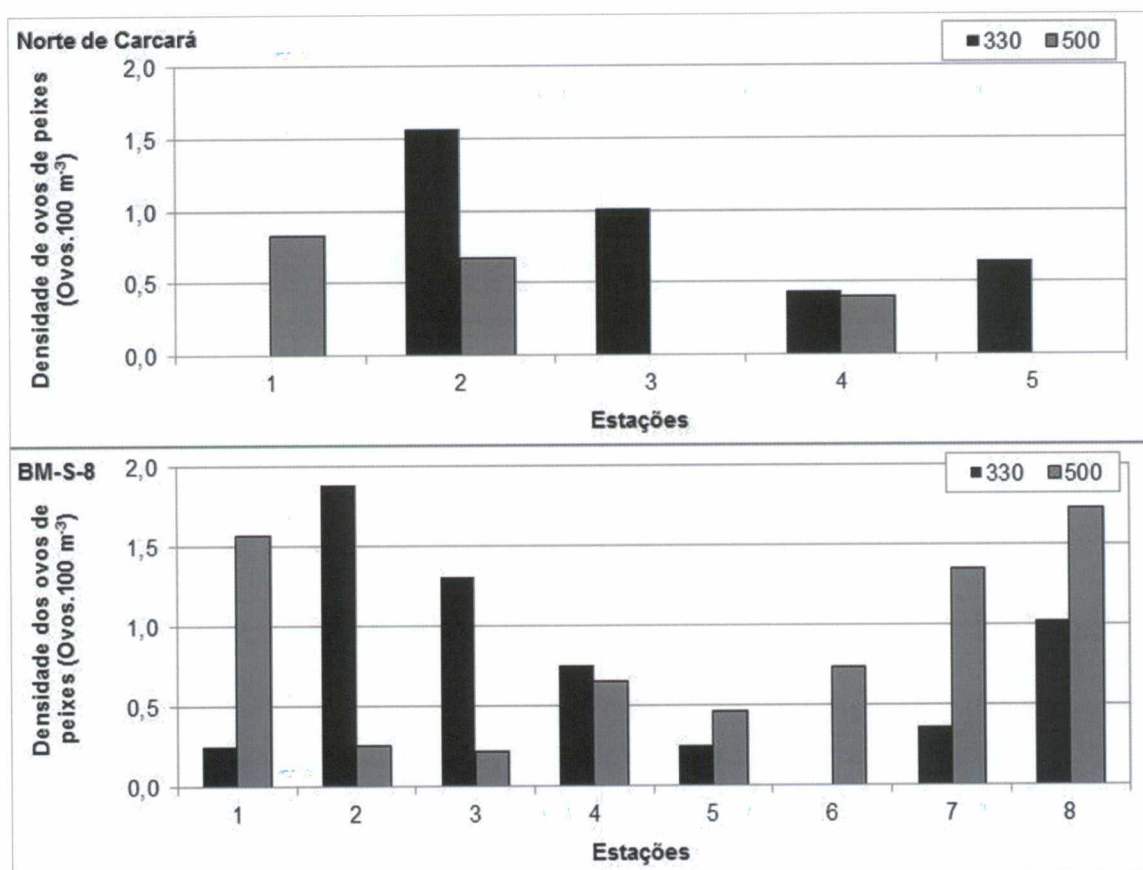


FIGURA 98 – Densidade de ovos de peixes (ovos. $100\text{ m}^{-3}$ ) coletados durante a caracterização ambiental da Área Norte de Carcará e do Bloco BM-S-8, após arrastos com as malhas de 330 e 500  $\mu\text{m}$ .



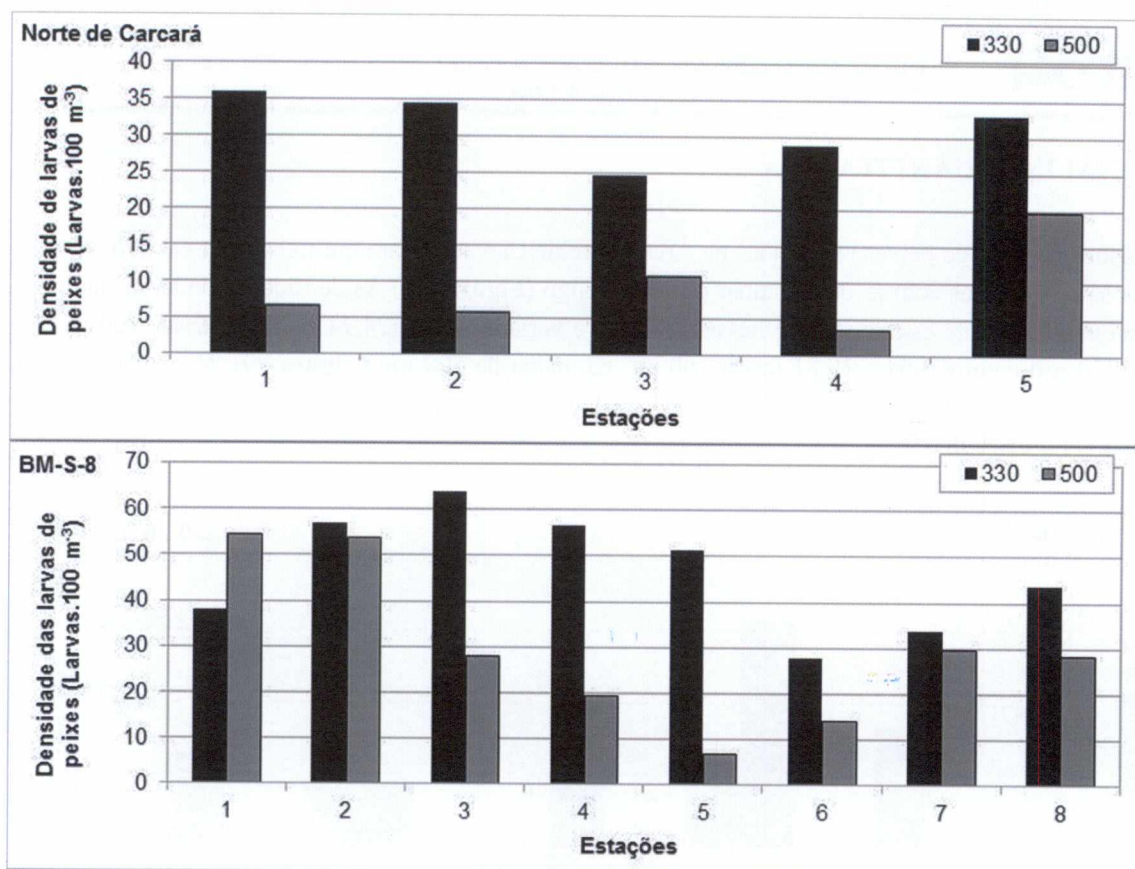


FIGURA 99 – Densidade de larvas de peixes (larvas. 100 m<sup>-3</sup>) coletadas durante a caracterização ambiental da Área Norte de Carcará e do Bloco BM-S-8 (malhas de 330 e 500 µm).

Águas oceânicas oligotróficas e com baixa produtividade normalmente têm baixas densidades de organismos (BONECKER *et al.*, 1992/93; BASSANI *et al.*, 1999). Outros estudos realizados ao longo da costa brasileira também registraram baixas densidades de ovos de peixes (FRANCO & MUELBERT, 2003; FRANCO *et al.*, 2005; BONECKER *et al.*, 2007). Baixas densidades ictioplancônicas também foram observadas em outros estudos realizados na Bacia de Santos (MMA/PETROBRAS/AS/PEG, 2002; PETROBRAS/HABTEC, 2003).

A família Myctophidae foi a mais abundante nas amostras coletadas com as malhas de 330 (Figura 100) e 500 µm (Figura 101), representando, respectivamente 64,42% e 40,92% do total de larvas identificadas na Área Norte de Carcará. As larvas das famílias Paralepididae, Phosichthyidae e Scorpaenidae também se destacaram nas assembleias de larvas de peixes das amostras coletadas com as malhas de 330 (Figura 100) e 500 µm (Figura 101). Os demais táxons contribuíram com menos de 1% do total identificado e foram agrupados como Outras.

na caracterização ambiental do Bloco BM-S-8, a família Myctophidae também foi a que mais contribuiu para a assembleia de larvas da malha de 330 µm (Figura 100). Entretanto, na malha de 500 µm (Figura 101) as larvas da família Scaridae foram as mais abundantes e representaram mais de 50% do total registrado. Outro



estudo realizado na Bacia de Santos também registrou dominância de larvas da família Myctophidae (MMA/PETROBRAS/AS/PEG, 2002).

A dominância de um ou mais táxons é comum nas assembleias de larvas de peixes (KATSURAGAWA *et al.*, 2014; GUAN *et al.*, 2017). O predomínio de larvas de Myctophidae em amostras ictioplancônicas de águas oceânicas é um fato comum (CASTRO *et al.*, 2010; CATUL *et al.*, 2011; BERNAL *et al.*, 2013; OLIVAR *et al.*, 2018). Na costa do Brasil as larvas de mictofídeos também são mais abundantes em relação aos demais táxons em amostras oceânicas (CASTRO *et al.*, 2010).

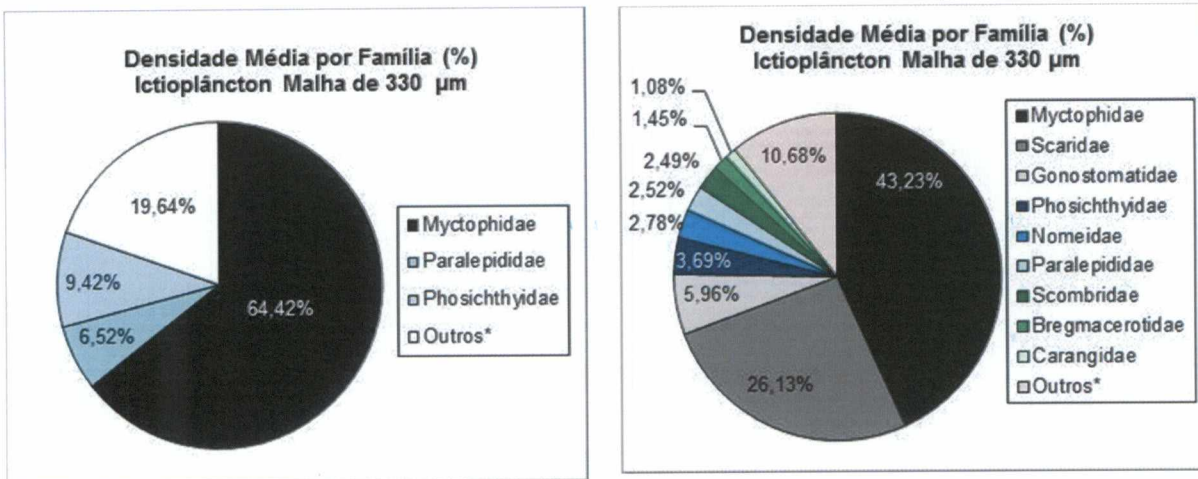


FIGURA 100 – Contribuição média (%) por família na densidade média de larvas de peixes (larvas.100 m<sup>-3</sup>) durante a caracterização ambiental da Área Norte de Carcará e do Bloco BM-S-8 (malha de 330 µm).

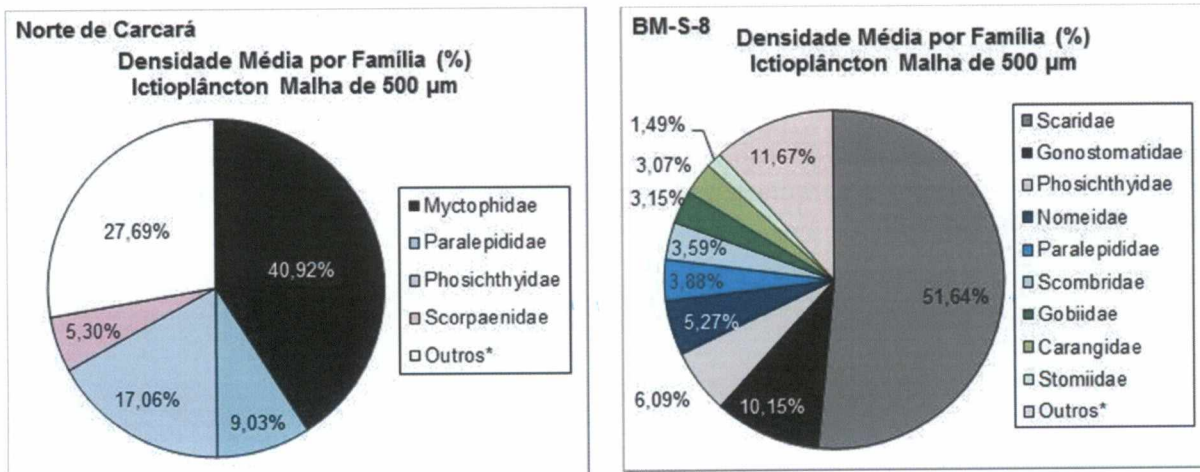


FIGURA 101 – Contribuição média (%) por família na densidade média de larvas de peixes (larvas.100 m<sup>-3</sup>) durante a caracterização ambiental da Área Norte de Carcará e do Bloco BM-S-8(malha de 500 µm).



A família Myctophidae foi a que mais contribuiu com as assembleias de larvas de peixes registradas em cada estação na Área Norte de Carcará na malha de 330 (Figura 102) e na malha de 500 µm (Figura 103). Resultados semelhantes foram observados no estudo realizado na área do Bloco BM-S-8 (STATOIL/AECOM, 2017), nas amostras obtidas com a malha de 330 µm (Figura 102). Entretanto, nas amostras obtidas com a malha de 500 µm (Figura 103) as maiores contribuições foram das larvas da família Scaridae em seis estações e de Gonostomatidae em duas estações (STATOIL/AECOM, 2017).

Os mictofídeos também tiveram a maior densidade média na Área Norte de Carcará, tanto nas amostras da malha de 330 quanto nas de 500 µm (Tabela 39).

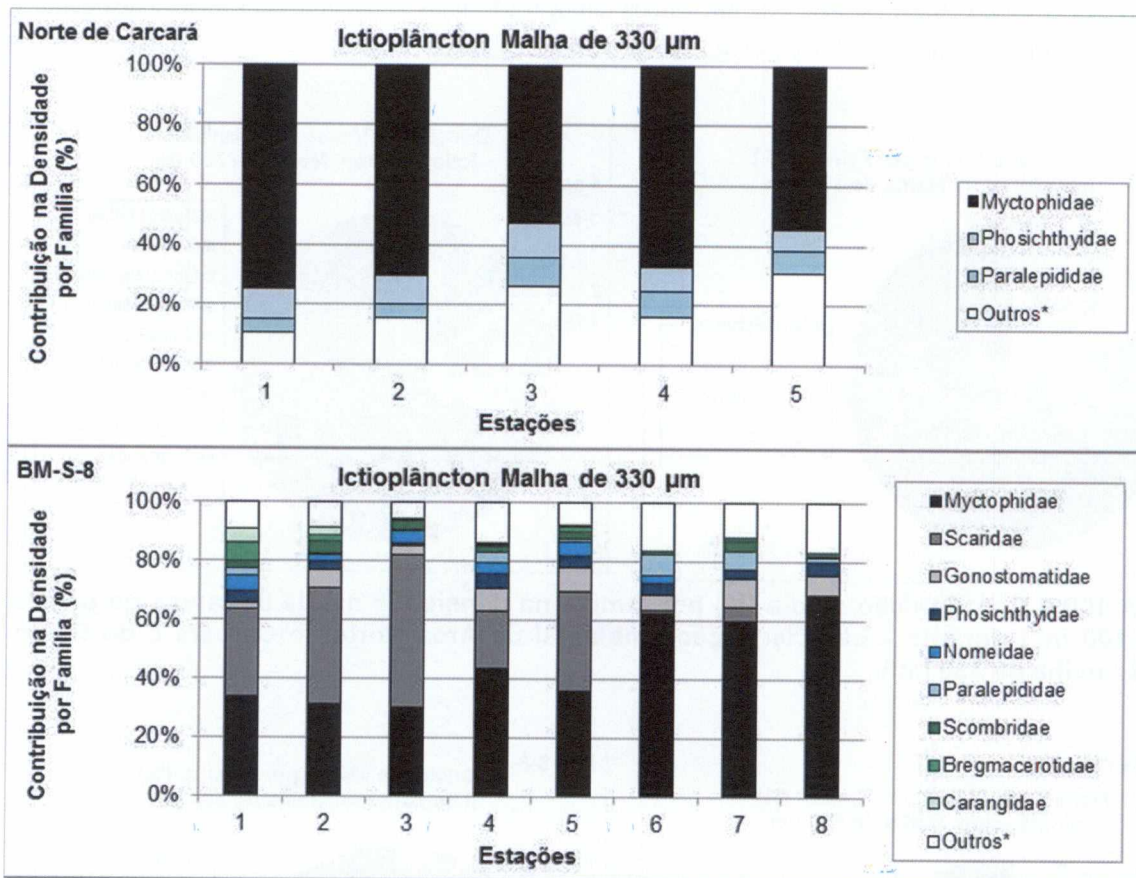


FIGURA 102 – Densidade (larvas. 100 m<sup>-3</sup>) das famílias de larvas de peixes mais abundantes em cada estação durante a caracterização ambiental da Área Norte de Carcará e do Bloco BM-S-8 (malha de 330 µm).

*R*

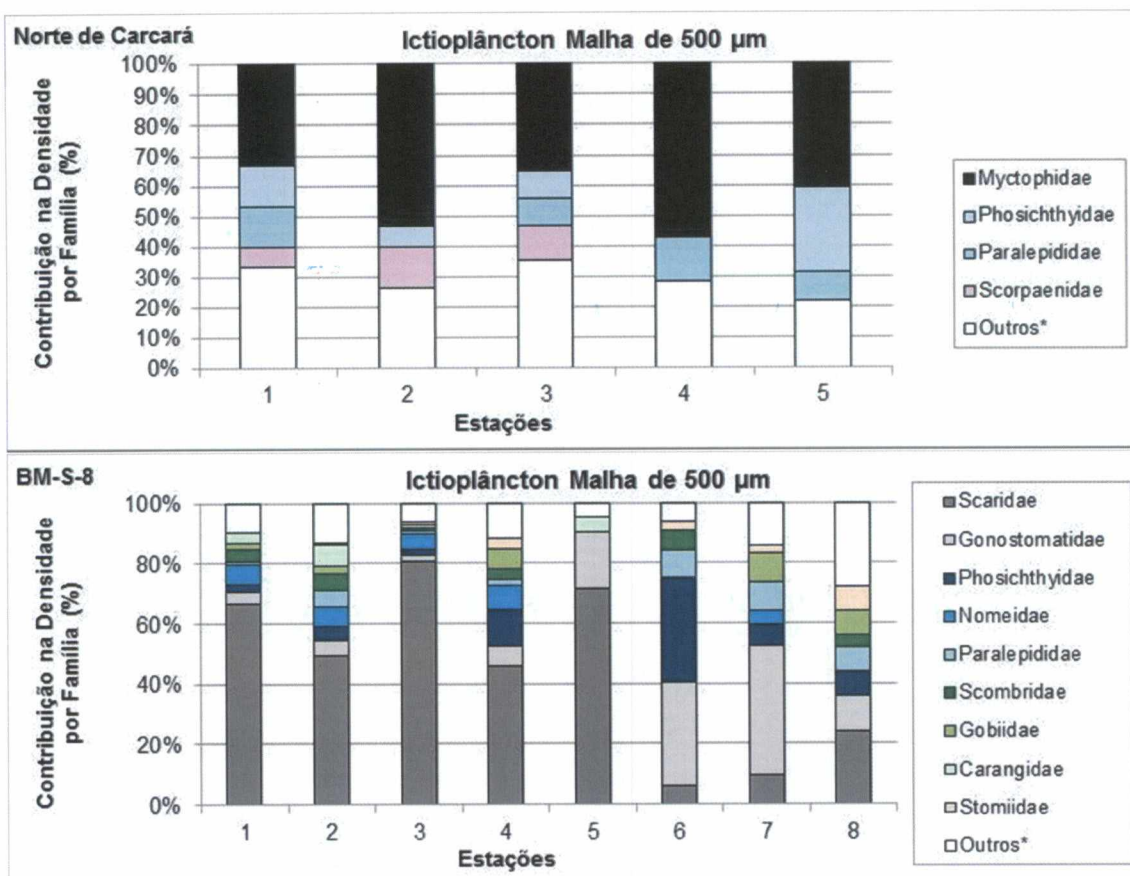


FIGURA 103 – Densidade (larvas. 100 m<sup>-3</sup>) das famílias de larvas de peixes mais abundantes em cada estação durante a caracterização ambiental da Área Norte de Carcará e do Bloco BM-S-8 (malha de 500 µm).

TABELA 39 – Densidade média (larvas.100 m<sup>-3</sup>) dos táxons de larvas de peixes mais abundantes coletados durante a caracterização ambiental da Área Norte de Carcará (malhas de 330 e 500 µm).

Malha de 330 µm		Malha de 500 µm	
Táxon	Densidade média	Táxon	Densidade média
Phosichthyidae	2,37	Phosichthyidae	1,46
Paralepididae	1,64	Paralepididae	0,77
Myctophidae	16,19	Myctophidae	3,50
Outras (<1%)	4,94	Scorpaenidae	0,45
		Outros (<1%)	2,37

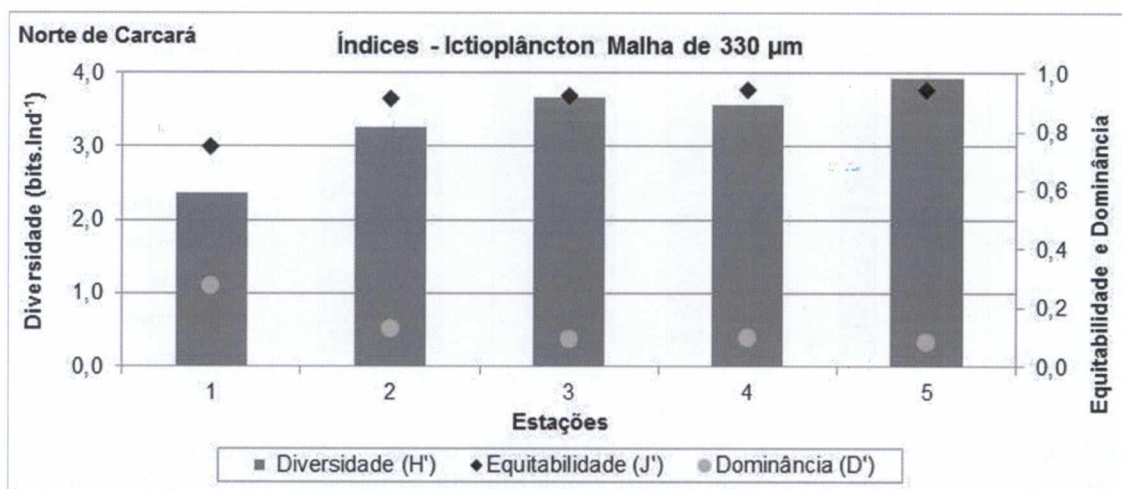


### 5.6.3.3 ÍNDICES BIOLÓGICOS

Os índices de diversidade de Shannon-Wiener registrados nas amostras coletadas com a malha de 330  $\mu\text{m}$  na Área Norte de Carcará variaram entre 2,37 e 3,92 e a equitabilidade de Pielou ficou entre 0,75 e 0,94 (**Figura 104**). A dominância de Simpson variou entre 0,08 e 0,27 (**Figura 104**). A maior diversidade foi observada na estação 5 (**Figura 104**).

Nas amostras obtidas com a malha de 500  $\mu\text{m}$  no presente estudo os índices de diversidade ficou entre 1,58 e 3,72 e a equitabilidade variou entre 0,85 e 0,97 (**Figura 105**). O índice de dominância ficou entre 0,09 e 0,33 (**Figura 105**). A maior diversidade nessa malha foi registrada na estação 3 (**Figura 105**).

Na caracterização ambiental do Bloco BM-S-8, de maneira geral, os valores de diversidade foram comparativamente menores que os observados na Área Norte de Carcará (STATOIL/AECOM, 2017).



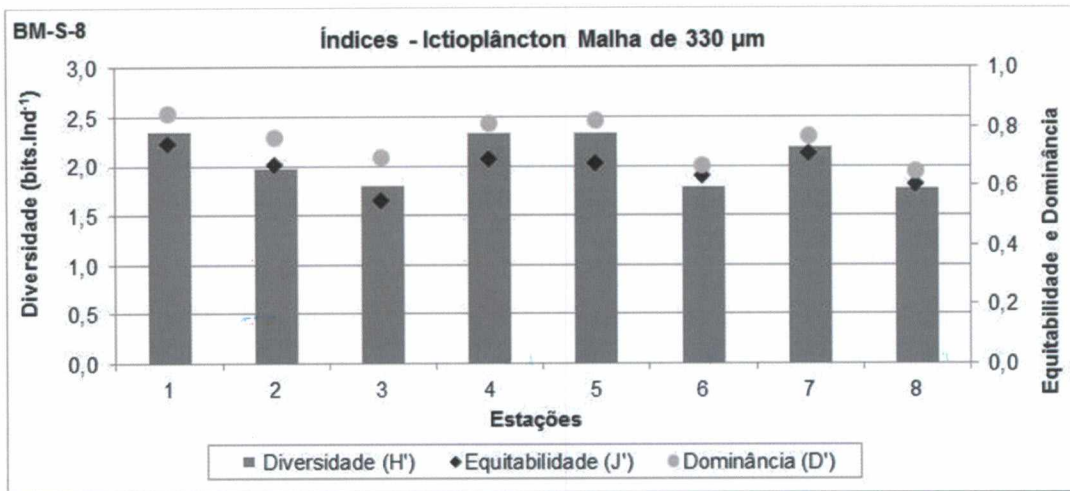


FIGURA 104 – Índices biológicos da assembleia de larvas de peixes em cada estação durante a caracterização ambiental da Área Norte de Carcará e do Bloco BM-S-8, (malha de 330 µm).

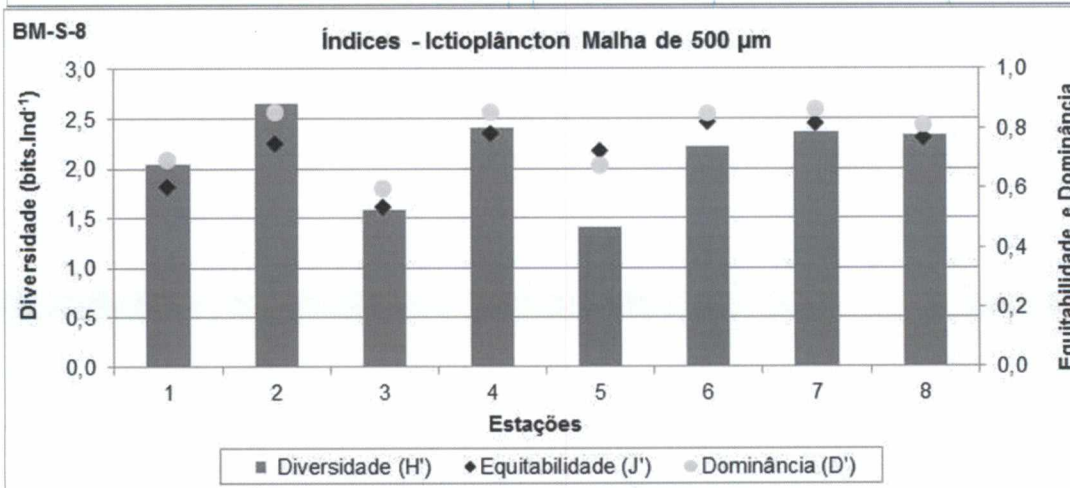
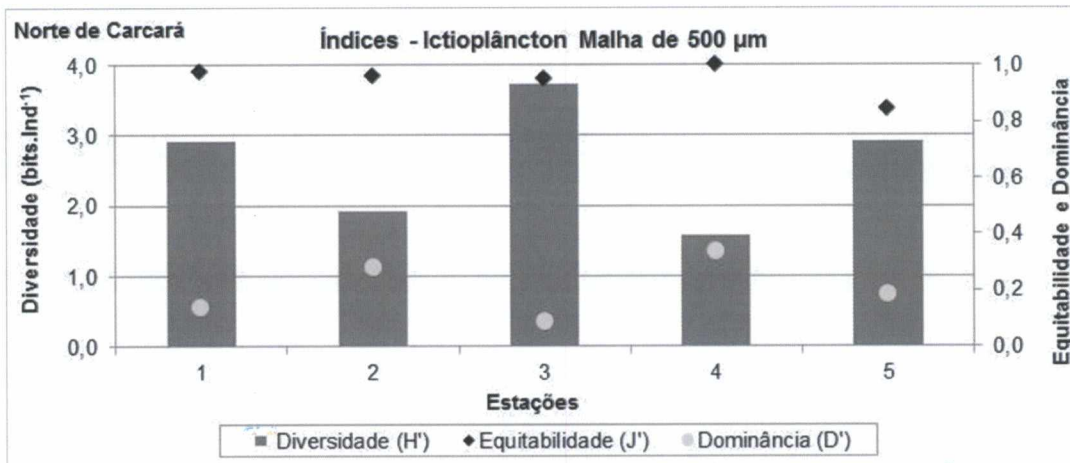


FIGURA 105 – Índices biológicos da assembleia de larvas de peixes em cada estação durante a caracterização ambiental da Área Norte de Carcará e do Bloco BM-S-8(malha de 500 µm).



## 5.7 ANÁLISE INTEGRADA

### 5.7.1 COMPARTIMENTO SEDIMENTO

A integração dos resultados dos parâmetros bióticos e abióticos através de análises multivariadas (Análises de Componentes Principais – ACPs) permitiu avaliar o ambiente de maneira mais sinérgica. A base de dados utilizada consistiu nas médias dos valores dos parâmetros físico-químicos do sedimento para cada estação (dados abióticos) e nas densidades de macro e meiofauna (dados bióticos), sendo estes plotados em um segundo plano (biplot).

Os parâmetros físico-químicos considerados nesta análise consistiram em: areia, silte, argila, carbonato, COT, MOT, nutrientes (nitrogênio e fósforo), os metais (Al, Ba, Pb, Cu, Cr, Fe, Mn, Ni, V e Zn em  $\text{mg.kg}^{-1}$ ),  $^{226}\text{Ra}$  e  $^{228}\text{Ra}$ . Os parâmetros cujos resultados foram inferiores ao limite de quantificação do método na maioria das amostras da campanha atual (metais As, Cd e Hg; HTPs e HPAs) não foram considerados nas análises.

Para a associação dos parâmetros físico-químicos com a comunidade bentônica foram consideradas as densidades médias de cada grande grupo (incluindo os organismos da macro e meiofauna) e a densidade média total de cada estação (**Tabela 40**).

**TABELA 40 – Códigos para identificação das variáveis utilizadas nas análises multivariadas de integração dos resultados observados no sedimento marinho.**

Variáveis	Códigos
<b>Físicas</b>	
Areia	Are
Silte	Sil
Argila	Arg
<b>Químicas</b>	
Carbonato	CaCo <sub>3</sub>
Carbono Orgânico Total	COT
Matéria Orgânica Total	MOT
Nitrogênio	N
Fósforo	P
Alumínio	Al
Bário	Ba
Chumbo	Pb
Cobre	Cu
Cromo	Cr
Ferro	Fe
Manganês	Mn
Níquel	Ni
Vanádio	V
Zinco	Zn
$^{226}\text{Rádio}$	Ra226
$^{228}\text{Rádio}$	Ra228
<b>Biológicas</b>	
Densidade Média Total da Macrofauna	Den_Ma
Densidade Média Total da Meiofauna	Den_Me
Densidade Nematodada macrofauna	Nem_Ma
Densidade Mollusca da macrofauna	Moll_Ma
Densidade Crustacea da macrofauna	Cr_Ma
Densidade Annelida da macrofauna	Ann_Ma

Variáveis	Códigos
Densidade Annelidada meiofauna	Ann_Me
Densidade Nematoda da meiofauna	Nem_Me

A integração dos resultados das análises das amostras de sedimento evidenciou os padrões previamente visualizados com os dados físico-químicos e biológicos. A **Figura 106** abaixo mostra que os vetores silte e argila são maiores do que o vetor de areia, ilustrando o predomínio de maiores contribuições percentuais das frações mais finas, anteriormente diagnosticado com as análises granulométricas. Além disso, na estação 4, ocorreram porcentagens ligeiramente superiores de areia e maiores contribuições de organismos do Filo Mollusca, quando comparadas as demais estações, o que pode justificar seu notável destaque no ACP. No quadrante da estação 5, nota-se a presença do vetor de  $^{228}\text{Ra}$ , evidenciando a ocorrência da amostra isolada 5A (*outlier*). Cabe ressaltar ainda os tamanhos semelhantes dos vetores de metais, remetendo a um peso similar na análise, ou seja sem evidências de contaminações específicas ou de elevada concentração atípica de nenhum deles. Como existe grande semelhança entre os resultados obtidos, pequenas diferenças nos valores de algum parâmetro podem ter determinado a distribuição desigual das estações ao longo dos quadrantes.



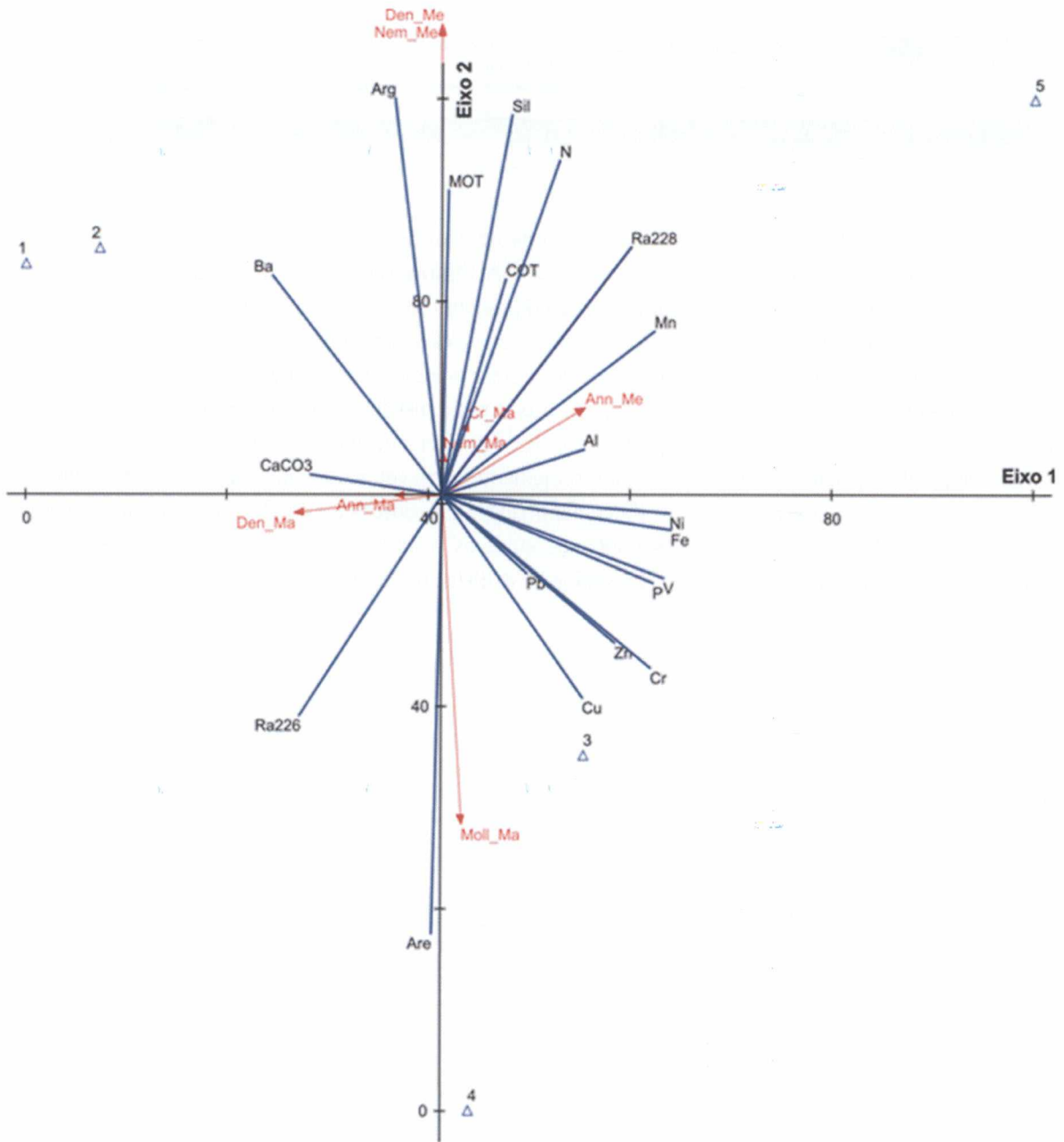


FIGURA 106 - Ordenação das variáveis abióticas em relação aos fatores 1-2 extraídos na análise de componentes principais (ACP) para o compartimento sedimento.

### 5.7.2 COMPARTIMENTO ÁGUA

As análises integradas para o compartimento água, assim como para sedimento, apresentaram apenas os descritores químicos com resultados acima do Limite de Quantificação (>LQ). Na primeira análise, a integração envolveu todos os estratos de profundidade, relacionando cada estação e parâmetro, exceto biota e os dados de clorofila-a foram representados como “0” para os estratos “d” e “e” (Figura 107). Já a segunda

Handwritten signature or initials in blue ink.



associou os resultados dos parâmetros físico-químicos com os biológicos, considerando somente os resultados até 200 m de profundidade (**Tabela 41**).

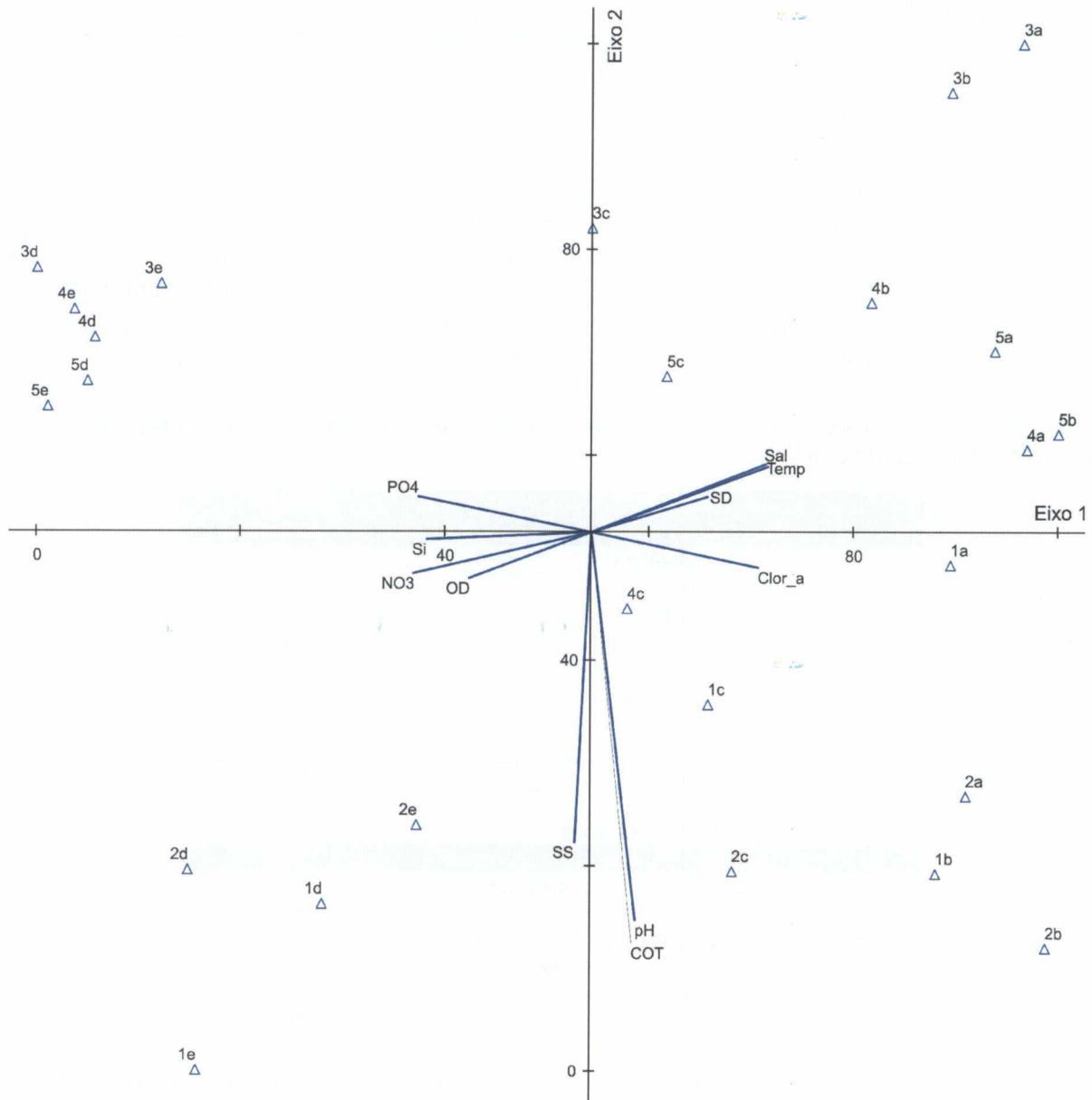
Dentre as variáveis biológicas, foram utilizados apenas os valores de densidades dos grandes grupos taxonômicos do microfitoplâncton. Além disso, foram consideradas também as densidades totais do microfitoplâncton e do nanofitoplâncton (**Figura 108**). Optou-se pela integração com os dados de fitoplâncton em função da estratégia amostral (amostras coletadas nas três primeiras profundidades da amostragem dos demais parâmetros da qualidade da água) e pelas respostas mais imediatas deste grupo a sutis alterações físico-químicas da água (em relação aos organismos do zooplâncton e ictioplâncton).

**TABELA 41 - Variáveis abióticas e bióticas e respectivas abreviaturas utilizadas na análise integrado compartimento água.**

Variáveis	Códigos
<b>Abióticas</b>	
Temperatura	Temp
Salinidade	Sal
Potencial Hidrogeniônico	pH
Oxigênio Dissolvido	OD
Sólidos Dissolvidos	SD
Sólidos em Suspensão	SS
Nitrato	NO <sub>3</sub>
Fosfato	PO <sub>4</sub>
Silicato	Si
Clor_a	Clorofila-a
Carbono Orgânico Total	COT
<b>Bióticas (fitoplâncton)</b>	
Densidade Diatomáceas (Microfitoplâncton)	Diat
Densidade Dinoflagelados (Microfitoplâncton)	Dino
Densidade Cianobactérias (Microfitoplâncton)	Cian
Densidade Cocolitoforídeos (Microfitoplâncton)	Coc
Densidade Microfitoplâncton Total	D_Micro
Densidade Nanoplâncton Total	D_Nan

Cabe ressaltar que, no compartimento água, não foram observados hidrocarbonetos (HPA ou HTPs), BTEX ou fenóis, assim como sulfetos. A ausência dos contaminantes citados é pressuposta no meio aquoso marinho com nenhuma ou baixa influência antrópica. A partir disto, a análise multivariada se limitou a pH, OD, salinidade, temperatura e constituintes mais comuns no meio, como os nutrientes, clorofila, COT e sólidos, além dos parâmetros associados ao fitoplâncton.

A análise abrangendo as 5 profundidades de coleta demonstrou uma mistura tanto entre estações quanto entre estratos sem padrão aparente, sugerindo uma tendência à uniformidade entre os resultados do ambiente estudado. Observou-se ainda que as maiores profundidades apareceram associadas aos vetores de nutrientes, o que é esperado, já que ocorre enriquecimento de nutrientes relacionado a massas d'água (ACAS e AIA). A estação 2 exibiu os maiores valores de COT, o que pode ser observado na elevada representatividade do seu respectivo vetor no gráfico. A justificativa para tal situação pode ser devido a variações naturais do meio, já que não houve quantificação de hidrocarbonetos, logo sem indícios de qualquer contaminação antrópica na região (**Figura 107**).



**FIGURA 107 – Ordenação das variáveis abióticas em relação aos fatores 1-2 extraídos na análise de componentes principais (ACP) em função das diferentes profundidades da coluna d'água.**

Assim como a primeira análise, a segunda também evidencia o enriquecimento de nutrientes no estrato mais profundo (c). Além disso, observa-se maiores densidades de nano e microfitoplâncton associadas às estações 4 e 5. Os vetores de dinoflagelados e diatomáceas tiveram maiores pesos do que os demais grupos do microfitoplâncton, ilustrando as densidades mais significativas de tais organismos (**Figura 108**).

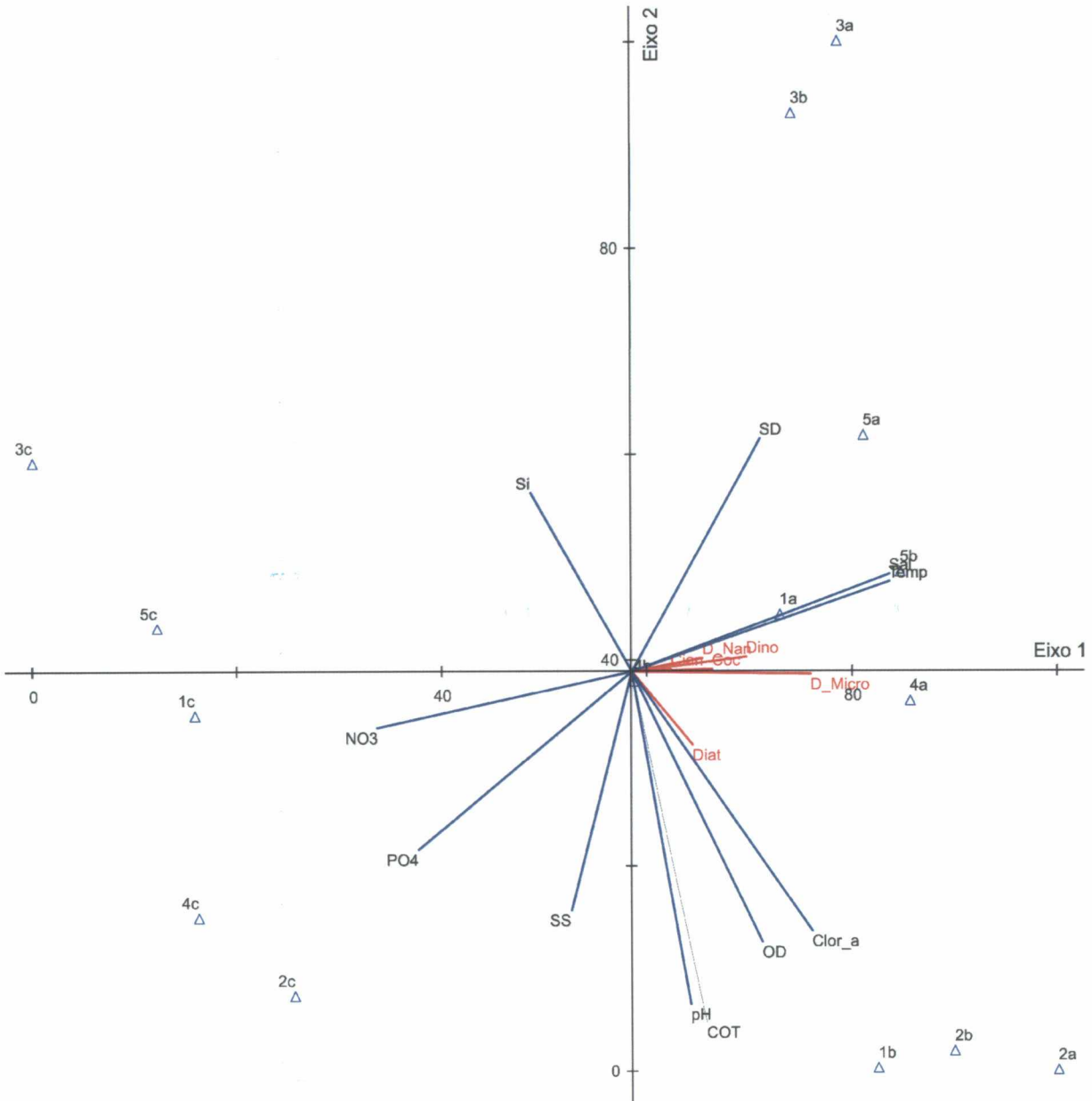


FIGURA 108 – Ordenação das variáveis abióticas e bióticas em relação aos fatores 1-2 extraídos na análise de componentes principais (ACP) em função das diferentes profundidades da coluna d'água.



## 5.8 AVALIAÇÃO DE IMPACTOS PRETÉRITOS

De uma forma geral, os resultados das análises dos parâmetros aqui apresentados (compartimentos água e sedimento) remeteram a condições naturais do ambiente. As exceções são discutidas neste subitem, buscando entender a ocorrência das mesmas e possíveis associações com impactos antrópicos na área, em especial as atividades de exploração e produção de óleo e gás.

A **Figura 109** abaixo mostra as atividades de O&G na Bacia de Santos. As regiões do Bloco BM-S-8 e Área Norte de Carcará encontram-se relativamente afastadas de outros blocos de exploração e campos de produção. Observa-se a presença de dois poços em áreas limítrofes à Área Norte de Carcará (um próximo ao limite norte e outro no limite sul) que correspondem a antigos poços perfurados pela Petrobras (STATOIL/AECOM, 2017), um deles localizado próximo à estação 6 do Bloco BM-S-8.



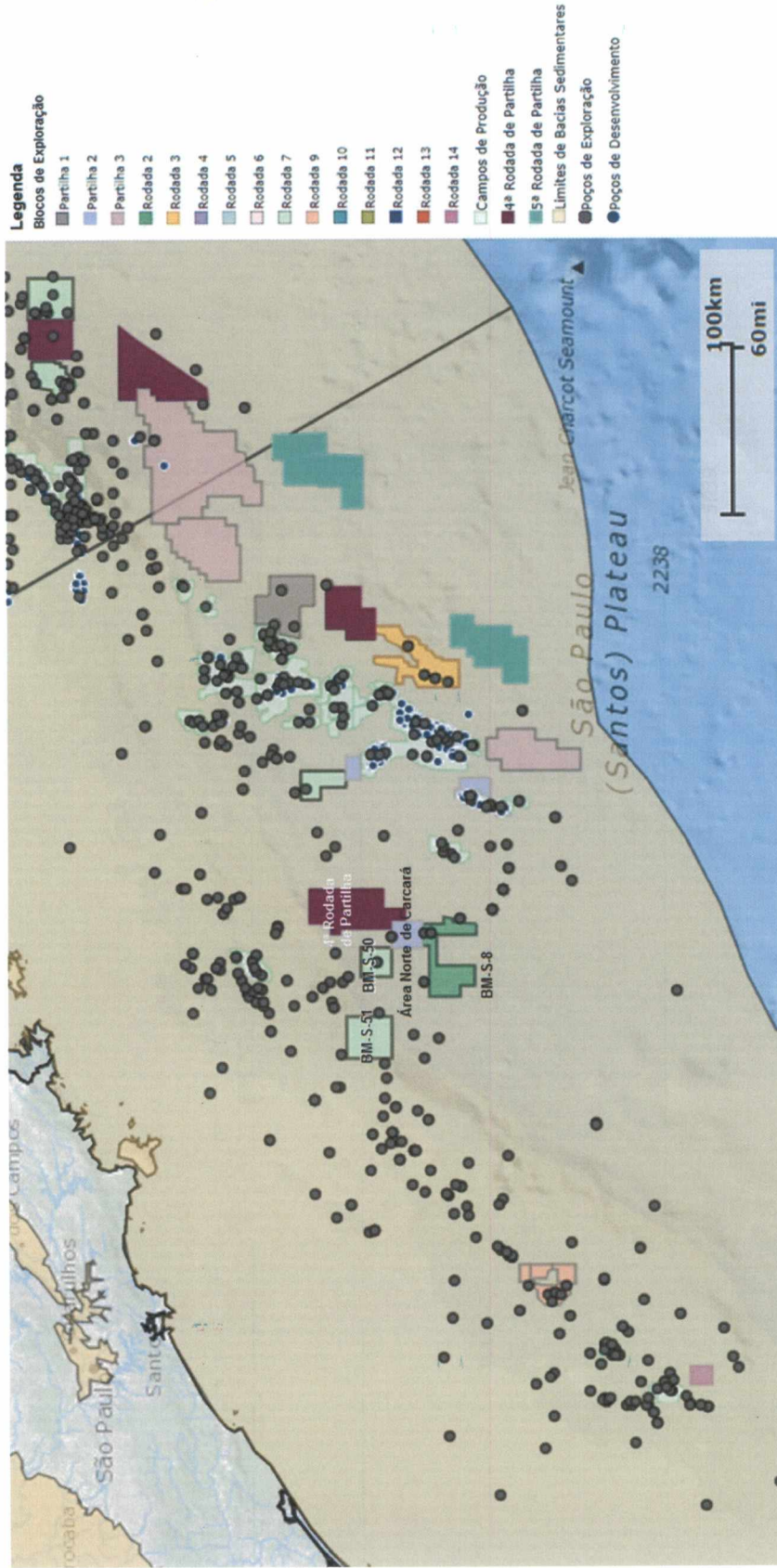
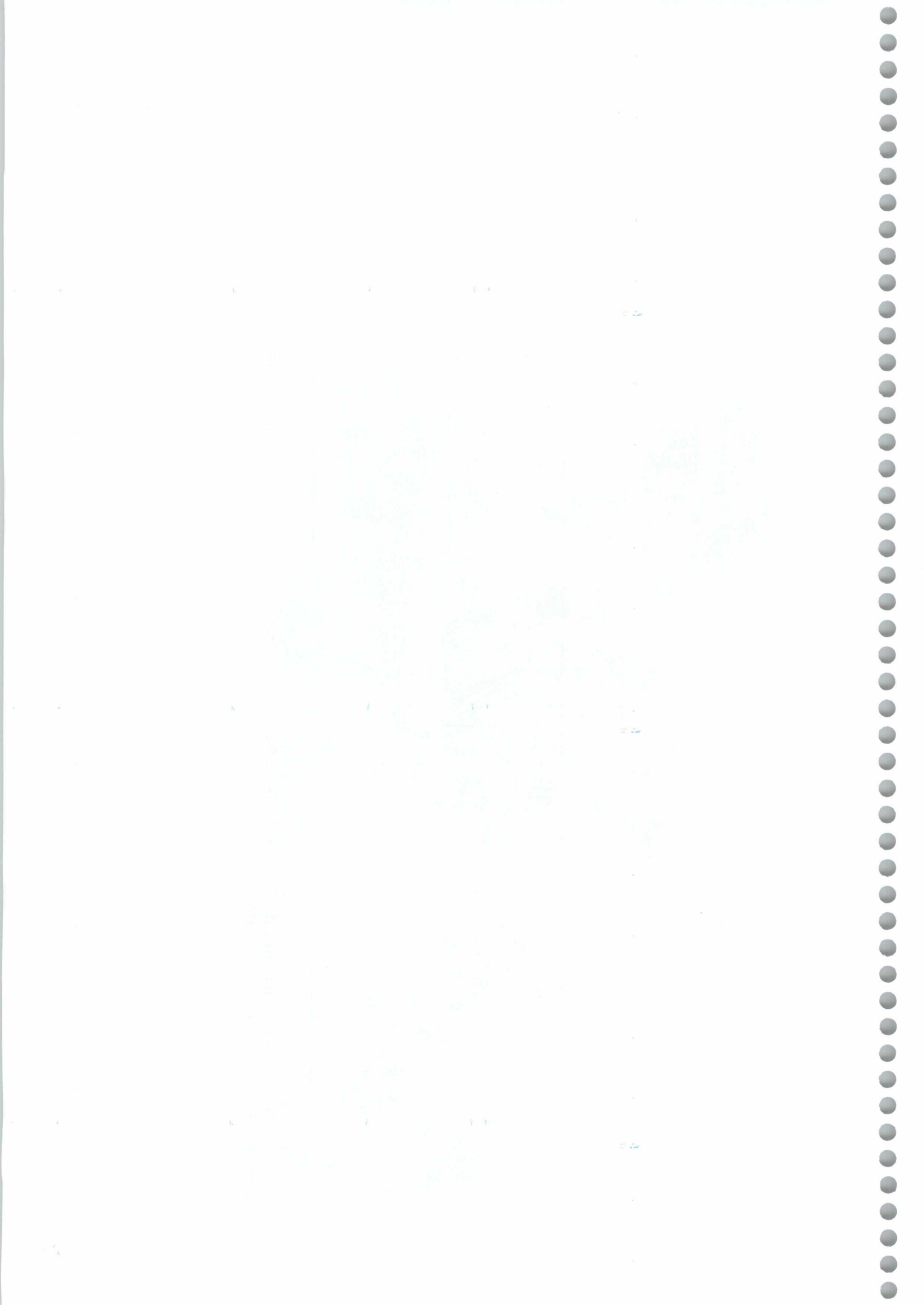


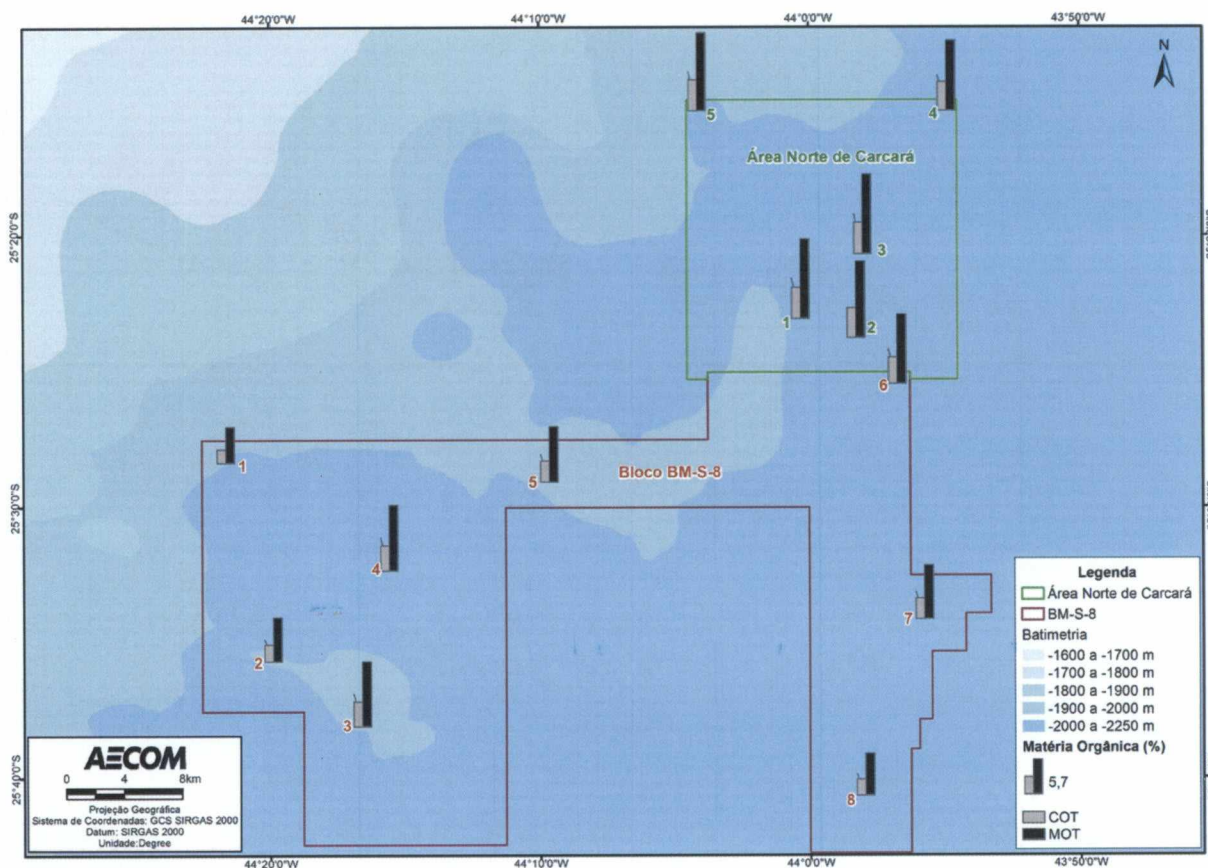
FIGURA 109 – Áreas de atividades de O&G na Bacia de Santos (com foco no entorno da Área Norte de Carcará e região do Bloco BM-S-8). Adaptado de ANP (2018).





A área de estudo consiste em uma região oceânica profunda, afastada da costa, cuja principal fonte de impacto antrópico na área corresponde às atividades de O&G. É possível afirmar que, em relação a atividades pretéritas de O&G, a região leste do Bloco BM-S-8 (principalmente as estações 6 e 7) sejam as mais propensas a apresentar sinais de influência antrópica, assim como as estações 2 e 3 da Área Norte de Carcará.

A **Figura 110** abaixo representa a distribuição dos resultados de COT e MOT ao longo da Área Norte de Carcará e do Bloco BM-S-8. Nota-se que os resultados a leste do Bloco BM-S-8 (que estariam mais sujeitos a impactos pretéritos) são similares aos demais, ou seja, não houve relação estabelecida entre a localização de antigos poços e a distribuição das concentrações de COT e MOT diagnosticada em tal estudo. A estação 3 referente ao atual levantamento realizado na Área Norte de Carcará, compreendeu os maiores valores de tais parâmetros, porém não é possível associar a atividades de perfuração e/ou contaminações antrópicas, já que não foram quantificadas concentrações de HTP nessa mesma estação.

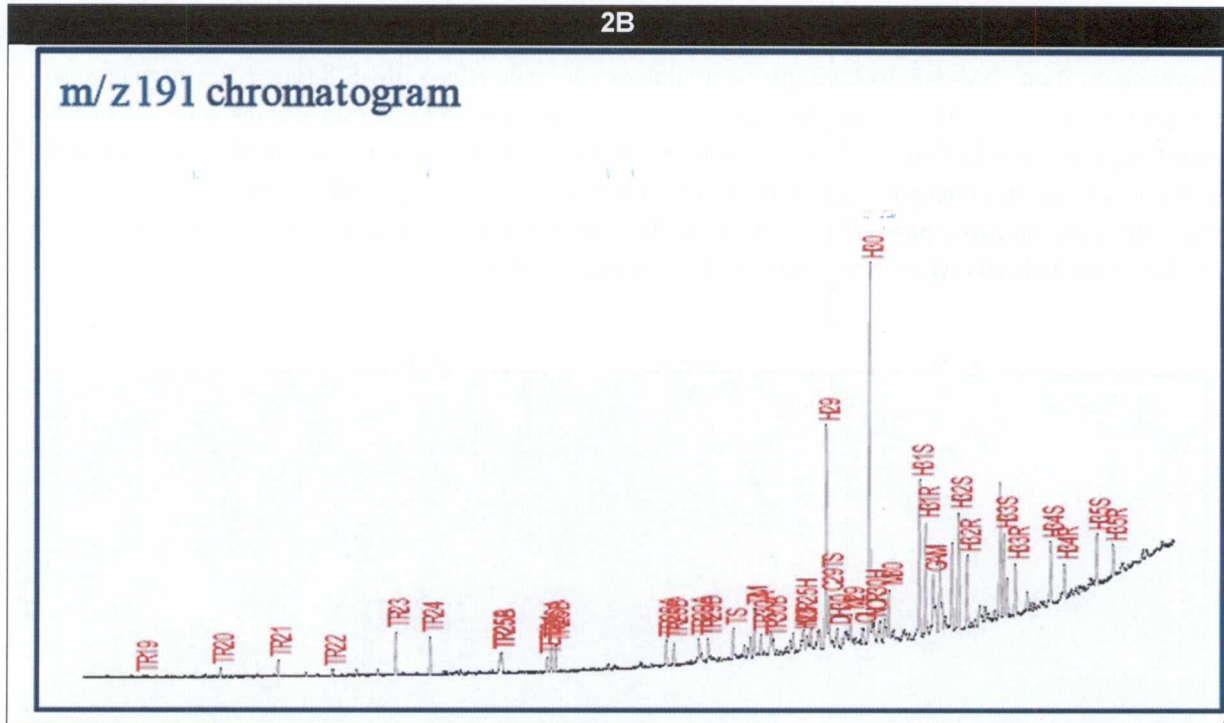


**FIGURA 110 – Matéria orgânica total e carbono orgânico total médios (%) nas estações amostradas durante a caracterização ambiental da Área Norte de Carcará e do Bloco BM-S-8.**

Em relação aos contaminantes orgânicos (hidrocarbonetos) presentes no sedimento da Área Norte de Carcará, os resultados estiveram acima do LQ somente em duas amostras, uma na estação 2 e outra na estação 5, valores quantificáveis para MCNR, HRP e HTP total. Entretanto, cabe ressaltar que as

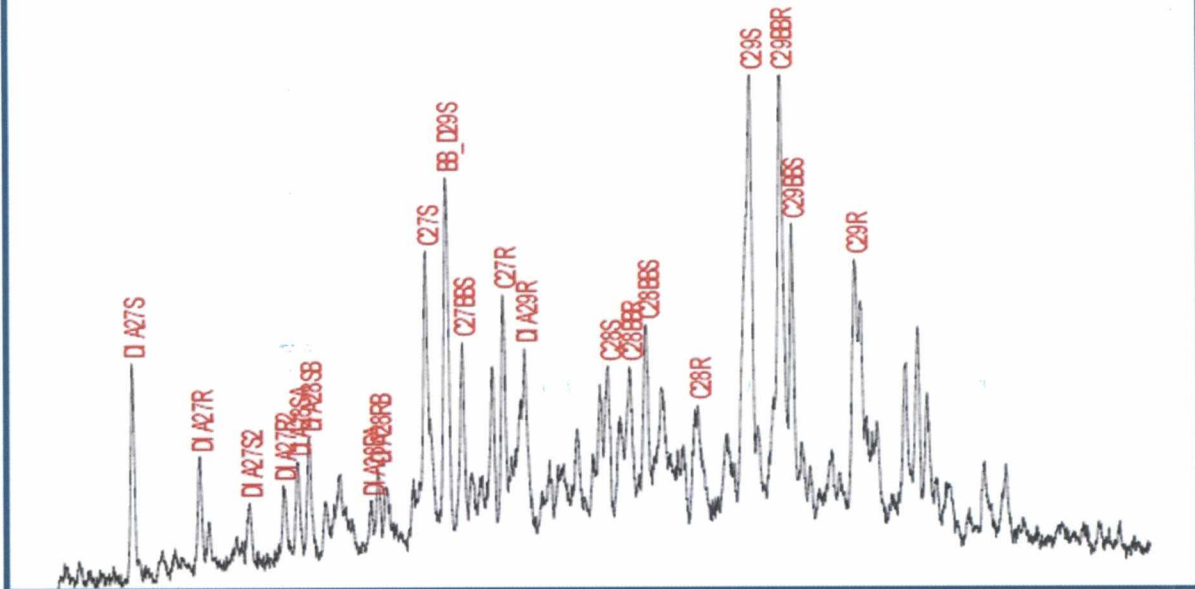


concentrações encontradas foram consideravelmente menores do que aquelas reportadas em BM-S-8, as quais não foram relacionadas com nenhum tipo de contaminação petrogênica. Dessa forma, não há como determinar a origem petrogênica das concentrações observadas no presente estudo, pois além da análise comparativa com BM-S-8, as estações da Área Norte de Carcará encontram-se relativamente distantes de antigas áreas de poços de exploração e não se destacaram em relação a nenhum outro parâmetro analisado. Cabe ressaltar ainda, que os cromatogramas gerados a partir de análises de biomarcadores ilustram a ausência de resultados anômalos em tais amostras (2B e 5A) (**Figura 111**).



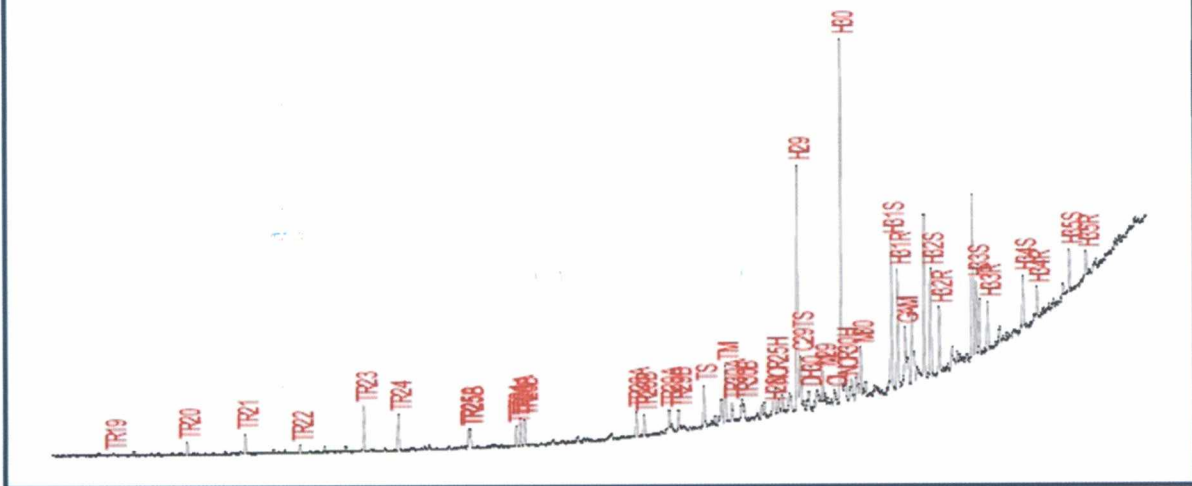


**m/z217 chromatogram**



5A

**m/z191 chromatogram**



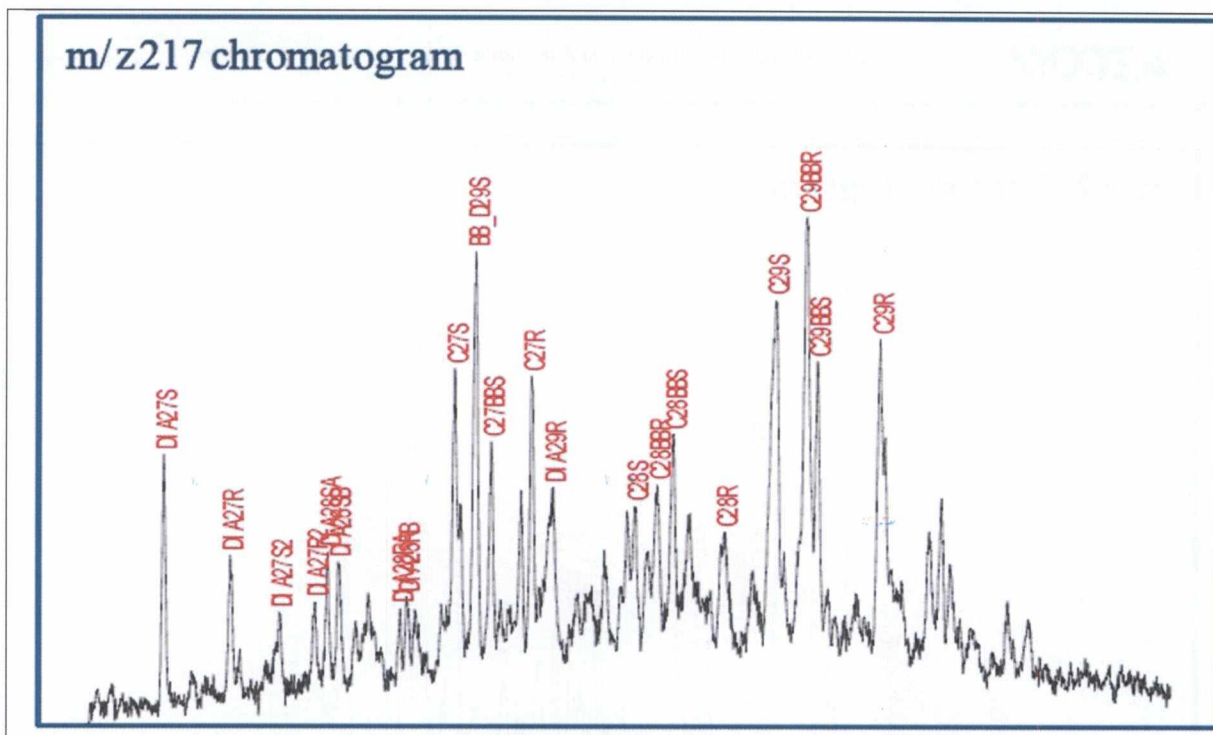
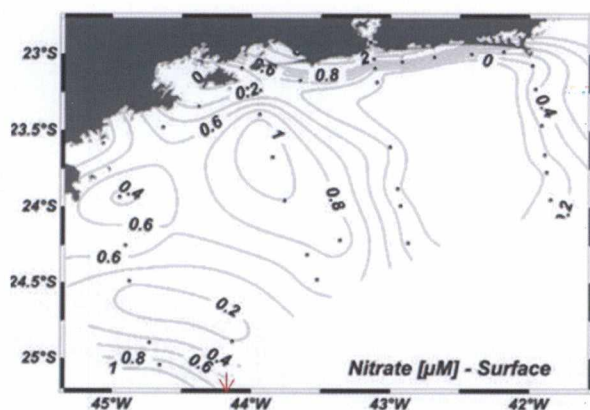



FIGURA 111 – Perfis cromatográficos das análises de biomarcadores nas amostras 2B e 5A analisadas durante a caracterização ambiental da Área Norte de Carcará.

As altas concentrações de nutrientes, especificamente nitratos, observadas na caracterização ambiental do Bloco BM-S-8 assim como no atual estudo, já foram reportadas em trabalhos pretéritos. TAKANOHASHI et al. 2015), por exemplo, destacou um claro aumento de nitrato com o aumento da profundidade (Figura 112). Os autores analisaram 39 estações entre Cabo Frio e Ubatuba e destacaram o incremento de nutrientes (nitrato, fosfato e silicato) associado à presença da Água Intermediária Antártica (AIA) TAKANOHASHI et al. (op. cit.).



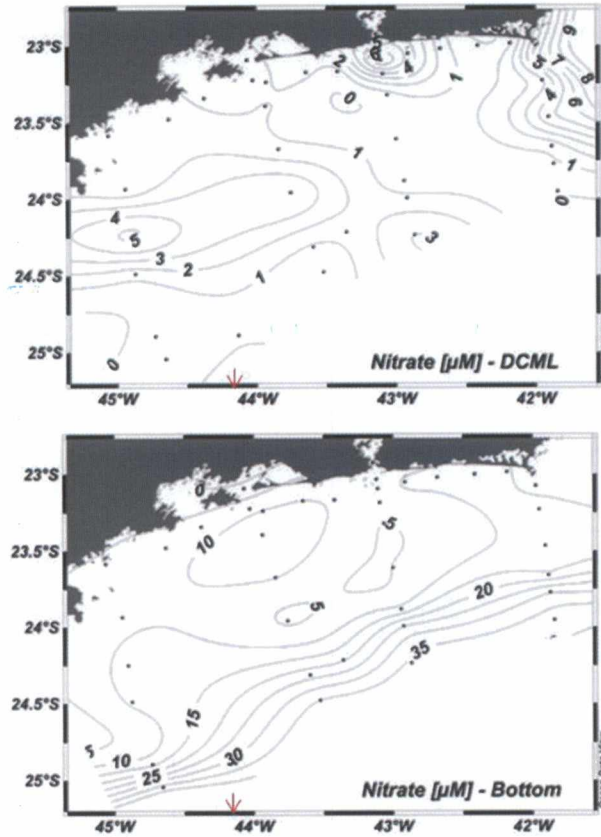



FIGURA 112 – Concentrações de nitrato entre Cabo Frio e Ubatuba. Adaptado de Takanohashi et al. (2015).

## 6 CONCLUSÃO

O presente documento apresentou os resultados adquiridos com a Campanha de Caracterização Ambiental da Área Norte de Carcará, cumprindo o objetivo de caracterizar ambientalmente a região, tanto o compartimento sedimento, quanto água e a biota existente nesses meios (representados pelo plâncton e bentos), conforme metodologias aprovadas no respectivo pela CGMAC-IBAMA. Além dos resultados das análises realizadas nas amostras obtidas durante a atual campanha, a caracterização também contou com a interpretação de filmagens de fundo e com a comparação com levantamentos pretéritos realizados na região, em especialno Bloco BM-S-8, região contígua à Área Norte de Carcará e também operada pela Equinor na Bacia de Santos.

O fundo marinho da Área Norte de Carcará é formado majoritariamente por sedimentos finos, classificados como lama-arenosa, como já observado em estudos anteriores na região. A composição carbonática da área é alta, máximo de 79,10%, e mínimo de 73,53%, valores superiores aos diagnosticados em levantamentos pretéritos. As concentrações de COT variaram entre 4,77 e 5,21%, as de MOT oscilaram entre 11,61 e 13,11%, com padrão similar entre as duas análises, o que confirma a relação natural entre os dois parâmetros. Os teores de nitrogênio e fósforo nos sedimentos foram, de uma forma geral, similares aos resultados anteriormente encontrados na região.

Em relação aos metais presentes no sedimento, ressalta-se que a Área Norte de Carcará não exibiu concentrações quantificáveis dos metais tóxicos cádmio e mercúrio. Já os demais metais apresentaram concentrações relativamente baixas comparadas a outras regiões da Bacia de Santos. Os valores não mostraram diferenças representativas em relação aos resultados pretéritos. Cabe destacar que o metal ferro apresentou concentrações com a maior ordem de grandeza, característica desse metal em ambientes oceânicos.

Destaca-se que não foram diagnosticados hidrocarbonetos no sedimento com concentrações quantificáveis, exceto nas amostras 2B e 5A. Não há evidências de que a região esteja contaminada, já que não foram encontrados compostos individualizados. Os valores quantificados em apenas uma réplica de duas estações podem remeter a contaminações antigas, porém por serem isolados e as contaminações não serem ratificadas por nenhum outro parâmetro (como COT, HPA ou biomarcadores) podem ser considerados não representativos da região ou até estarem associados a erros analíticos. O fato de compostos individuais terem se mantido abaixo do limite de quantificação inviabiliza uma análise mais detalhada da origem dessas concentrações.

Em geral, as amostras das estações da Área Norte de Carcará exibiram concentrações de  $^{226}\text{Ra}$  relativamente superiores àquelas observadas no Bloco BM-S-8. Entretanto, esses resultados remetem a condições naturais e os valores são coerentes com aqueles já reportados em levantamentos pretéritos da Bacia de Santos e enquadram-se em níveis de *background* locais. Já o isótopo  $^{228}\text{Ra}$  foi diagnosticado apenas em uma amostra da Área Norte de Carcará e não foi quantificado em nenhuma estação do Bloco BM-S-8. A única amostra que exibiu valor de  $^{228}\text{Ra}$  quantificável e acima do comumente encontrado na região pode ser considerada como um *outlier*.



As comunidades bentônicas da Área Norte de Carcará (meiofauna e macrofauna) apresentaram características semelhantes àquelas anteriormente estudadas em regiões próximas, como, por exemplo, na Caracterização Ambiental do BM-S-8, realizada em 2017. Os resultados de macrofauna, apesar de terem evidenciado densidades e riquezas relativamente baixas, típicas de ambientes oceânicos oligotróficos, foram superiores aos valores reportados na área do Bloco BM-S-8. Em regiões profundas, é comum a ocorrência de organismos menores do que aqueles existentes na plataforma continental, revelando um incremento da meiofauna em relação à macrofauna com o aumento da profundidade. A composição taxonômica apresentou destaque para Mollusca (macrofauna) e Nematoda (meiofauna), diferindo dos resultados de macrobentos encontrados em BM-S-8, onde a maioria dos táxons observados foi composta por indivíduos do grupo Annelida.

A filmagem de fundo ratificou a homogeneidade e a composição lamosa do sedimento, características também encontradas no Bloco BM-S-8. Além disso, o imageamento do fundo da Área Norte de Carcará revelou ampla ocorrência de biodetritos, como tubos de poliquetas e fragmentos de conchas, sendo possível inferir que a contribuição de carbonatos bioclásticos é relevante para a constituição do sedimento da região estudada, o que também foi observado no levantamento do Bloco BM-S-8. Cabe ressaltar que a inspeção do fundo realizada na Área Norte de Carcará, assim como em BM-S-8, não mostrou a presença de bancos de rodolitos, algas calcárias, corais de profundidade, estruturas recifais ou qualquer outro tipo de substrato de formação biogênica ou feições geomorfológicas relevantes na área inspecionada.

Os resultados do compartimento água indicaram a presença das massas d'água esperadas para a região AT, ACAS, AIA e APAN, a Água de Mistura não foi encontrada em subsuperfície. Os limites da AM não estavam definidos nos perfis visualizados, possivelmente devido à época do ano (inverno) e às condições extremas de vento e mar vivenciadas durante as amostragens. Os resultados de OD, pH e sólidos foram comuns para região e com pouca variação entre estações.

O COT se apresentou um pouco mais elevado em algumas estações, mas não foram feitas associações com atividades antrópicas de O&G na área, visto que as mesmas não estavam sendo realizadas no momento das coletas. O fator natural dessa variação foi corroborado pelos resultados de outros parâmetros (com ausência de quantificação de parâmetros orgânicos, como hidrocarbonetos e BTEX).

Em relação aos nutrientes, observou-se uma variação de nitrato marcada com o aumento da profundidade, caracterizando a intrusão de massas d'água mais ricas, a ACAS e AIA. A posterior queda na concentração de tal nutriente (do estrato D para o E) pode indicar águas da APAN, tendência também notada no Bloco BM-S-8.

Na Área Norte de Carcará não foram encontradas concentrações de parâmetros indicativos de contaminação orgânica, como sulfetos, HPAs, HTPs e fenóis, assim como no Bloco BM-S-8.

O microfitoplâncton na Área Norte de Carcará foi caracterizado por 74 táxons incluindo 29 diatomáceas, 30 dinoflagelados, 11 coccolitoforídeos, 3 cianofíceas e 1 silicoflagelado. A comunidade foi dominada por diatomáceas e dinoflagelados, fato comum em estudos de fitoplâncton de regiões oceânicas oligotróficas.



A comunidade zooplancônica na área de estudo abrangeu 82 táxons nos arrastos verticais e 91 nos arrastos horizontais e foi dominada por táxons de crustáceos Copepoda seguidos pelo grupo Chaetognatha. Em termos de abundância, houve predomínio de Copepoda e Appendicularia, o que é uma característica de comunidade tipicamente oceânica. Na Área Norte de Carcará foram coletados 14 ovos e 475 larvas de peixes com as malhas de 330 e 500  $\mu\text{m}$  abrangendo 26 famílias e 32 espécies. A assembleia de larvas de peixes foi dominada pela família Myctophidae, que normalmente predomina em amostras oceânicas. Todos os táxons de larvas de peixes identificados já foram registrados na costa brasileira e não foi coletada nenhuma espécie endêmica ou ameaçada de extinção. Não foi possível estabelecer um padrão de distribuição espacial para os organismos planctônicos.

Em resumo, a caracterização da Área Norte de Carcará apresentou resultados semelhantes àqueles encontrados para o Bloco BM-S-8 e esperados para a região oceânica de águas ultra-profundas com pouca ou nenhuma influência antrópica.



## 7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABÍLIO, F. J. P.; FONSECA-GESSNER, A. A.; LEITE, R. L.; RUFFO, T. L. M. Gastrópodes e outros invertebrados do sedimento e associados à macrófita *Eichhornia crassipes* de um açude hipertrófico do semi-árido paraibano. *Revista de Biologia e Ciências da Terra, Suplemento Especial*, p. 165-178, 2006
- ABDELOUAHAB, H.; BERRAHAO, A.; BAIBAI, T.; AGOUZOUK, A.; MAKAOUI, A. & ERRHIF, A. 2017. Autumn larval fish assemblages in the northwest African Atlantic coastal zone. *Chinese Journal of Oceanology and Limnology*35(3): 515-527.
- ACEVES-MEDINA, G.; JIMÉNEZ-ROSENBERG, S.P.A.; SALDIERNA-MARTÍNEZ, R.J.; DURAZO, R.; HINOJOSA-MEDINA, A.T.; HERNÁNDEZ-RIVAS, M.E.; GONZÁLEZ-RODRIGUEZ, E. & GAXIOLA-CASTRO, G. 2018. Distribution and abundance of the ichthyoplankton assemblages and its relationships with the geostrophic flow along the southern region of the California Current. *Latin American Journal of Aquatic Research*46(1): 104-119.
- AIDAR, E.; GAETA, S. A.; GIANESELLA-GALVÃO, S.M.F.; KUTNER, M. B. B. e TEIXEIRA, C. 1993. Ecossistema costeiro subtropical: nutrientes dissolvidos, fitoplâncton e clorofila-a e suas relações com as condições oceanográficas na região de Ubatuba, SP. *Publção esp. Inst. Oceanogr., S Paulo*, 10:9-43.
- ALCARAZ, M. & CALBET, A. 2007. Large Zooplankton: Its Role in Pelagic Food Webs. *Encyclopedia of Life Support Systems: Fisheries and Aquaculture*, 5: 243-265. <https://www.eolss.net/sample-chapters/C10/E5-05-07-03.pdf>
- AL-OKAILEE, M.T.K. 2015. Morphological and taxonomic study of eggs of some fish families with a reference to their abundance in the North West of Arabian Gulf. *Mesopotamian Journal of Marine Science* 30(1): 57-66.
- ANGEL, M.V. 2003. The pelagic environment of the open ocean. Chapter 3. *In: TYLER, P.A. (Ed.). Ecosystems of the World. Vol. 28. Ecosystems of the deep oceans, Elsevier: 39-79.*
- APHA, AWWA, AEF, 2005. *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*, 21st ed. Washington, DC.
- AROCKIAMARY, A.; VIJAYALAKSHMI, S.; BALASUBRAMANIAN, T. 2011. Engraulidae eggs from Parangipettai waters. *Pelagia Research Library. European Journal of Experimental Biology* 1(2): 125-131.
- AVILA, L.R. M.; ARRUDA, M.R. & BONECKER, S.L.C. 2006. Chaetognatha. *In: BONECKER, S.L.C. (Ed.). Atlas da Região Central da Zona Econômica Exclusiva brasileira, Série de livros*, p. 165-185.
- BARTON, A. D.; DUTKIEWICZ, S.; FLIERL, G.; BRAGG, J. & FOLLOWS, M.J. 2010. Patterns of diversity in marine phytoplankton. *Science*327: 1509-1511.

- BASSANI, C.; BONECKER, A.C.T.; BONECKER, S.L.C.; NOGUEIRA, C.R.; REIS, J.M.L. DOS & NASCIMENTO, L.R. 1999. Plâncton do litoral norte do Estado do Rio de Janeiro (21°00' a 23°30'S) – análise e síntese do conhecimento. In: SILVA, S. H. G. & LAVRADO, H. P. (Eds.). *Ecologia dos Ambientes Costeiros do Estado do Rio de Janeiro. Série Oecologia Brasiliensis, vol. VII*. PPGE-UFRJ. Rio de Janeiro. Brasil: 99-120.
- BENKENDORFER, G. & SOARES-GOMES, A. 2009. Biogeography and biodiversity of gastropod molluscs from the eastern Brazilian continental shelf and slope. *Latin American Journal of Aquatic Research*, 37 (2), 143–159.
- BERGESCH, M.; ODEBRECHT, C. & MOESTRUP, O. 2008. Nanoflagellates from coastal waters of southern Brazil (32°S). *Botanica Marina* 51: 35-50.
- BERGLUND, J.; SAMUELSSON, K.; KULL, T.; MUREN, U. & ANDERSSON, A. 2005. Relative strength of resource and predation limitation of heterotrophic nanoflagellates in a low-productive sea area. *Journal of Plankton Research* 27: 923-935.
- BERNAL, A.; OLIVAR, M. P. & PUELLES, M. L. F. 2013. Feeding patterns of *Lampanyctus pusillus* (Pisces: Myctophidae) throughout its ontogenetic development. *Marine Biology* 160: 81-95.
- BICUDO, C.E. & MENEZES, M. 2006. *Gêneros de algas continentais do Brasil - chave para identificação e descrições*. Editora RIMA. 502 p.
- BOLTOVSKOY, D. (ed.) 1981. *Atlas de zooplâncton del Atlántico Sudoccidental y métodos de trabajo con el zooplâncton marino*. INIDEP, Mar del Plata, 936p.
- BONECKER, S.L.C.; CARVALHO, P. F.; OLIVEIRA, O. M. P. 2015. Chaetognatha. Curitiba: Sociedade Brasileira de Zoologia. Sociedade Brasileira de Zoologia (site).
- BONECKER, S. L. C. & CARVALHO, P. F. 2006. Appendicularia In: Bonecker, S. L. C. (Ed.). *Atlas da Região Central da Zona Econômica Exclusiva brasileira*. Museu Nacional Série de livros n. 21, Rio de Janeiro, p. 185-203.
- BONECKER, A. C. T. & CASTRO, M. S. 2006. Atlas de larvas de peixes da região central da Zona Econômica Exclusiva brasileira. *Museu Nacional Série Livros*, Rio de Janeiro, n. 19, 216p.
- BONECKER, S.L.C. & QUINTAS, M.C.C. 2006a. Doliolidae. In: BONECKER, S.L.C. (Ed.). *Atlas da Região Central da Zona Econômica Exclusiva brasileira, Série de livros*, p. 215-221.
- BONECKER, S.L.C. & QUINTAS, M.C.C. 2006b. Salpidae. In: BONECKER, S.L.C. (Ed.). *Atlas da Região Central da Zona Econômica Exclusiva brasileira, Série de livros*, p. 203-213.
- BONECKER, A.C.T.; NAMIKI, C.A.P.; CASTRO, M.S. & CAMPOS, P.N., 2012. Catálogo digital de larvas de peixes da região da Bacia de Campos. <http://www.biologia.ufrj.br/LIZI/>.





- BONECKER, S.L.C.; ARAUJO, A.V. de; CARVALHO, P.F de; DIAS, C. de O.; FERNANDES, L.F.L.; MIGOTTO, A.E. & OLIVEIRA, O.M.P. de. 2014. Horizontal and vertical distribution of mesozooplankton species richness and composition down to 2,300 m in the southwest Atlantic Ocean. *Zoologia*, 31(5): 445-462.
- BOULOUBASSI, I. & SALIOT, A. 1993. Investigation of anthropogenic and natural organic inputs in estuarine sediments using hydrocarbon markers (NAH, LAB, PAH) – *Oceanologica Acta* 16(2) 145 – 161.
- BRAGA, E.S. & NIENCHESKI, L.F.H. 2006. *Composição das massas de água e seus potenciais produtivos na área entre o Cabo de São Tomé (RJ) e o Chuí (RS)*. In: O ambiente oceanográfico da plataforma continental e do talude na região sudeste-sul do Brasil. ROSSI-WONGTSCHOWSKI, C.L. & MADUREIRA, L.S-P (org.). Edusp. 466p.
- BRANDINI, F.P.; LOPES, R.M.; GUTSEIT, K.S.; SPACH, H.L. & SASSI, R. 1997. *Planctologia na Plataforma Continental do Brasil – Diagnose e Revisão Bibliográfica*. Rio de Janeiro: FEMAR.
- CALBET, A.; LANDRY, M.R. & NUNNERY, S. 2001. Bacteria-flagellate interactions in the microbial food web of the oligotrophic subtropical North Pacific. *Aquatic Microbial Ecology* 23: 283-292.
- CARMO, V.; SUTTON, T.; MENEZES, G.; FALKENHAUG, T. & BERGSTAD, O.A. 2015. Feeding ecology of the Stomiiformes (Pisces) of the northern Mid-Atlantic Ridge. 1. Sternoptychidae and Phsichthyidae. *Progress in Oceanography* 130: 172-187.
- CASTRO, B.M.; MIRANDA, L.B. 1998. Physical oceanography of the Western Atlantic Continental shelf located between 4°N and 34° SA.R. Robinson, K.H. Brink (Eds.), *The Sea – The Global Coastal Ocean-Regional Studies and Synthesis*, John Wiley & Sons, New York (1998), pp. 209-251.
- CASTRO, M.S.; RICHARDS, W.J & BONECKER, A.C.T. 2010. Occurrence and Distribution of Larval Lanternfish (Myctophidae) from the Southwest Atlantic Ocean (12°S-22°S). *Revista Brasileira de Zoologia* 27 (4): 541–553.
- CATUL, V.; GAUNS, M. & KARUPPASAMY, P. K. 2011. A review on mesopelagic fishes belonging to family Myctophidae. *Reviews in Fish Biology and Fisheries*, 21: 339-354.
- CHANG, F.H.; ZELDIS, J.; GALL, M. & HALL, J. 2003. Seasonal and spatial variation of phytoplankton assemblages, biomass and cell size from spring to summer across the north-eastern New Zealand continental shelf. *Journal of Plankton Research* 25: 737-758.
- CIECHOMSKI, J.de. 1981. Ictioplancton. In: BOLTOVSKOY, D. (Ed.). *Atlas del zooplancton del Atlántico Sudoccidental y métodos de trabajo con el zooplancton marino*. Mar del Plata, Instituto Nacional de Investigación y Desarrollo Pesquero (INIDEP): 829-860.

- CLARKE KR, WARWICK RM. 1994. Similarity-based testing for community pattern: the 2-way layout with no replication. *Mar Biol* 118, 167-176 [144].
- COIMBRA, M.A.C. 2006. Avaliação dos resultados analíticos de hidrocarbonetos como instrumento jurídico em caso de derrames de petróleo: mangue de Bertioga. Dissertação (Mestrado). Universidade de São Paulo, Instituto Oceanográfico, São Paulo. 110p.
- COLLINS, S.; ROST, B. & RYNEARSON, T.A. 2014. Evolutionary potencial of marine phytoplankton under ocean acidification. *Evolutionary Applications* 7: 140-155.
- CONVERSI, A. & HAMEED, S. 1998. Common signals between physical and atmospheric variables and zooplankton biomass in the Subartic Pacific. In: COLIJN, F., TILLMANN, U. & SMAYDA, T. (Eds.). Proceedings of the Symposium on The Temporal Variability of Plankton and Their Physico-Chemical Environment. *ICES Journal of Marine Science*, 55: 739-747.
- CORNILS, A.; SCHNACK-SCHIEL, S.B.; AL-NAJJAR, T.; BADRAN, C.M.I.; RASHEED, M.; MANASREH, R. & RICHTER, C. 2007. The seasonal cycle of the epipelagic mesozooplankton in the northern Gulf of Aqaba (Red Sea). *Journal of Marine Systems*, 68: 278-292.
- COSTA, A. M. R., 2016. Estudo dos radionuclídeos naturais - Ra-226, Ra-228 e Pb-210 - em alguns registros sedimentares do Atlântico Sudoeste ao longo do Holoceno. Dissertação (Mestrado). Universidade de São Paulo, Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, São Paulo. 171p
- CUPP, E.E. 1943. Marine plankton diatom of the West coast of North America. *Bull. Scripps Institute Oceanography, Berkeley, CA: Univ. Calif. techn. ser. 6(1): 1-238.*
- DAVISON, P.; LARA-LOPEZ, A. & KOSLOW, J.A. 2015. Mesopelagic fish biomass in the southern California current ecosystem. *Deep-Sea Research II* 112: 129-142.
- DIÁRIO OFICIAL DA UNIÃO (DOU). 2004. Secretaria de Comércio Exterior. Circular nº 32, de 26 de maio de 2004.
- DIÁRIO OFICIAL DA UNIÃO (DOU). 2014. Ministério do Meio Ambiente. Portaria nº 445, de 17 de dezembro de 2014.
- DIAS, C.O. & ARAUJO, A.V. 2006. Copepoda. In: BONECKER, S.L.C. (Ed.). Atlas da Região Central da Zona Econômica Exclusiva brasileira. *Museu Nacional Série de livros Rio de Janeiro*, n. 21, p. 23-101.
- DIAS, C.O.; ARAUJO, A.V.; VIANNA, S.C.; LOUREIRO FERNANDES, L.F.; PARANHOS, R.; SUZUKI, M.S. & BONECKER, S.L.C. 2015. Spatial and temporal changes in biomass, production and assemblage structure of mesozooplanktonic copepods in the tropical south-west Atlantic Ocean. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 95(3): 483-496.



DOMINGOS-NUNES, R. & RESGALLA Jr., C. 2012. The zooplankton of Santa Catarina continental shelf in southern Brazil with emphasis on Copepoda and Cladocera and their relationship with physical coastal processes. *Latin American Journal of Aquatic Research*, 40: 893-913.

DUARTE, A.K. 2014. *Variações sazonais do copépodes e da biomassa zooplanctônica na plataforma continental e talude superior do extremo sul do Brasil*. Tese, Programa de Pós-graduação em Oceanografia Biológica da Universidade Federal do Rio Grande, 165pp.

EGLINTON, G.; CALVIN, M. 1967. Chemical Fossils. *Scientific American*, v. 261, p. 32-43.

ESCHMEYER, W.N. Catalog of Fishes. Disponível em <http://www.calacademy.org/research/ichthyology/catalog/>. Acesso em 14/10/2015.

ESCHMEYER, W.N.; FRICKE, R.; VAN DER LAAN, R. (Eds). 2018. Catalog of Fishes. Disponível em <http://researcharchive.calacademy.org/research/ichthyology/catalog/fishcatmain.asp>. Acesso 10/07/2018.

FAHAY, M. P. 2007. Early Stages of Fishes in the Western North Atlantic Ocean (Davis Strait, Southern Greenland and Flemish Cap to Cape Hatteras). *Northwest Atlantic Fisheries Organization*. Nova Scotia, Canada. 1696 p.

FARIAS, C.O. 2006. 301p. Avaliação da degradação de óleo em sedimentos de manguezal: Estudo de caso, Baía de Guanabara, RJ. Tese (Doutorado em Química Analítica), Departamento de Química, PUC-Rio, Rio de Janeiro.

FAVERO, J.M.; KATSURAGAWA, M.; ZANI-TEIXEIRA, M.L.; TURNER, J.T. 2015. Using new tools to identify eggs of *Engraulis anchoita* (Clupeiformes, Engraulidae). *Journal of Fish Biology* 86: 822-826.

FENSOME, R.A.; TAYLOR, F.J.R.; NORRIS, G.; SARJEANT, W.A.S.; WHARTON, D.I. & WILLIAMS, G.L. 1993. *A classification of living and fossil dinoflagellates*. Sheridan Press, Hanover. 350 p.

FERNANDES, L. D. A., ALMEIDA, E. V., PEIXOTO, B. J. F. & SOUZA, M. F., 2006. Decapoda. In: BONECKER, S.L.C. (ed.). Atlas da Região Central da Zona Econômica Exclusiva brasileira. *Museu Nacional Série de livros Rio de Janeiro*, n. 21, p. 23-101.

FERRARESE (2009). Variações de produtividade da porção oeste do Atlântico Sul ao longo dos últimos 15 mil anos a partir de estudo quantitativo de nanofósseis calcáreos. Dissertação (Mestrado). Universidade de São Paulo, Instituto Oceanográfico, São Paulo. 84p.

FIGUEIREDO, J.L.; SANTOS, A.P.; YAMAGUTI, N.; BERNARDES, R.A. & DEL BIANCO ROSSI-WONGTSCHOWSKI, C.L. 2002. *Peixes da Zona Econômica Exclusiva da região sudeste-sul do Brasil: Levantamento com rede de meia-água*. São Paulo, Editora da Universidade Estadual de São Paulo, Imprensa Oficial do Estado, 244 p.

- FLEEGER, J.W., DECHO, A.W. 1987. Spatial variability of interstitial meiofauna: a review. *Stygologia*, 3(1): 35-54.
- FOLANI NETO, H. 2010. As massas d'água na Bacia de Campos, RJ. Dissertação (mestrado). Universidade de São Paulo, Instituto Oceanográfico, São Paulo. 120p.
- FRANCO, B.C. & MUELBERT, J.H. 2003. Distribuição e composição do ictioplâncton na quebra de plataforma do sul do Brasil. *Atlântica* 25(1): 75-86.
- FRANCO, B.C.; MUELBERT, J.H. & MATA, M.M. 2005. *O ictioplâncton da quebra de plataforma da Região Sudeste-Sul do Brasil e sua relação com as condições ambientais*. Série Documentos REVIZEE: Score Sul. Instituto Oceanográfico – USP. São Paulo, 40 p.
- FRONTIER, S. 1981. Cálculo del error em el recuento de organismos zooplanctónicos. *In*: BOLTOVSKOY, D. (Ed.). Atlas del Zooplancton del Atlántico Sudoccidental y métodos de trabajo con el zooplancton marino. INIDEP, Mar del Plata, Argentina, p. 163-167.
- FRONTIER, S. 1981. Cálculo del error em el recuento de organismos zooplanctónicos. *In*: BOLTOVSKOY, D. (Ed.). Atlas del Zooplancton del Atlántico Sudoccidental y métodos de trabajo con el zooplancton marino. INIDEP, Mar del Plata, Argentina, p. 163-167.
- GIMÉNEZ, J.; MARÇALO, A.; GARCÍA-POLO, M.; GARCÍA-BARÓN, I.; CASTILLO, J.J.; FERNÁNDEZ-MALDONADO, C.; SAAVEDRA, C.; SANTOS, M.B.; DE STEPHANIS, R. 2018. Feeding ecology of Mediterranean common dolphins: The importance of mesopelagic fish in the diet of an endangered subpopulation. *Marine Mammals Science* 34(1): 136-154.
- GLEASON, L.U.; BURTON, R. 2011. High-throughput molecular identification of fish eggs using multiplex suspension bead arrays. *Molecular Ecology Resources*: 1-10.
- GUAN, L.; DOWER, J.F.; MCKINNELL, S.M.; PEPIN, P.; PAKHOMOV, E.A.; HUNT, B.P.V. 2017. Interannual variability in the abundance and composition of spring larval fish assemblages in the Strait of Georgia (British Columbia, Canada) from 2007 to 2010. *Fisheries Oceanography*, 26: 638-654.
- GUENTHER, M; GONZALEZ-RODRIGUEZ, E.; CARVALHO, W.F; REZENDE, C.E.; MUGRABE, G. & VALENTIN, J.L. 2008. Plankton trophic structure and particulate organic carbon production during a coastal downwelling-upwelling cycle. *Marine Ecology Progress Series*, 363:109-119.
- HABTEC/PETROBRAS. Relatório Final de Caracterização dos Blocos BMS -8, 9, 10, 11 e 21. Bacia de Santos. [S.l.]. 2003.
- HARTLEY, J. P. 1996. Environmental Monitoring of Offshore Oil and Gas Drilling Discharges – A Caution on the Use of Barium as a Tracer. *Marine Pollution Bulletin*, v. 32, p. 727-733.

- HASLE, G.A. & SYVERTSEN, E.E. 1997. Marine diatoms. In: TOMAS, C. R. (Ed.). *Identifying Marine Phytoplankton*. U.S.A. Academic Press. 583 p.
- HEIMDAL, B.R. 1997. Modern Coccolithoforids. In: TOMAS, C. R. (Ed.) *Identifying Marine Phytoplankton*. U.S.A.: Academic Press. 583 p.
- HEMPEL, G. 1979. *Early life history of marine fish. The egg stage*. Seattle. Washington Sea Grant Publication, 70 p.
- HUANG, B.; LAN, W.; CAO, Z.; DAI, M.; HUANG, L.; JIAO, N. & HONG, H. 2008. Spatial and temporal distribution of nanoflagellates in the northern South China Sea. *Hydrobiologia*605: 143-157.
- HUDSON, J.M.; STEINBERG, D.K.; SUTTON, T.T.; GRAVES, J.E. & LATOUR, R.J. 2014. Myctophid feeding ecology and carbon transport along the northern Mid-Atlantic Ridge. *Deep-Sea Research I* 93: 104-116.
- HULBURT, E.M. 1963. The diversity of phytoplanktonic population in oceanic, coastal and estuarine regions. *Journal of Marine Research*21(2): 81-93.
- INGELS, J.; TCHESUNOV, A.V.; VANREUSEL, A. 2011. Meiofauna in the Gollum Channels and the Whittard Canyon, Celtic Margin-how local environmental conditions shape nematode structure and function. 6(5):1-15. doi: 10.1371/journal.pone.0020094.
- IRIGOIEN, X.; HUISMAN, J. & HARRIS, R.P. 2004. Global biodiversity patterns of marine phytoplankton and zooplankton. *Nature*429: 863-867.
- IUCN. 2017. *International Union for Conservation of Nature*. Disponível em: <http://www.iucnredlist.org/>. Acessado em Julho, 2018.
- KATSURAGAWA, M.; DIAS, J.F.; HARARI, J.; NAMIKI, C. & ZANI-TEIXEIRA, M.L. 2014. Patterns in larval fish assemblages under the influence of the Brazil current. *Continental Shelf Research* 89: 103-117.
- KENDALL, A.W.; AHLSTROM, E.H. & MOSER, H.G. 1984. Early life history stages of fish and their characters. In: Moser, H.G.; RICHARDS, W.J.; COHEN, D.M. FAHAY, M.P. KENDALL JR., A.W & RICHARDSON, S.L. (Eds.) *Ontogeny and Systematics of fishes. American Society of Ichthyologists and Herpetologists Special Publication 1*:11-22.
- KILLOPS, S.; KILLOPS, V. Introduction to organic geochemistry. 2. ed. Oxford, UK: Blackwell Publishing, 2005.
- KOMÁREK, J. & ANAGNOSTIDIS, K. 1989. Modern approach to the classification system of cyanophytes (Nostocales). *Arch. Hydrobiol. Suppl.* 82(3): 247-345.



KOMÁREK, J. & ANAGNOSTIDIS, K. 2005. *Süßwasserflora von Mitteleuropa*. Bd. 19. 2. Oscillatoriales. München. Elsevier. 759 p.

KURTZ, F.W. 2012. Caracterização do Ictioplâncton. In: MENICONI, M.F.G.; SILVA, T.A.; FONSECA, M.L.; LIMA, S.O.F.; LIMA, E.F.A.; LAVRADO, H.P.; FIGUEIREDO JR., A.G. (Eds.). *Baía de Guanabara. Síntese do Conhecimento Ambiental. Biodiversidade. Volume II*. Rio de Janeiro. Ipsis Gráfica e Editora. 479p.

LACERDA, L. D. & MARINS, R. V., 2006. Geoquímica de Sedimentos e o Monitoramento de Metais na Plataforma Continental Nordeste Oriental do Brasil. *Geochemica Brasiliensis*, v. 20, n.1, p. 123-35.

LACERDA, L.D.; MAIA, L.P.M.; MONTEIRO, L.H.U.; SOUZA, G.M.; BEZERRA, L.J.C. & MENEZES, M.O.T. DE., 2006. Manguezais do nordeste e mudanças ambientais. *Ciência Hoje*, v. 39, n. 229, p. 24-29.

LAMBSHEAD, P.J.D.; BROWN, C.J.; FERRERO, T.J.; MITCHELL, N.J.; SMITH, C.R., HAWKINS, L.E., TIETJEN, J. 2002. Latitudinal diversity patterns of deep-sea marine nematodes and organic fluxes: a test from the central equatorial Pacific. *Marine Ecology Progress Series*. 236: 129-135.

LEGENDRE, L. & LEGENDRE, P. 1998. *Numerical Ecology*. 2<sup>nd</sup> English edition. Developments in environmental Modelling, 20, Elsevier, New York, 853 p.

LESSA, R. & NÓBREGA, M.F. 2000. *Guia de identificação de peixes marinhos da região nordeste*. Programa REVIZEE: Score nordeste. DIMAR. 138 p.

LOBO, E. & LEIGHTON, G. 1986. Estructuras Comunitarias de las Fitocenosis Planctónicas de los Sistemas de Desembocaduras de Rios y Esteros de la Zona Central de Chile. *Revista Biología Marina*, 22: 1-29.

LUND, J.W.G.; KIPLING, C. & LEGREN, E.D. 1958. The inverted microscope method of estimating algal number and statistical basis of estimations by counting. *Hydrobiologia* 11: 143-170.

MACHADO, R.C.A.; FEITOSA, F.A.N.; KOENING, M.L. & FLORES MONTES, M.J. 2017. Spatial and seasonal variation of the phytoplankton community structure in a reef ecosystem in North-eastern Brazil. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*: 1-10.

MAGALHÃES, F. dos S. 2012. Utilização do fitoplâncton como instrumento de avaliação em programas de monitoramento nos ecossistemas aquáticos costeiros. Estudo de caso: Laguna de Araruama/RJ. Dissertação de Mestrado, Universidade do Estado do Rio de Janeiro. 160 p.

MACKENZIE, F.T.; VER, L.M.; SABINE, C.; LANE, M. & LERMAN, A., 1993. C, N, P, S global biogeochemical cycles and modeling of global change. In: WOLLAST, R.; MACKENZIE, F.T. & CHOU, L. (Eds) *Interactions of C, N, P and S, Biogeochemical Cycles and Global Change* Berlin: Springer-Verlag.



- MARCENIUK, A.P.; CAIRES, R.A.; WOSIACKI, W.B. & DI DARIO, F. 2013. Conhecimento e conservação dos peixes marinhos e estuarinos (Chondrichthys e Teleostei) da costa norte do Brasil. *Biota Neotropica* 13(4): 251-259.
- MARGALEF, R. 1983. *Limnologia*. Barcelona: Ediciones Omega S.S. 1010p.
- MARGALEF, R. 1989. *Ecologia*. Barcelona: Ediciones Omega S.S. 951p.
- MATEU, P.; NARDI, V.; FRAIJA-FERNÁNDEZ, N.; MATTIUCCI, S.; SOLA, L.G.; RAGA, J.A.; FERNÁNDEZ, M. & AZNAR, F.J. 2015. The role of lantern fish (Myctophidae) in the life-cycle of cetacean parasites from western Mediterranean waters. *Deep-Sea Research I* 95: 115-121.
- MATTEUCCI, S. D. & COLMA, A. 1982. La Metodología para el Estudio de la Vegetación. *Colección de Monografías Científicas, Série Biología*, 22, 168p.
- Mc EWEN, G.F.; JOHNSON, M.W. & FOLSOM, T.R. 1954. A statistical analysis of the performance of the Folsom plankton sample splitter, based upon test observations. *Archives of Metereology Geophys and Bioklimatology*, (Ser. A), 7: 502-527.
- MCIVER, S.B., 1975. Structure of cuticular mechanoreceptors of arthropods. *A. Rev. Ent.* 20, p.381-397.
- MENEZES, N.A. & FIGUEIREDO, J.L. 1985. *Manual de peixes marinhos do sudeste do Brasil. VI. Teleostei (4)*. Museu de Zoologia, Universidade de São Paulo, São Paulo: 96 p.
- MENEZES, N.A.; BUCKUP, P.A.; FIGUEIREDO, J.L. & MOURA, R.L. 2003. *Catálogo das espécies de peixes marinhos do Brasil*. Museu de Zoologia da Universidade de São Paulo, 160 p.
- MILJUTINA, M.A. & MILJUTIN, D.M. (2012) Seven new and four known species of the genus *Acantholaimus* (Nematoda: Chromadoridae) from the abyssal manganese nodule field (Clarion-Clipperton Fracture Zone, North-Eastern Tropical Pacific). *Helgoland Marine Research*, 66, 413-462.
- MILJUTINA, M.A., MILJUTIN, D.M., MAHATMA, R. & GALÉRON, J. (2010) Deep-sea nematode assemblages of the Clarion-Clipperton Nodule Province (Tropical North-Eastern Pacific). *Marine Biodiversity*, 40, 1-15. <https://doi.org/10.1007/s12526-009-0029-0>
- MILLERO, F.J. 1996. *Chemical Oceanography*. Hardcover, 2nd Edition. Marine Science Series. ISBN: 0-8493-8423-0.
- MMA/PETROBRAS/AS/PEG, 2002. *Diagnóstico Ambiental das Áreas de Exploração e Produção das Bacias de Santos, Campos e Espírito Santo*. Relatório Técnico.
- MODICA, L.; CARTES, J.E.; VELASCO, F. & BOZZANO, A. 2015. Juvenile hake predation on Myctophidae and Sternoptychidae: Quantifying an energy transfer between mesopelagic and neritic communities. *Journal of Sea Research* 95: 217-225.

MOLDOWAN, J.M.; SUNDARARAMAN, P.; SALVATORI, T.; ALAJBEG, A.; GJUKIC, B.; LEE, C.Y.; DEMAISON, G.J. 1992. Source correlation and maturity assessment of selected oils and rocks from the Central Adriatic Basin (Italy and Yugoslavia). In: Biological markers in sediments and petroleum. (Eds) Moldowan, J.M.; Albrecht, P.; Philp, R.P. Prentice Hall, Englewood Cliffs, N.J., p. 370-401.

MOSER, G.A.O.; TAKANOHASHI, R.A.; BRAZ, M. de C.; LIMA, D.T.; KIRSTEN, F.V.; GUERRA, J.V.; FERNANDES, A.M. & POLLERY, R.C.G. 2014. Phytoplankton spatial distribution on the Continental Shelf off Rio de Janeiro, from Paraíba do Sul River to Cabo Frio. *Hydrobiologia* 728: 1-21.

MOURA, T. de A. 2015. Avaliação da concentração de atividade de Ra-226, Ra-228 e Pb-210 em sedimentos provenientes da Antártica na região da Baía do Almirantado. Universidade de São Paulo, Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, São Paulo. 100p

MUÑIZ, O.; RODRÍGUEZ, J.G.; REVILLA, M.; LAZA-MARTÍNEZ, A.; SEOANE, S. & FRANCO, J. 2018. Seasonal variations of phytoplankton community in relation to environmental factors in an oligotrophic area of the European Atlantic coast (southeastern Bay of Biscay). *Regional Studies in Marine Science* 17: 59-72.

MUTHUMBI, A. & VINCX, M. (1997) *Acantholaimus* (Chromadoridae: Nematoda) from the Indian Ocean: description of seven species. *Hydrobiologia*, 346, 59–76. <https://doi.org/10.1023/A:1002937226161>.

NAFPAKTITIS, B.G.; BACKUS, R.H.; CRADDOCK, J.E.; HAEDRICH, R.L. ROBINSON, B.H. & KARNELLA, C., 1977. Family Myctophidae. In: GIBBS JR, R.H. (Ed.). *Fishes of the Western North Atlantic. Memoir Sears Foundation for Marine Research* 1 Pt 7: 13-265.

NAMIKI, C.A.P.; KATSURAGAWA, M. & ZANI-TEIXEIRA, M.L. 2015. Growth and mortality of larval *Myctophum affine* (Myctophidae, Telesostei). *Journal of Fish Biology* 86: 1335-1347.

NEFF, J.M. 2008. Estimation of Bioavailability of Metals from Drilling Mud Barite. *Integrated Environmental Assessment and Management* — Volume 4, Number 2—pp. 184–193.

NELSON, J.S.; GRANDE, T.C.; WILSON, M.V.H. 2016. *Fishes of the world*. 5ª edição. John Wiley & Sons. New Jersey.

NEVEUX, J.; DELMAS, D.; ROMANO, J.C.; ALGARRA, P.; IGNATIADES, L.; HERBLAND, A.; MORAND, P.; NEORI, A.; BONIN, D.; BARBE, J.; SUKENIK, A.; BERMAN, T. 1990. Comparison of chlorophyll and phaeopigment determination by spectrophotometric, fluorometric, spectrophotometric and HPLC methods. *Marine Microbial Food Webs*, 4: 217-238.

NONAKA, R.H.; MATSUURA, Y. & SUZUKI, K., 2000. Seasonal variation in larval fish assemblages in relation to oceanographic conditions in the Abrolhos Bank region off eastern Brazil. *Fisheries Bulletin*, 9: 767-784.





- NRC, 1985. NRC. Oil in the Sea: Inputs, fates and effects, National Research Council, Washington, DC.
- OLGUÍN, H.F.; BOLTOVSKOY, D.; LANGE, C.B. & BRANDINI, F. 2006. Distribution of spring phytoplankton (mainly diatoms) in the upper 50 m of the Southwestern Atlantic Ocean (30° to 61°S). *Journal of Plankton Research* 13: 1-45.
- OLIVAR, M. P.; BODE, A.; LÓPEZ-PÉREZ, C.; HULLEY, P.A. & HERNÁNDEZ-LEÓN, S. 2018. Trophic position of lanternfishes (Pisces: Myctophidae) of the tropical and equatorial Atlantic estimated using stable isotopes. *ICES Journal of Marine Science*: 1-13.
- ONBÉ, T. 1999. Ctenopoda and Onychopoda (=Cladocera). In: BOLTOVSKOY, D. (Ed.). South Atlantic Zooplankton. Leiden, Backhuys Publishers. p. 797-814.
- PENTREATH, R. J. 1984. Alpha-emitting nuclides in the marine environment. *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research*, v. 223. 1984.
- PIELOU, E. C. 1975. Ecological Diversity. Wiley, New York.
- PILSON, M. E. Q., 1998. An Introduction to the Chemistry of the Sea. Prentice-Hall, Inc. Upper Saddle River, N.J. 431p.
- POZEBON, D.; LIMA, E.C.; MAIA, S.M. & FACHEL, J.M.G., 2005. Heavy metals contribution of non-aqueous fluids used in offshore oil drilling. *Fuel*, 84: 53-61.
- PRATA, M.P. 2007. Caracterização do ambiente marinho do Estado do Espírito Santo utilizando dados do Banco Nacional de Dados Oceanográficos. Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental da Universidade Federal do Espírito Santo, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Engenharia Ambiental; área: Recursos Hídricos. Vitória-ES.
- RÉ, P.; AZEITEIRO, U. & MORGADO, F. 2005. Ecologia do ictioplâncton. In: RÉ, P.; AZEITEIRO, U. & MORGADO, F.(Eds.). *Ecologia do plâncton marinho e estuarino*. Edições Afrontamento: 111-140.
- RICHARDS, W.J. 2006. *Early stages of atlantic fishes: an identification guide for the Western North Atlantic. Volume I. and Volume II*. CRC Press, Boca Raton, Florida: 2640 p.
- 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. & MOREIRA, D.L. (Eds.). *Ambiente pelágico: caracterização ambiental regional da Bacia de Campos, Atlântico Sudoeste*. Rio de Janeiro: Elsevier. Habitats 5: 89-125.
- RODRIGUES, A.R.J.; MEURER, B.C. 2016. Distribuição do fitoplâncton em relação às variáveis ambientais em quatro regiões do estado do Rio de Janeiro. *Revista BioUSU* 2: 1 – 12.

- ROUND, F.E.; CRAWFORD, R.M. & MANN, D.G. 1990. *The diatoms: biology and morphology of the genera*. The Bath Press, Reino Unido. 747 p.
- RUTTENBERG, K. C. 1992. Development of a sequential extraction method for different forms of phosphorus in marine sediments. *Limnol. Oceanogr.* 37:1460-1482.
- SALIOT, A., 1981. Natural hydrocarbons in seawater. In: DUURSMA, E.K. & DAWSON, R. eds. *Marine Organic Chemistry: Evolution, composition, interaction and chemistry of organic matter in seawater*. Amsterdam, Elsevier. p. 327-374.
- SARKER, S.; LEMKE, P. & WILTSHIRE, K.H. 2018. Does ecosystem variability explain phytoplankton diversity? Solving an ecological puzzle with long-term data sets. *Journal of Sea Research* 135: 11-17.
- SARMIENTO, A.M.; DELVALLS, A.; MIGUEL-NIETO, J; SALAMANCA MI; CARABALLO, M.A. 2011. Toxicity and potential risk assessment of a river polluted by acid mine drainage in the Iberian Pyrite Belt (SW Spain). *Sci Total Environ* 409:4763—4771
- SASSA, C. & HIROTA, Y. 2013. Seasonal occurrence of mesopelagic fish larvae on the onshore side of the Kuroshio off southern Japan. *Deep-Sea Research I* 81: 49-61.
- SCHAFFEL, S. B. A Questão Ambiental na Etapa da Perfuração de Poços Marítimos de Óleo e Gás no Brasil [Rio de Janeiro] 2002 VIII, 130 p. 29,7 cm (COPPE/UFRJ, M.Sc., Programa de Planejamento Energético, 2002) Tese - Universidade Federal do Rio de Janeiro, COPPE.
- SHANNON, C.E. 1948. Mathematical theory of communication. *Bell System Technical Journal*, 27: 379-423, 623-656.
- SHANNON C.E. & WIENER, W., 1949. *The mathematical theory of communication*. Urbana: University Illinois Press.
- SILVA, A.C.; ARAÚJO, M.; BOURLÈS, B. 2005. Variação sazonal da estrutura de massas de água na plataforma continental do Amazonas e área oceânica adjacente. *Revista Brasileira de Geofísica*. pp. 145-157.
- SOEST, R.W. M. 1981. A monograph of the order Pyrosomatida (Tunicata, Thaliacea). *Journal of Plankton Research*, 3: 603-631.
- SOLTWEDEL T, HASEMANN C, QUERIC NV, VON JUTERZENKA K. 2005. Gradients in activity and biomass of the small benthic biota along a channel system in the deep Western Greenland Sea. *Deep-Sea Research Part I: Oceanographic Research Papers*. 2005;52(5):815–835. doi: 10.1016/j.dsr.2004.11.011.
- SOMERFIELD, WARWICK & MOENS, 2005. Meiofauna techniques, in: Eleftheriou, A. et al. (Ed.) *Methods for the study of marine benthos*. pp. 229-272.

- SORELL, J.M.; VARELA, J.L.; GOÑI, N.; MACÍAS, D.; ARRIZABALAGA, H. & MEDINA, A. 2017. Diet and consumption rate of Atlantic bluefin tuna (*Thunnus thynnus*) in the Strait of Gibraltar. *Fisheries Research* 188: 112-120.
- SOURNIA, A. 1978. Phytoplankton Manual. *Monogr. Oceanogr. Methodol.* 6: 69-74.
- SOURNIA, A.; CHRDTIENNOT-DINET M.J. & RICARD, M. 1991. Marine phytoplankton: how many species in the world ocean? *Journal Plankton Research* 13(5): 1093-1099.
- STATOIL/AECOM, 2017. Relatório de Caracterização (Baseline) do Ambiente Marinho Bloco BM-S-8 – Bacia de Santos. Rio de Janeiro, RJ.
- STEIDINGER, K.A. & TANGEN, K. 1997. Dinoflagellates. In: TOMAS, C.R. (Ed.). *Identifying Marine Phytoplankton*. U.S.A., Academic Press, 583 p.
- STOCCO, L.B. & JOYEUX, J.C. 2015. Distribution of fish larvae on the Vitória-Trindade Chain, southwestern Atlantic. *Check List* 11(2):1590:1-11.
- SUSINI-RIBEIRO, S.M.M.S. 1996. *Caracterização taxonômica e ecológica das comunidades pico, nano- e microplanctônicas, superficial e profunda, da zona eufótica do Atlântico Sul*. Tese de doutorado. Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo. São Paulo. 155 p.
- TAKANOHASHI, R.A.; MOSER, G.A.O.; FERNANDES, M.A.; ENRICHPRAST, A.; POLLERY, R.C.G. Nutrients and chlorophyll-a distribution over the continental margin between Cabo Frio (RJ) and Ubatuba (SP), southeastern Brazil: winter of 2010. *Brazilian Journal of Aquatic Science and Technology*, v. 19, n. 3, p. 31-41, 2015.
- TAYLOR, F.J.R. 1976. Dinoflagellates from the International Indian Ocean Expedition. A report on material collected by the R. V. "Anton Bruun" 1963-1954. *Bibliotheca Botanica* 132: 1-234.
- TENENBAUM, D.R.; GOMES, E.A.T. & GUIMARÃES, G.P. 2007. *Microorganismos planctônicos: pico, nano e micro*. In: VALENTIN, J. L. (Org.). *Características hidrobiológicas da região central da zona econômica exclusiva brasileira (Salvador, BA ao Cabo de São Tomé, RJ)*. Brasília, MMA. 168 p.
- TENENBAUM, D.R.; NASCIMENTO, S.M.; VIANNA, S.; FRAGOSO, G.; HATHERLY, M. & MORAES, R. 2017. Estrutura espacial e temporal da comunidade microplanctônica. 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 5: 127-170.
- THRONDSSEN, J. 1997. The Planktonic Marine Flagellates. In: TOMAS, C.R. (Ed.). *Identifying Marine Phytoplankton*. U.S.A.: Academic Press, 583 p.
- TOMMASI, L. R. 1994. Programa de monitoramento ambiental oceânico da Bacia de Campos, RJ. *Fundespa, Geomap*, Cenpes-Petrobras, São Paulo. 169p.



USEPA – United States Environmental Protection Agency. 2002. Methods for the determination of total organic carbon (TOC) in soils and sediments (NCEA-C- 1282, EMASC-001).

UTERMÖHL, H. 1958. Perfeccionamento del metodo cuantitativo de fitoplancton. *Comun. Assoc. Int. Limnol. Teor. Apl.* 9: 1-89.

VALLS, M.; OLIVAR, M.P.; FERNÁNDEZ DE PUELLES, M.L.; MOLÍ, B.; BERNAL, A. & SWEETING, C.J. 2014. Trophic structure of mesopelagic fishes in the western Mediterranean based on stable isotopes of carbon and nitrogen. *Journal of Marine Systems* 138: 160-170.

VANREUSEL, A., FONSECA, G., DANOVARO, R., DA SILVA, M.C., ESTEVES, A.M., FERRERO, T., GAD, G., GALTSOVA, V., GAMBI, C., DA FONSÊCA GENEVOIS, V., INGELS, J., INGOLE, B., LAMPADARIOU, N., MERCKX, B., MILJUTIN, D., MILJUTINA, M., MUTHUMBI, A., NETTO, S., PORTNOVA, D., RADZIEJEWSKA, T., RAES, M., TCHESUNOV, A., VANAVERBEKE, J., VAN GAEVER, S., VENEKEY, V., BEZERRA, T.N., FLINT, H., COPLEY, J., PAPE, E., ZEPILLI, D., ARBIZU MARTINEZ, P. & GALERON, J. (2010) The contribution of deep-sea habitat heterogeneity to global nematode diversity. *Marine Ecology*, 31, 6–20. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0485.2009.00352>.

VERGUERÍA, S.F.J.; GODOY, J.M.; MIEKELEY, N. 2002. Environmental impact studies of barium and radium discharges by produced Waters from the “Bacia de Campos oil field offshore platforms, Brazil. *Journal of Environmental Radioactivity*, v. 62, p. 29-38.

VILLAC, M.C. & TENENBAUM, D.R., 2010. The phytoplankton of Guanabara Bay, Brazil. I. Historical account of its biodiversity. *Biota Neotropica* 10(2): 271-293.

VILLAC, M.C.; CABRAL-NORONHA, A. de P.V. & OLIVEIRA PINTO, T. de, 2008. The phytoplankton biodiversity of the coast of the state of São Paulo, Brazil. *Biota Neotropica* 8(3): 151-173.

VOLKMAN, J.; O'LEARY, R.; SUMMONS, M. & BENALL., 1992. Biomarker composition of some asphaltic coastal bitumens from Tasmania, Australia. *Organic geochemistry*. vol. 18(5), pp. 668-682.

WANG, L.; OU, L.; HUANG, K.; CHAI, C.; WANG, Z.; WANG, X. & JIANG, T. 2017. Determination of the spatial and temporal variability of phytoplankton community structure in Daya Bay via HPLC-CHEMTAX pigment analysis. *Chinese Journal of Oceanology and Limnology*: 1-11.

WAPLES, D.W.; MACHIARA, T. Biomarkers for geologists: a practical guide to the application of steranes and triterpanes in petroleum geology. *AAPG methods in exploration series*, v. 9, p.1-76, 1991.

WATSON, W.; SANDKNOP, M. 1996. Engraulidae: Anchovies. In: MOSER, H. G. (Ed.). *The Early Stages of Fishes in the California Current Region*. La Jolla, Calcofi. Atlas nº. 33, 173-183.

WU, R.S.S. 1982. Effects of taxonomic uncertainty on species diversity indices. *Marine Environmental Research* 6: 215-225.







---

YOKLAVICH, M.M.; STEVENSON, M. & CAILLIET, G.M. 1992. Seasonal and spatial patterns of ichthyoplankton abundance in Elkhorn Slough, California. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 34: 109-126.

**8 EQUIPE TÉCNICA**

**Tabela 42 – Responsabilidade técnica.**

Nome	Formação	Função	Registro	C.T.F IBAMA	Assinatura
Luiz Henrique Capotorto Barbosa	Oceanógrafo Msc. Oceanografia Física, Química e Geológica	Coordenador Geral – Responsável pelo Projeto	N/A	521520	
Liana Alves Freitas da Silva	Oceanógrafa Msc. Engenharia Ambiental Pós Análise Ambiental e Gestão Territorial – ENCE/IBGE	Analista de Projetos – Elaboração do relatório	NA	2881676	
Raiane Gomes Tardin Cavalcanti do Poço	Oceanógrafa MSc. Geologia e Geofísica Marinha	Analista de Projetos – Elaboração do relatório	NA	5394148	
Márcia Salustiano de Castro	Doutora em Ecologia	Sócia administradora da Thalassa	CR-Bio 24.861-02	226197	





Ministério do Meio Ambiente  
Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis  
CADASTRO TÉCNICO FEDERAL  
CERTIFICADO DE REGULARIDADE - CR



<b>Registro n.º</b>	<b>Data da consulta:</b>	<b>CR emitido em:</b>	<b>CR válido até:</b>
521520	18/05/2018	18/05/2018	18/08/2018

**Dados básicos:**

CPF: 036.367.386-58

Nome: LUIZ HENRIQUE CAPOTORTO BARBOSA

**Endereço:**

logradouro: RUA POMPEU LOUREIRO

N.º: 126

Complemento: 301

Bairro: COPACABANA

Município: RIO DE JANEIRO

CEP: 22061-000

UF: RJ

**Cadastro Técnico Federal de Atividades e Instrumentos de Defesa Ambiental – CTF/AIDA**

<b>Código CBO</b>	<b>Ocupação</b>	<b>Área de Atividade</b>
2134-05	Geólogo	Pesquisar natureza geológica, geofísica e oceanográfica
2134-05	Geólogo	Prestar assessoria e consultoria

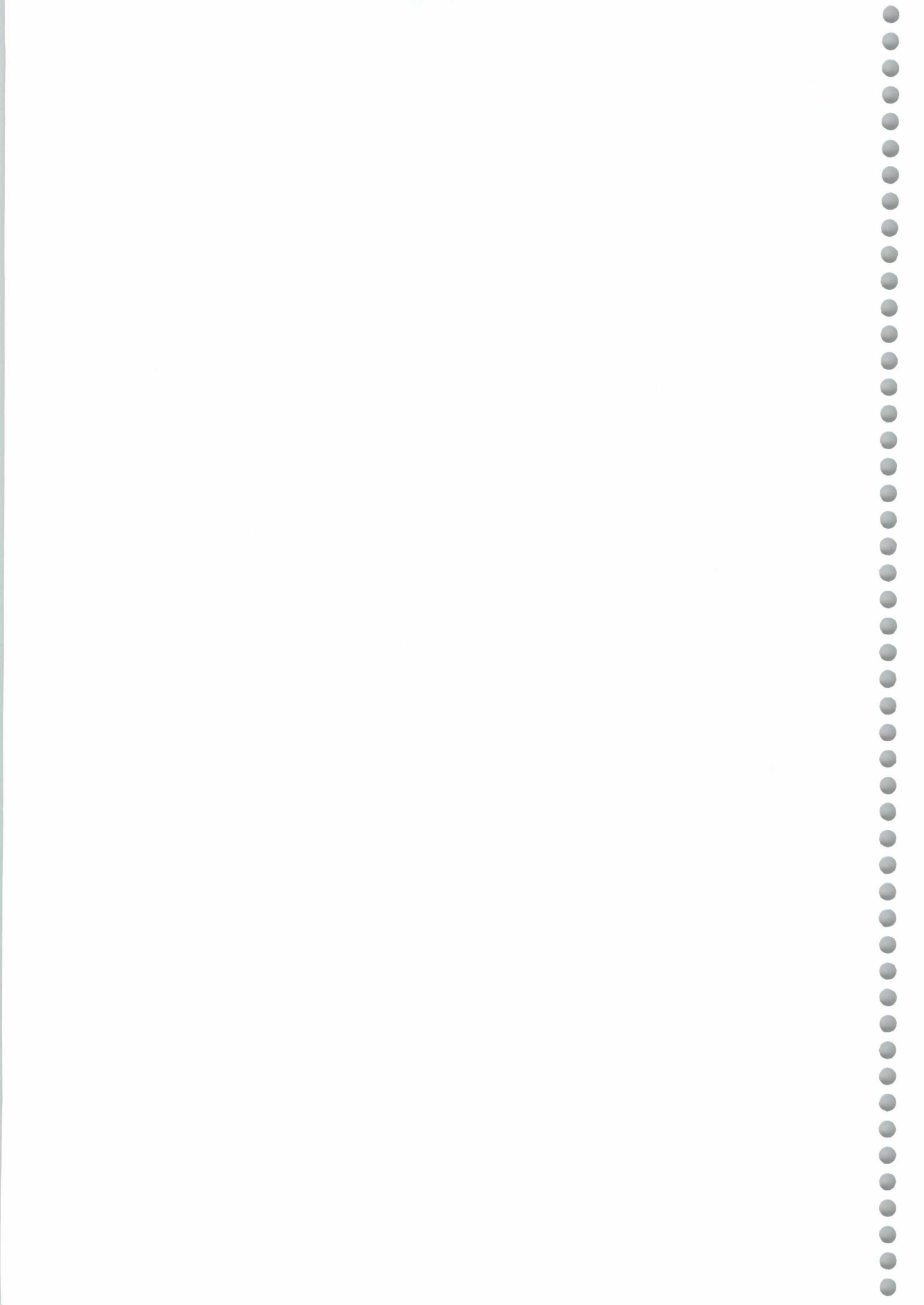
Conforme dados disponíveis na presente data, CERTIFICA-SE que a pessoa física está em conformidade com as obrigações cadastrais do CTF/AIDA.

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.

<b>Chave de autenticação</b>	CYBUT3H8Z41J6IQD
------------------------------	------------------







Ministério do Meio Ambiente  
Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis  
CADASTRO TÉCNICO FEDERAL  
CERTIFICADO DE REGULARIDADE - CR



<b>Registro n.º</b>	<b>Data da consulta:</b>	<b>CR emitido em:</b>	<b>CR válido até:</b>
2881676	18/06/2018	18/06/2018	18/09/2018

**Dados básicos:**

CPF: 105.910.507-14

Nome: LIANA ALVES FREITAS DA SILVA

**Endereço:**

logradouro: RUA ITACURUÇA

N.º: 77

Complemento: BLOCO B AP204

Bairro: TIJUCA

Município: RIO DE JANEIRO

CEP: 20510-150

UF: RJ

**Cadastro Técnico Federal de Atividades e Instrumentos de Defesa Ambiental – CTF/AIDA**

<b>Código CBO</b>	<b>Ocupação</b>	<b>Área de Atividade</b>
2134-05	Geólogo	Controlar serviços de geologia, geofísica e oceanografia
2134-05	Geólogo	Prestar assessoria e consultoria

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.

<b>Chave de autenticação</b>	BPBAC6QEHA743YIZ
------------------------------	------------------





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:
5394148	25/06/2018	25/06/2018	25/09/2018

**Dados básicos:**

CPF: 102.366.917-08

Nome: RAIANE GOMES TARDIN CAVALCANTI DO POÇO

**Endereço:**

logradouro: RUA CAÇAPAVA

N.º: 195

Complemento: 301

Bairro: GRAJAÚ

Município: RIO DE JANEIRO

CEP: 20541-350

UF: RJ

**Cadastro Técnico Federal de Atividades e Instrumentos de Defesa Ambiental – CTF/AIDA**

Código CBO	Ocupação	Área de Atividade
2134-05	Geólogo	Pesquisar natureza geológica, geofísica e oceanográfica

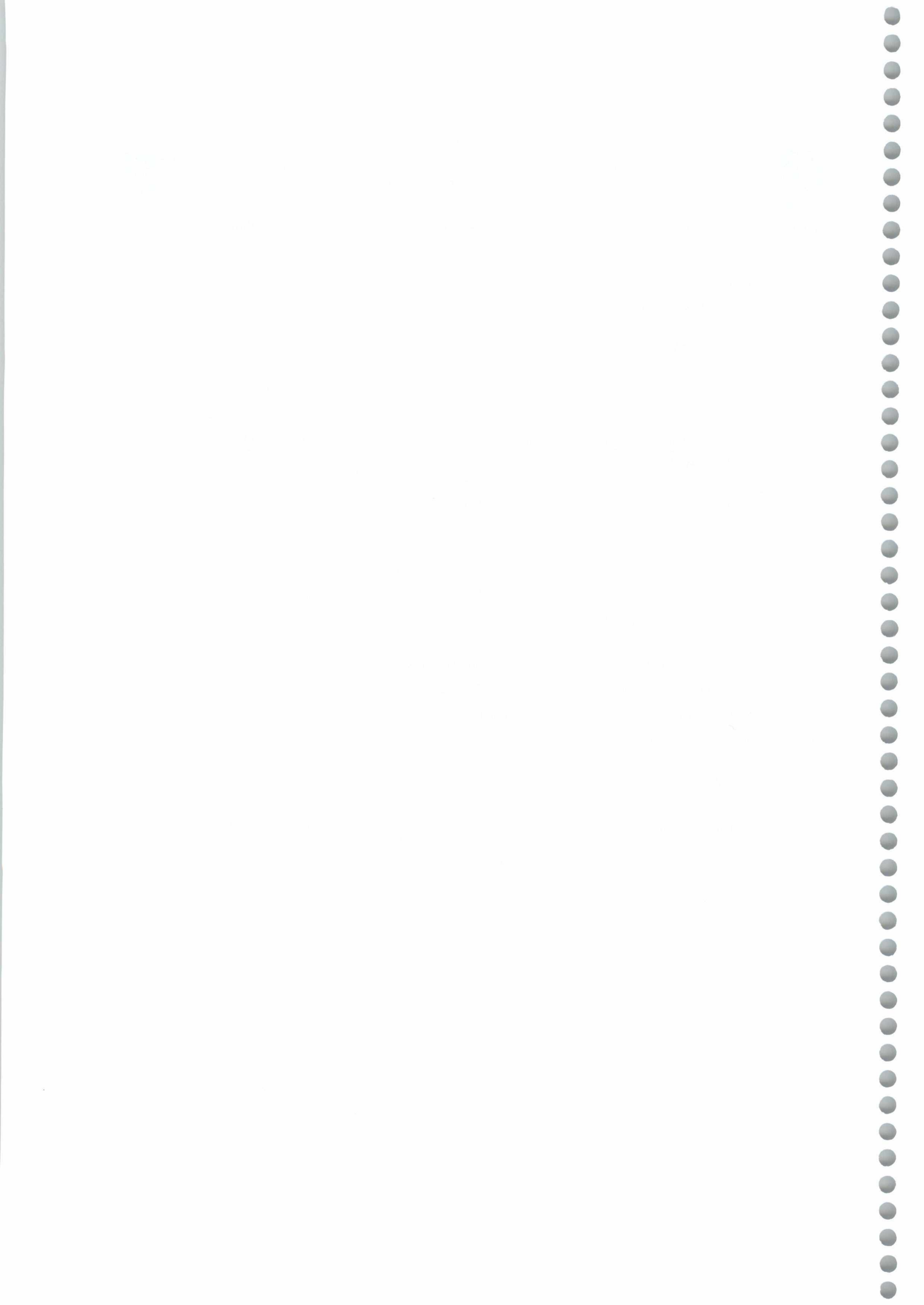
Conforme dados disponíveis na presente data, CERTIFICA-SE que a pessoa física está em conformidade com as obrigações cadastrais do CTF/AIDA.

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.

<b>Chave de autenticação</b>	3HMT2DMXG7PM388N
------------------------------	------------------





Ministério do Meio Ambiente  
Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis  
CADASTRO TÉCNICO FEDERAL  
CERTIFICADO DE REGULARIDADE - CR



<b>Registro n.º</b>	<b>Data da consulta:</b>	<b>CR emitido em:</b>	<b>CR válido até:</b>
226197	04/05/2018	04/05/2018	04/08/2018

**Dados básicos:**

CPF: 010.791.347-00

Nome: MÁRCIA SALUSTIANO DE CASTRO

**Endereço:**

logradouro: RUA MARINO DA COSTA

N.º: 57

Complemento: 201 BLOCO A

Bairro: JARDIM GUANABARA

Município: RIO DE JANEIRO

CEP: 21940-210

UF: RJ

**Cadastro Técnico Federal de Atividades e Instrumentos de Defesa Ambiental – CTF/AIDA**

<b>Código CBO</b>	<b>Ocupação</b>	<b>Área de Atividade</b>
2211-05	Biólogo	Realizar consultoria e assessoria na área biológica e ambiental
2211-05	Biólogo	Realizar diagnósticos biológicos, moleculares e ambientais

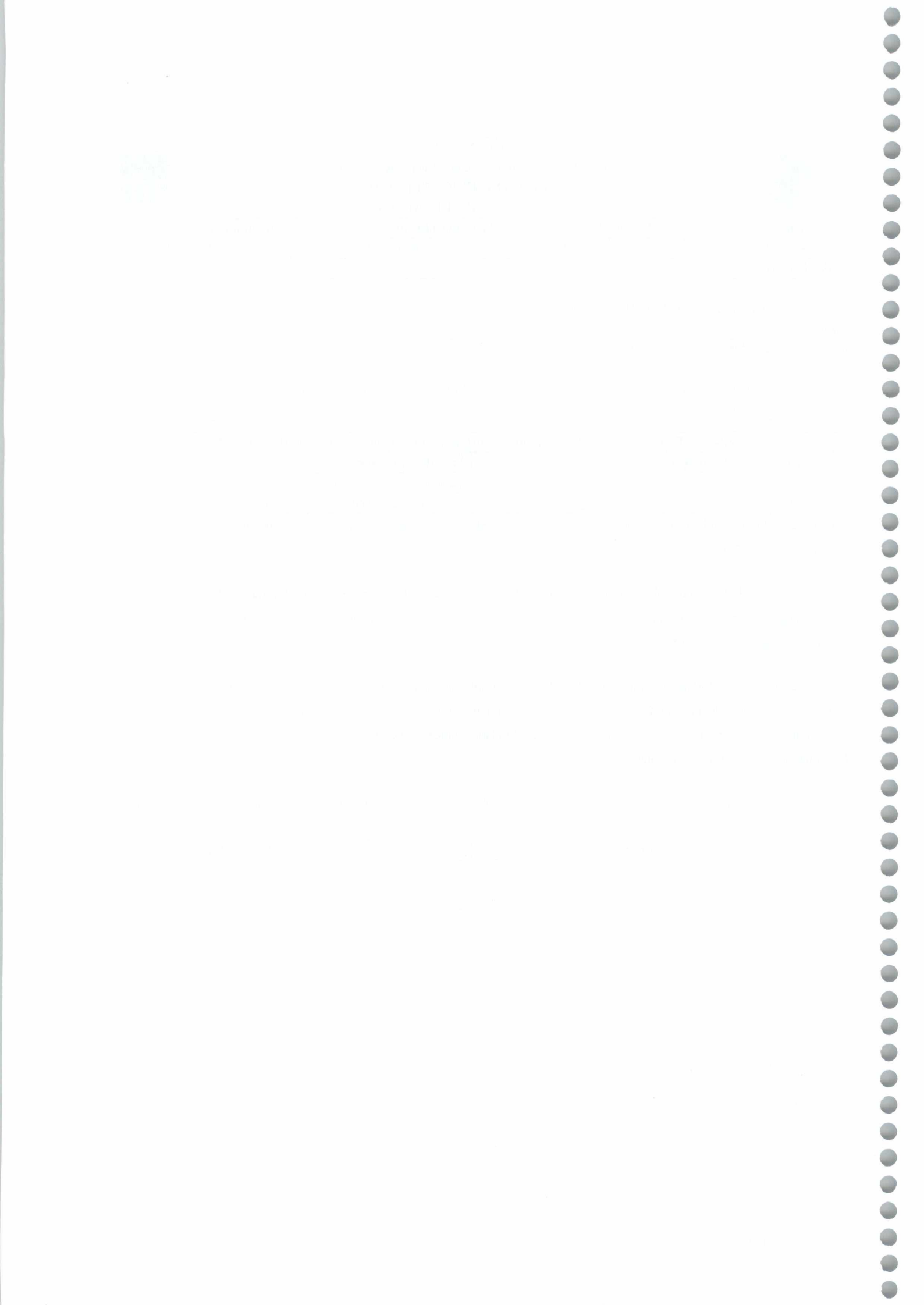
Conforme dados disponíveis na presente data, CERTIFICA-SE que a pessoa física está em conformidade com as obrigações cadastrais do CTF/AIDA.

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.

<b>Chave de autenticação</b>	RC7XBHDTL5PPKQWV
------------------------------	------------------



# ANEXOS (Via Digital)

## **Anexos A – Sedimento**

A.1 - Registros Fotográficos

A.2 - Laudos Análises Químicas do Sedimento

## **Anexos B – Fauna Bentônica**

B.1 - Laudos da Meiofauna e Macrofauna Bentônica

B.2 - Autorização de Captura de Fauna

B.3 - Declaração de Aceite das Amostras de Fauna Bentônica

## **Anexo C - Mapa de Imagens de Fundo**

## **Anexo D - Laudos Análises Químicas da Água**

## **Anexos E - Plâncton**

E.1A - Laudo Fitoplâncton

E.1B - Laudo Zooplâncton

E.1C - Laudo Ictioplâncton

E.2 - Declaração de Aceite das Amostras de Plâncton

## **Anexo F – Bancos de Dados (xls)**

