

**RELATÓRIO FINAL DA 11ª
CAMPANHA DE MONITORAMENTO
AMBIENTAL (PMA) DO PARQUE
DAS CONCHAS (BACIA DE
CAMPOS) – FPSO ESPÍRITO
SANTO**

Campanha de 2021

Rev. 00 – Fevereiro, 2022

DESENVOLVIDO PARA:



**CONTROLE DE REVISÕES**

Rev.	Data	Descrição (motivo da revisão)
0000	Fevereiro/2021	Documento original



SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	1
2. OBJETIVOS E METAS.....	2
3. ÁREA DE ESTUDO	2
3.1. MALHA AMOSTRAL.....	4
4. MÉTODOS.....	7
4.1. QUALIDADE DA ÁGUA	8
4.1.1. MÉTODOS DE CAMPO	8
4.1.2. MÉTODOS DE ANÁLISE.....	11
4.1.2.1. Análises Laboratoriais	11
4.2. BIOTA	16
4.2.1. MÉTODOS DE CAMPO	16
4.2.2. MÉTODOS DE ANÁLISE.....	17
5. RESULTADOS	21
5.1. PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS.....	22
5.1.1. TEMPERATURA, SALINIDADE E DENSIDADE.....	22
5.1.2. OXIGÊNIO DISSOLVIDO	27
5.1.3. POTENCIAL HIDROGENIÔNICO (PH)	29
5.2. PARÂMETROS INORGÂNICOS	30
5.2.1. NITROGÊNIO E FÓSFORO	30
5.2.2. CLOROFILA-A	35
5.2.3. METAIS.....	36
5.2.4. CIANETO LIVRE.....	43
5.2.5. FLUORETOS	43
5.2.6. SULFETOS	45
5.2.7. CLORO RESIDUAL TOTAL	45
5.2.8. RADIOISÓTOPOS	45
5.3. PARÂMETROS ORGÂNICOS.....	46
5.3.1. CARBONO ORGÂNICO TOTAL (COT).....	46



5.3.2. SURFACTANTES	47
5.3.3. BIFENILAS POLICLORADAS (PCBs)	48
5.3.4. TRIBUTILESTANHO	48
5.3.5. HIDROCARBONETOS E FENÓIS	48
5.3.6. ÓLEOS E GRAXAS	50
5.4. ECOTOXICIDADE	50
5.5. BIOTA	51
5.5.1. FITOPLÂNTON	51
5.5.1.1. Composição específica	51
5.5.1.2. Riqueza	53
5.5.1.3. Análise Quantitativa	98
5.5.1.4. Estrutura da Comunidade Fitoplanctônica	98
5.5.2. ZOOPLÂNTON	100
5.5.2.1. Caracterização da comunidade	100
5.5.2.2. Análise Quantitativa	105
5.5.2.3. Estrutura da Comunidade	108
5.5.3. ICTIOPLÂNTON	110
5.5.3.1. Caracterização da comunidade	110
5.5.3.2. Análise Quantitativa	113
5.5.3.3. Estrutura da Comunidade	117
5.6. ANÁLISE INTEGRADA	119
6. CONCLUSÃO	124
7. EQUIPE TÉCNICA	127
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	128



LISTA DE ANEXOS

ANEXO A – Acreditação de Análises e Testes Intralaboratoriais

ANEXO B – Laudo analítico I - química

ANEXO C – Laudo analítico II - toxicidade

ANEXO D – Laudo biológico – fitoplâncton

ANEXO E – Laudo biológico e Relatório de Tombo – zooplâncton

ANEXO F – Laudo biológico e Relatório de Tombo – ictioplâncton

ANEXO G – ABIO e Cartas de Aceite



LISTA DE FIGURAS

<i>Figura 1: Localização do Parque das Conchas (BC-10), Bacia de Campos (Datum SIRGAS2000).</i>	<i>4</i>
<i>Figura 2: FPSO Espírito Santo e bordo boreste, de descarte de água produzida durante a 11ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos.</i>	<i>5</i>
<i>Figura 3: Esquema da malha amostral do compartimento água, conforme previsto no PMA – Projeto de Monitoramento Ambiental, no Parque das Conchas, Bacia de Campos.</i>	<i>6</i>
<i>Figura 4 – Embarcação TS Fissurado utilizada durante a 11ª Campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos. Fonte: www.marinetraffic.com. Foto: Alan Michael Grimmwood (2009).....</i>	<i>7</i>
<i>Figura 5: CTD utilizado durante a 11ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos.</i>	<i>8</i>
<i>Figura 6: Lançamento de garrafa oceanográfica (GO-FLO) durante a 11ª Campanha do Projeto de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos.</i>	<i>9</i>
<i>Figura 7: Equipamentos utilizados na medição dos parâmetros físico-químicos in situ e na filtração para o Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos.</i>	<i>9</i>
<i>Figura 8 – Exemplo de representação de dados em um gráfico Box plot.</i>	<i>14</i>
<i>Figura 9 – Em sequência, rede de plâncton do tipo bongô durante a 11ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos.</i>	<i>17</i>
<i>Figura 10: Perfis de temperatura nas estações monitoradas durante a 11ª Campanha de Monitoramento Ambiental do FPSO Espírito Santo, Parque das Conchas, Bacia de Campos.....</i>	<i>23</i>
<i>Figura 11: Perfis de salinidade nas estações monitoradas durante a 11ª Campanha de Monitoramento Ambiental do FPSO Espírito Santo, Parque das Conchas, Bacia de Campos.amostradas.</i>	<i>24</i>
<i>Figura 12: Perfis de densidade nas estações monitoradas durante a 11ª Campanha de Monitoramento Ambiental do FPSO Espírito Santo, Parque das Conchas, Bacia de Campos – profundidades amostradas.....</i>	<i>25</i>
<i>Figura 13: Diagrama TS dos dados amostrados nas estações no entorno do FPSO Espírito Santo durante a 11ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos.</i>	<i>27</i>
<i>Figura 14: Distribuição das concentrações de Oxigênio Dissolvido (OD) nas estações no entorno do FPSO Espírito Santo durante a 11ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos.....</i>	<i>28</i>
<i>Figura 15: Concentrações de Oxigênio Dissolvido (OD) observadas nas 11 últimas Campanhas de Monitoramento Ambiental realizadas no Parque das Conchas, Bacia de Campos.....</i>	<i>28</i>
<i>Figura 16: Valores de pH nas estações no entorno do FPSO Espírito Santo durante a 11ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos.</i>	<i>29</i>



Figura 17: Resultados de pH observados nas 11 últimas Campanhas de Monitoramento Ambiental realizadas no do Parque das Conchas, Bacia de Campos.	30
Figura 18: Distribuição das concentrações de nitrato, nitrito e nitrogênio amoniacal nas estações no entorno do FPSO Espírito Santo durante a 11ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos.	32
Figura 19: Concentrações de nitrato e nitrito observadas nas 11 últimas Campanhas de Monitoramento Ambiental realizadas no Parque das Conchas, Bacia de Campos.	33
Figura 20: Concentrações de nitrogênio amoniacal observadas nas 11 últimas Campanhas de Monitoramento Ambiental realizadas no Parque das Conchas, Bacia de Campos.	34
Figura 21: Concentrações de fosfato observadas nas dez últimas Campanhas de Monitoramento Ambiental realizadas no Parque das Conchas, Bacia de Campos.	34
Figura 22: Distribuição das concentrações de clorofila-a nas estações no entorno do FPSO Espírito Santo durante a 11ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos.	35
Figura 23: Distribuição das concentrações de bário nas estações no entorno do FPSO Espírito Santo durante a 11ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos.	37
Figura 24: Distribuição das concentrações de vanádio nas estações no entorno do FPSO Espírito Santo durante a 11ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos.	38
Figura 25: Distribuição das concentrações de boro nas estações no entorno do FPSO Espírito Santo durante a 11ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos.	39
Figura 26: Concentrações de boro observadas nas 11 últimas Campanhas de Monitoramento Ambiental realizadas no Parque das Conchas, Bacia de Campos.	39
Figura 27: Distribuição das concentrações de zinco nas estações no entorno do FPSO Espírito Santo durante a 11ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos.	40
Figura 28: Concentrações de zinco observadas nas 11 últimas Campanhas de Monitoramento Ambiental realizadas no Parque das Conchas, Bacia de Campos.	41
Figura 29: Distribuição das concentrações de arsênio nas estações no entorno do FPSO Espírito Santo durante a 11ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos.	41
Figura 30: Distribuição das concentrações de urânio nas estações no entorno do FPSO Espírito Santo durante a 11ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos.	42
Figura 31: Distribuição das concentrações de fluoreto nas estações no entorno do FPSO Espírito Santo durante a 11ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos.	44
Figura 32: Concentrações de fluoreto observadas nas 11 últimas Campanhas de Monitoramento Ambiental realizadas no Parque das Conchas, Bacia de Campos.	44



<i>Figura 33: Concentrações de 226Ra e 228Ra observadas nas 11 últimas Campanhas de Monitoramento Ambiental realizadas no Parque das Conchas, Bacia de Campos.</i>	<i>46</i>
<i>Figura 34: Distribuição das concentrações de Carbono Orgânico Total (COT) nas estações no entorno do FPSO Espírito Santo durante a 11ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos.</i>	<i>47</i>
<i>Figura 35: Concentrações de COT observadas nas 11 últimas Campanhas de Monitoramento Ambiental realizadas no Parque das Conchas, Bacia de Campos.</i>	<i>47</i>
<i>Figura 36: Contribuição percentual das classes taxonômicas do microfitoplâncton identificadas nas estações de amostragem no entorno do FPSO Espírito Santo durante a 11ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos.</i>	<i>53</i>
<i>Figura 37: Número de táxons do nanoplâncton em cada profundidade nas cinco estações monitoradas durante a 11ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos.</i>	<i>54</i>
<i>Figura 38: Contribuição percentual da riqueza de táxons do nanoplâncton por categoria taxonômica nas cinco estações e em cada profundidade monitorada durante a 11ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos.</i>	<i>54</i>
<i>Figura 39: Número de táxons do microfitoplâncton em cada profundidade nas cinco estações monitoradas durante a 11ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos.</i>	<i>55</i>
<i>Figura 40: Contribuição percentual da riqueza de táxons por categoria taxonômica nas cinco estações e em cada profundidade monitorada durante a 11ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos.</i>	<i>95</i>
<i>Figura 41: Densidade celular (cel.L^{-1}) do nanofitoplâncton no entorno do FPSO Espírito Santo durante a 11ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos.</i>	<i>100</i>
<i>Figura 42: Densidade celular do microfitoplâncton (cel.L^{-1}) nas cinco estações monitoradas durante a 11ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos.</i>	<i>101</i>
<i>Figura 43: Contribuição percentual das categorias taxonômicas na densidade do microfitoplâncton no entorno do FPSO Espírito Santo durante a 11ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos.</i>	<i>96</i>
<i>Figura 44: Índice de diversidade (H') e de equitabilidade (J') da comunidade fitoplanctônica das cinco estações monitoradas na 11ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos., Bacia de Campos.</i>	<i>98</i>
<i>Figura 45: Análise de agrupamento das amostras através do índice de similaridade de Bray–Curtis nas cinco estações monitoradas durante a 11ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos.</i>	<i>100</i>



Figura 46: Contribuição média percentual das categorias taxonômicas do zooplâncton identificadas nas cinco estações monitoradas durante a 11ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos.	101
Figura 47: Número de táxons do zooplâncton nas cinco estações monitoradas durante a 11ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos	102
Figura 48: Densidade do zooplâncton nas cinco estações monitoradas durante a 11ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos.	106
Figura 49: Abundância relativa (%) dos grupos dominantes coletados nas cinco estações monitoradas durante a 11ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos.	107
Figura 50: Abundância (%) dos copépodes dominantes coletados nas cinco estações monitoradas durante a 11ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos.	108
Figura 51: Índice de diversidade e de equitabilidade da comunidade zooplanctônica das cinco estações monitoradas na 11ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos.	109
Figura 52: Análise de agrupamento das amostras através do índice de similaridade de Bray–Curtis nas cinco estações monitoradas durante a 11ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos.	110
Figura 53: Contribuição percentual do número de táxons por grupos do ictioplâncton durante a 11ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos.	111
Figura 54: Número de táxons de ovos de larvas em cada estação no entorno do FPSO Espírito Santo durante a 11ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos	112
Figura 55: Número de táxons de larvas de peixes em cada estação no entorno do FPSO Espírito Santo durante a 11ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos.	113
Figura 56: Densidade de ovos de peixes (ovos.100m ⁻³) coletados no entorno do FPSO Espírito Santo durante a 11ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos.	114
Figura 57: Densidade de larvas de peixes (larvas.100m ⁻³) coletados no entorno do FPSO Espírito Santo durante a 11ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos.	115
Figura 58: Percentual de larvas de peixes (%) no entorno do FPSO Espírito Santo durante a 11ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos.	117
Figura 59: Índice de diversidade e de equitabilidade da comunidade ictioplanctônica das cinco estações monitoradas na 11ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos	118
Figura 60: Análise de agrupamento das amostras de ictioplâncton através do índice de similaridade de Bray–Curtis nas cinco estações monitoradas durante a 11ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos.	119



<i>Figura 61: Análise de Ordenação de Coordenadas Principais (PCO) aplicada aos dados físico-químicos com resultados representativos e acima do limite de quantificação ou detecção.</i>	<i>121</i>
<i>Figura 62: Análise n-MDS aplicada aos resultados de abundância da comunidade planctônica e dados físico-químicos.</i>	<i>122</i>
<i>Figura 63: Ordenação de Coordenadas Principais (PCO) aplicada aos dados da comunidade planctônica e físico-químicos.</i>	<i>123</i>



LISTA DE TABELAS

<i>Tabela 1: Coordenadas geográficas, distâncias e profundidades dos pontos de amostragem durante a 11ª Campanha do Projeto de Monitoramento Ambiental do FPSO Espírito Santo no Campo Parque das Conchas, Bacia de Campos (Datum SIRGAS2000).....</i>	<i>7</i>
<i>Tabela 2: Metodologia de acondicionamento e preservação das amostras para a avaliação dos parâmetros físico-químicos durante a 11ª Campanha do Projeto de Monitoramento Ambiental no Parque das Conchas, Bacia de Campos *- Parâmetros coletados em triplicata. **-Cobre Dissolvido foi coletado em triplicata.</i>	<i>10</i>
<i>Tabela 3: Métodos empregados na análise dos parâmetros físico-químicos das amostras coletadas durante a 11ª Campanha de Monitoramento Ambiental no entorno do FPSO Espírito Santo.....</i>	<i>11</i>
<i>Tabela 4: Códigos utilizados na 11ª Campanha para individualizar os organismos do microfitoplâncton de acordo com a forma e maior dimensão celular.</i>	<i>19</i>
<i>Tabela 5: Comparação entre as campanhas dos valores de máximo, mínimo e média da clorofila-a.</i>	<i>35</i>
<i>Tabela 6: Metais que apresentaram concentrações abaixo do Limite de Quantificação (LQ) nas estações no entorno do FPSO Espírito Santo durante a 11ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos.</i>	<i>36</i>
<i>Tabela 7: Resultados do teste de ecotoxicidade crônica no entorno do FPSO Espírito Santo durante a 11ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos.</i>	<i>51</i>
<i>Tabela 8: Número de táxons do microfitoplâncton e estatística descritiva das cinco estações monitoradas durante a 11ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos.....</i>	<i>56</i>
<i>Tabela 9: Táxons do microfitoplâncton muito frequentes durante a 11ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos.....</i>	<i>96</i>
<i>Tabela 10: Estatística descritiva do número de táxons das estações monitoradas durante as campanhas de Monitoramento Ambiental do entorno do FPSO Espírito Santo durante os anos de 2011 a 2021.....</i>	<i>96</i>
<i>Tabela 11: Densidade celular (cel.L⁻¹) total, do microfitoplâncton e do nanofitoplâncton das cinco estações monitoradas durante a 11ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos.....</i>	<i>98</i>
<i>Tabela 12: Densidade do fitoplâncton total (10⁶cel.L⁻¹) registradas nas Campanhas de Monitoramento Ambiental realizadas no entorno do FPSO Espírito Santo.</i>	<i>99</i>
<i>Tabela 13: Densidade celular (cel.L⁻¹) do microfitoplâncton total e das categorias taxonômicas identificadas nas cinco estações monitoradas durante 11ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos.</i>	<i>95</i>
<i>Tabela 14: Dez táxons de maior densidade celular (cel.L⁻¹) dentre o microfitoplâncton identificado nas cinco estações monitoradas durante a 11ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia</i>	



de Campos. Os valores de densidade apresentados referem-se à soma dos resultados das amostras (estações/profundidades).....	97
Tabela 15: Valores de diversidade e equitabilidade da comunidade fitoplanctônica nas últimas Campanhas de Monitoramento Ambiental realizadas no entorno do FPSO Espírito Santo	99
Tabela 16: Táxons muito frequentes (FO>70%) dos principais grupos durante a 11ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos (considerados apenas os níveis família, gênero e espécie).....	103
Tabela 17: Táxons muito frequentes (FO>70%) nas dez últimas Campanhas de Monitoramento Ambiental realizadas no entorno do FPSO Espírito Santo (considerados apenas espécies).....	104
Tabela 18: Densidade zooplanctônica (ind.m ⁻³) registradas nas Campanhas de Monitoramento Ambiental realizadas no entorno da plataforma FPSO Espírito Santo.....	106
Tabela 19: Densidade zooplanctônica total e por grupos (com participação >1%) (ind.m ⁻³) durante a 11ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos.	107
Tabela 20: Táxons de maior densidade na comunidade zooplanctônica coletada durante a 11ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos.	108
Tabela 21: Valores de diversidade e equitabilidade da comunidade zooplanctônica nas dez últimas Campanhas de Monitoramento Ambiental realizadas no entorno do FPSO Espírito Santo.....	109
Tabela 22: Táxons do ictioplâncton (larvas de peixe) muito frequentes (FO>70%) das amostras durante a atual campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos.	113
Tabela 23: Densidade das larvas e ovos do ictioplâncton encontrados ao longo das campanhas do Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas.....	115
Tabela 24: Densidade de larvas de peixes (larvas.100m ⁻³) por família em cada estação no entorno do FPSO Espírito Santo durante a 11ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos.....	116
Tabela 25: Variáveis abióticas e suas respectivas abreviaturas utilizadas na análise integrada dos dados da 11ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos.	119
Tabela 26: Resultados da análise DISTLM. Valores em negrito indicam correlações significativas (<0,05).	123
Tabela 27: Avaliação dos Objetivos, Metas, Indicadores e Resultados do PMA.....	126
Tabela 28 - Relação da equipe técnica responsável pela elaboração do presente documento.....	127



1. INTRODUÇÃO

O atual relatório apresenta e discute os resultados da 11ª campanha oceanográfica de Monitoramento Ambiental realizada no entorno da unidade de produção FPSO Espírito Santo, conforme previsto pelo Projeto de Monitoramento Ambiental (PMA) do Sistema de Produção e Escoamento de Petróleo e Gás no campo Parque das Conchas – Bacia de Campos, no âmbito da Renovação da Licença de Operação (RLO Nº 847/2009).

Este relatório está em conformidade com a versão consolidada do PMA apresentada em resposta ao Parecer Técnico COPROD/CGMAC/DILIC Nº 061/18, bem como de acordo com o Parecer Técnico COPROD/CGMAC/DILIC Nº 94/2020 e Parecer Técnico Nº 375/2020 COPROD/CGMAC/DILIC, os quais solicitaram a revisão dos métodos analíticos empregados para a utilização daquele que possua limite de quantificação inferior à concentração máxima estabelecida pela legislação para o analito.

De acordo com exigências da atual Coordenação Geral de Licenciamento Ambiental de Empreendimentos Marinhos e Costeiros – CGMAC/IBAMA, no âmbito do PMA, a partir do primeiro descarte de água produzida pelo FPSO Espírito Santo, faz-se necessária a realização de campanhas de monitoramento anuais no entorno da unidade.

Em julho de 2009, a Shell iniciou a produção na área do Parque das Conchas. O descarte de água produzida pelo FPSO Espírito Santo, no entanto, iniciou-se efetivamente em março de 2010. Após o início do descarte ocorreu a primeira campanha de monitoramento, realizada em março de 2011 (SHELL/AECOM, 2011).

A análise da qualidade da água do mar no entorno do FPSO tem como objetivo identificar possíveis interferências do descarte de água produzida da unidade na área, uma vez que representa o principal efluente gerado pela produção marítima de petróleo. Tal efluente pode conter uma complexa mistura de compostos químicos, onde se incluem: minerais dissolvidos oriundos da formação produtora, hidrocarbonetos, produtos químicos empregados durante o processo de produção, amônia, sólidos, gases dissolvidos, entre outros (SEGUI, 2009; BRETAS, 2011).

No Brasil, os padrões de descarte de água produzida foram definidos pela Resolução CONAMA nº 393/07 a qual, além de estabelecer critérios de descarte, também define critérios de qualidade da água após a “zona de mistura” (i.e. área de 500m no entorno do ponto de descarte). De acordo com este último critério, as águas oceânicas no entorno do FPSO Espírito Santo devem apresentar características de enquadramento como “Águas Salinas - Classe 1”, conforme padrões estabelecidos pela Resolução CONAMA 357/05. Destaca-se que a coleta das amostras ocorreu concomitantemente ao descarte de água produzida pelo FPSO.



A avaliação temporal da qualidade da água no entorno do FPSO Espírito Santo foi realizada a partir da comparação dos resultados da atual campanha com aqueles verificados na 1ª, 2ª, 3ª, 4ª, 5ª, 6ª, 7ª, 8ª, 9ª e 10ª campanhas (SHELL/AECOM, 2011a, 2011b, 2013, 2014, 2015, 2016, 2017, 2018 e SHELL/WITTOBRIENS, 2019, 2020 e 2021). As referidas campanhas foram realizadas nos seguintes períodos: março de 2011, abril de 2012, janeiro de 2013, março de 2014, fevereiro de 2015, fevereiro/março de 2016, março de 2017, dezembro de 2018, março de 2019 e setembro de 2020. A atual campanha (11ª) ocorreu em outubro de 2021.

2. OBJETIVOS E METAS

O objetivo e a meta previstos pelo Projeto de Monitoramento Ambiental do Sistema de Produção e Escoamento de Petróleo e Gás Natural do Campo do Parque das Conchas – Bacia de Campos são:

Objetivo:

- Avaliar a qualidade da água do mar na área em função do descarte de água produzida pela unidade, com base nos requerimentos estabelecidos na Resolução CONAMA nº 357/05, além de verificar o enquadramento do corpo hídrico requerido pela Resolução CONAMA nº 393/07.

Meta:

- Garantir que a qualidade de água no entorno do FPSO Espírito Santo, após a zona de mistura, atende ao enquadramento como Águas Salinas – Classe 1 de acordo os limites definidos pelas resoluções CONAMA 357/05 e 393/07, e que eventuais parâmetros que excedam esses limites, não tenham origem no descarte de água produzida do FPSO Espírito Santo.

3. ÁREA DE ESTUDO

A Bacia de Campos, situada no litoral dos estados do Rio de Janeiro e do Espírito Santo, limita-se a sul pelo Alto de Cabo Frio, que a separa da Bacia de Santos e a norte pelo Alto de Vitória, que constitui o limite com a Bacia do Espírito Santo. Abrange uma área total em torno de 102 mil km², sendo 6,5 mil km² em terra e 95,5 mil km² em mar até a cota batimétrica de 3.000 m. Atualmente é a segunda maior bacia produtora do país, responsável por cerca de 26% da produção nacional de óleo e 12% da produção nacional de gás (ANP, 2021).

O Parque das Conchas está localizado na Bacia de Campos a aproximadamente 120 km a SE do município de Anchieta, ES (**Figura 1**). A profundidade local varia de 1.500 a 2.000 m, com corrente predominante com sentido para SO, acompanhando a Corrente do Brasil. O bloco BC-10, chamado



atualmente de Parque das Conchas, é composto por quatro campos denominados Argonauta, Ostra, Abalone e Nautilus.

A região da Bacia de Campos apresenta duas estações bem marcadas: estação chuvosa (outubro a abril) e estação seca (maio a setembro). Nessa área há uma dominância de ventos Nordeste com intensidade variada durante a estação chuvosa (velocidade média de 7 m.s^{-1}) e a estação seca (velocidade média de 6 m.s^{-1}) (ECOLOGUS, 2006).

A área estudada é caracterizada por águas oligotróficas, com baixa produtividade (EKAU; MATSUURA, 1996), onde as águas tropicais da corrente do Brasil prevalecem (VALENTIN *et al.*, 2007). Três massas de água são dominantes nessa região: Água de Plataforma (AP), Água Tropical (AT) e Água Central do Atlântico Sul (ACAS). Na plataforma externa predomina a mistura vertical entre a AT e a ACAS (CASTRO; MIRANDA, 2010). Além de AT e ACAS também estão presentes nessa região a Água Intermediária Antártica (AIA), Água Circumpolar Superior (ACS) e a Água Profunda do Atlântico Norte (STRAMMA; ENGLAND, 1999).

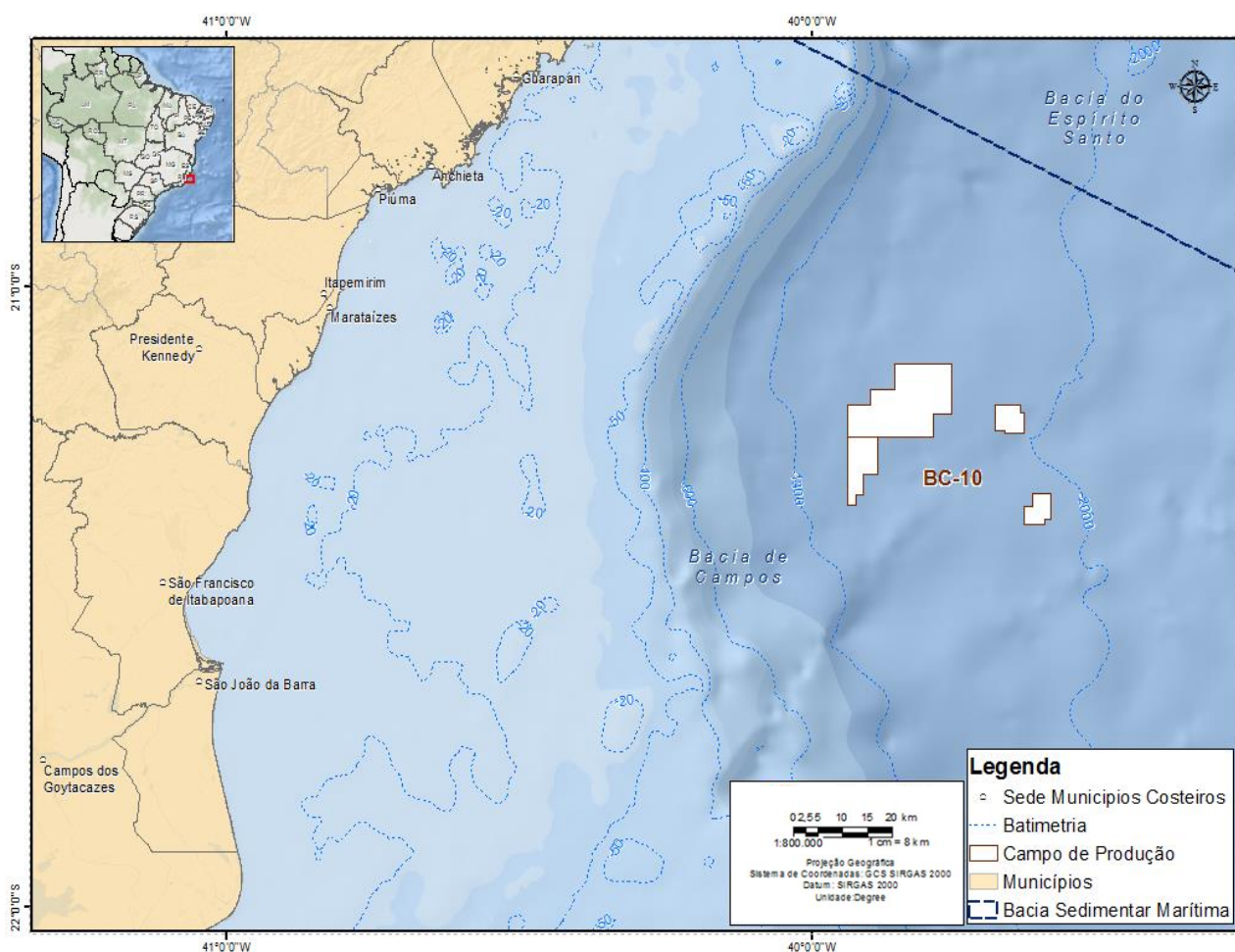


Figura 1: Localização do Parque das Conchas (BC-10), Bacia de Campos (Datum SIRGAS2000).

A produção de óleo é realizada pela plataforma flutuante de produção, estocagem e transferência – FPSO Espírito Santo – que possui mais de 330 m de comprimento e o *Turret* está localizado sobre as coordenadas 21°12' 31,005"S e 39°44' 33,397"W (Datum Sirgas 2000).

3.1. MALHA AMOSTRAL

Para a definição da malha amostral para avaliação da qualidade da água no entorno do FPSO Espírito Santo, tomou-se como base o ponto de descarte de água produzida. Conforme o PMA a malha amostral é móvel, na medida em que o FPSO possui giro livre ao redor do *turret*, consequentemente, o ponto de descarte também pode variar. Assim, cada estação de coleta foi realizada considerando a posição do FPSO no momento da coleta (**Figura 2**). Destaca-se que o FPSO estava realizando descarte por boreste, à meia nau. Cabe mencionar que o descarte da água de produção estava ocorrendo durante todo o período de amostragem.



Figura 2: FPSO Espírito Santo e bordo boreste, de descarte de água produzida durante a 11ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos.

A partir desse ponto de referência foram estabelecidas radiais a 200 m e a 500 m considerando que a pluma de descarte de água produzida tem sua dispersão influenciada pelo próprio FPSO Espírito Santo. Essa influência se dá de duas maneiras: (i) pelo alinhamento do FPSO com o vetor resultante da corrente superficial e do vento, tendo em vista sua ancoragem pelo *turret*, ou (ii) pelo fato de que a FPSO funciona como uma barreira física à dispersão da água, visto que apresenta um calado de cerca de 20 m e uma borda acima da coluna d'água de cerca de 30 m (a depender do lastro e do volume de óleo armazenado internamente). A concentração de estações à boreste do FPSO, por onde é feito o descarte, também é justificada por essa última observação.

As amostragens de água, visando às análises físico-químicas, foram realizadas em 11 pontos distribuídos em três radiais (200, 500 e 1.000 m) de distância do ponto de descarte da água produzida. As duas estações a 1.000 m do ponto de descarte configuram as estações controle. As profundidades de coleta variaram entre subsuperfície, 60 metros (acima da termoclina - ACTC) e 90 metros (termoclina - TC), sendo fixas para todas as estações. A profundidade média da termoclina se deu entre 120 e 150 m. As coletas na superfície, em conformidade com o Projeto, avaliaram a mesma camada de lançamento da água produzida; a profundidade intermediária ajuda a aferir os resultados da modelagem de dispersão da água produzida; e a profundidade na termoclina o controle a partir das condições naturais do ambiente.

Para as análises relacionadas à comunidade planctônica, no entorno do FPSO foram obtidas amostras através de arrastos nas estações numeradas como 1, 3, 5, 7 e 10 para zooplâncton e ictioplâncton. Os arrastos foram realizados no período noturno, com o objetivo de uma melhor representação da comunidade, devido à migração vertical diária que causa maior adensamento de

organismos nas camadas superiores da coluna d'água durante a noite (HAYS, 2003). Para o fitoplâncton, foram amostradas as mesmas estações (1, 3, 5, 7 e 10) nas mesmas três profundidades estabelecidas para as análises físico-químicas.

É importante ressaltar que a malha amostral é móvel, ou seja, como o FPSO é passível de giro livre a partir do *turret*, o ponto de descarte também pode variar. Sendo assim, cada estação foi amostrada considerando a posição do FPSO no momento da coleta.

A **Figura 3** apresenta o esquema da malha amostral empregada nesta 11ª Campanha de Monitoramento Ambiental no entorno do FPSO Espírito Santo, conforme apresentado no PMA, enquanto as coordenadas geográficas efetivamente realizadas são apresentadas na **Tabela 1**.

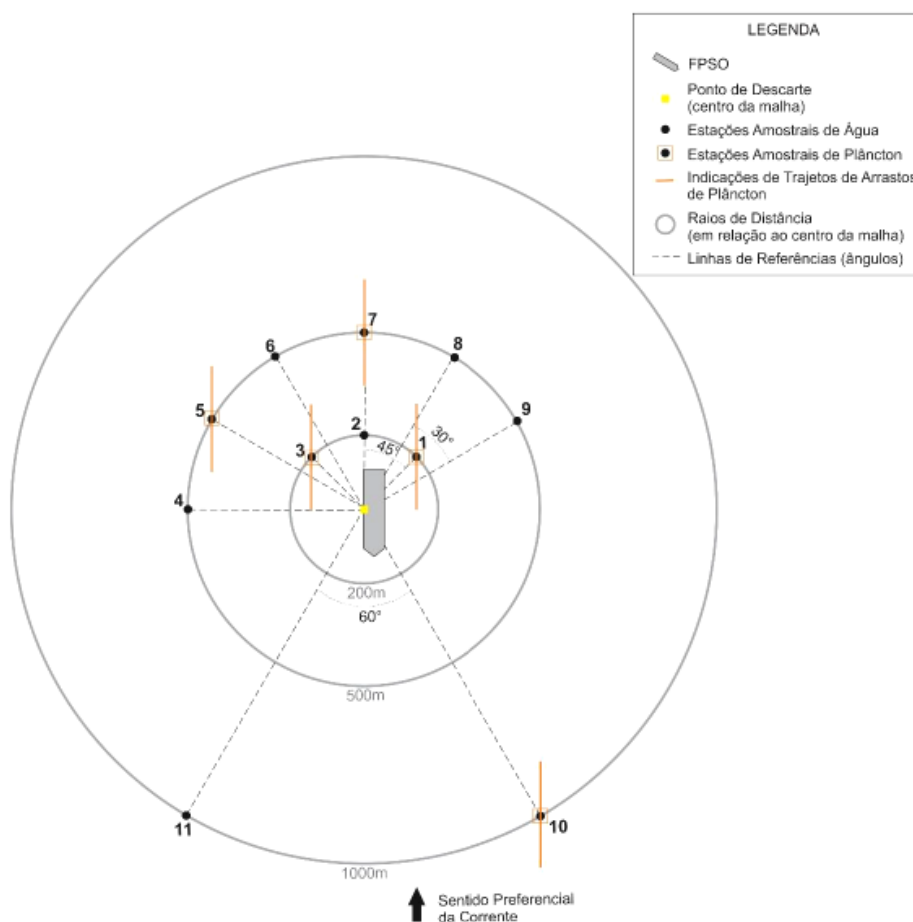


Figura 3: Esquema da malha amostral do compartimento água, conforme previsto no PMA – Projeto de Monitoramento Ambiental, no Parque das Conchas, Bacia de Campos.

Tabela 1: Coordenadas geográficas, distâncias e profundidades dos pontos de amostragem durante a 11ª Campanha do Projeto de Monitoramento Ambiental do FPSO Espírito Santo no Campo Parque das Conchas, Bacia de Campos (Datum SIRGAS2000).

Estação de coleta	Data	Latitude	Longitude	Distância do ponto de descarte FPSO	Profundidade de coleta (m)	de	
						SUP*	ACTC**
1	23/10/2021	-21° 12,36238'S	-39° 44,60621'O	200m	5	60	90
2	23/10/2021	-21° 12,40954'S	-39° 44,68008'O	200m	5	60	90
3	23/10/2021	-21° 12,49135'S	-39° 44,69468'O	200m	5	60	90
4	22/10/2021	-21° 12,67514'S	-39° 44,81564'O	500m	5	60	90
5	23/10/2021	-21° 12,52753'S	-39° 44,88753'O	500m	5	60	90
6	23/10/2021	-21° 12,36857'S	-39° 44,87136'O	500m	5	60	90
7	23/10/2021	-21° 12,46808'S	-39° 44,84063'O	500m	5	60	90
8	23/10/2021	-21° 12,36733'S	-39° 44,84422'O	500m	5	60	90
9	21/10/2021	-21° 12,22370'S	-39° 44,50763'O	500m	5	60	90
10	21/10/2021	-21° 12,65631'S	-39° 44,05528'O	1000m	5	60	90
11	21/10/2021	-21° 13,01185'S	-39° 44,49143'O	1000m	5	60	90

* Subsuperfície ** Acima da Termoclina *** Termoclina

4. MÉTODOS

A 11ª Campanha do Projeto de Monitoramento Ambiental no Campo de Parque das Conchas foi realizada entre dias 17 e 27 de outubro de 2021, utilizando-se a embarcação TS Fissurado (**Figura 4**), contemplando onze (11) estações amostrais no entorno do FPSO Espírito Santo.



Figura 4 – Embarcação TS Fissurado utilizada durante a 11ª Campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos.
Fonte: www.marinetraffic.com. Foto: Alan Michael Grimmwood (2009).

4.1. QUALIDADE DA ÁGUA

4.1.1. Métodos de Campo

Para o monitoramento da qualidade da água foram realizadas perfilagens de temperatura e salinidade e coletadas amostras de água para análise de parâmetros físico-químicos e químicos nas onze estações representadas no item Malha Amostral (**Item 3.1**).

Um CTD da marca FSI (*Falmouth Scientific, Inc.*), foi utilizado na perfilagem de temperatura e salinidade (**Figura 5**). O equipamento foi lançado com auxílio de um guincho com cabo de aço, a uma velocidade aproximada de $0,3 \text{ m.s}^{-1}$. O equipamento foi configurado, antes de cada lançamento, para amostragem contínua a uma taxa de 1 Hz.

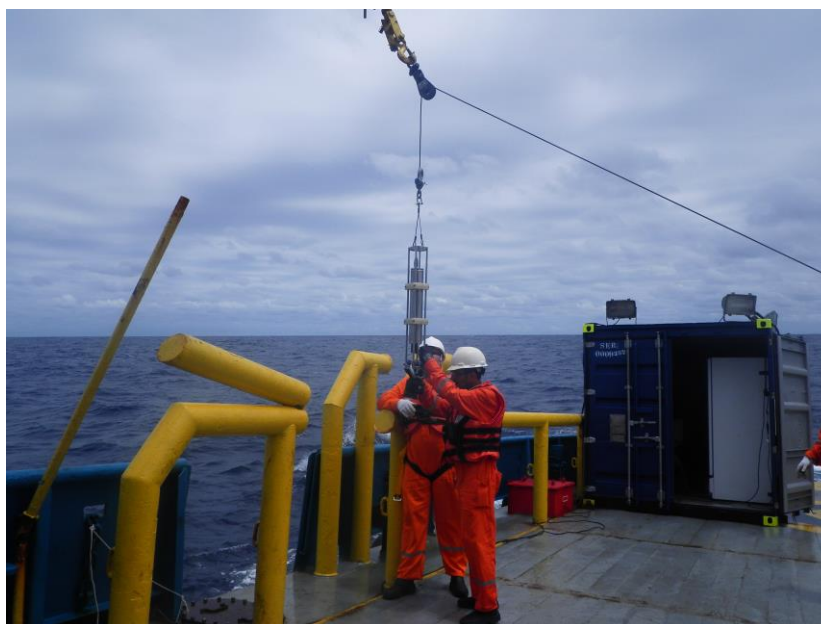


Figura 5: CTD utilizado durante a 11ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos.

As coletas de amostras de água do mar para posterior análise dos parâmetros foram realizadas por meio do lançamento de garrafas oceanográficas (GO-FLO). Após a coleta de água, as garrafas foram trazidas a bordo para as subamostragens de forma a atender às necessidades de análise dos diferentes parâmetros em cada um dos estratos considerados (**Figura 6**).

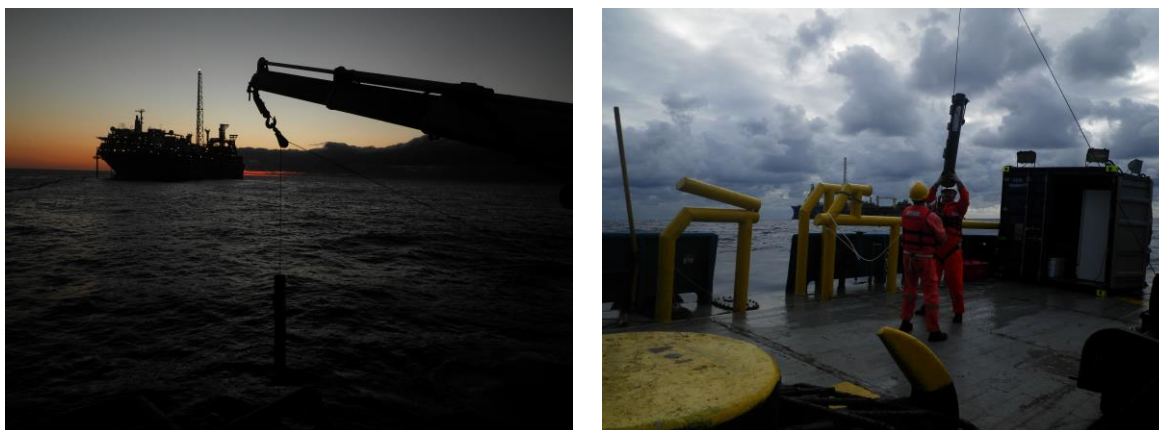


Figura 6: Lançamento de garrafa oceanográfica (GO-FLO) durante a 11ª Campanha do Projeto de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos.

A primeira alíquota da água coletada foi destinada à medição dos parâmetros oxigênio dissolvido e pH através de sensores portáteis (**Figura 7**). Em campo, uma alíquota de 2L de amostra de cada estação foi filtrada para análise de clorofila-a (análise do filtro), a água filtrada foi acondicionada em frascos para posterior análise de nutrientes e metais dissolvidos. A filtração em campo da água a ser analisada para esses parâmetros tem o objetivo de evitar alterações nas concentrações pela presença de interferentes e aumentar o tempo de preservação.



Figura 7: Equipamentos utilizados na medição dos parâmetros físico-químicos *in situ* e na filtração para o Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos.

Para a análise dos demais parâmetros, as amostras foram transferidas para frascaria adequada e acondicionadas (refrigeradas ou congeladas) para posterior envio aos laboratórios responsáveis por cada parâmetro. A **Tabela 2** apresenta o descritivo das subamostragens realizadas para a avaliação dos parâmetros físico-químicos em laboratório.



Tabela 2: Metodologia de acondicionamento e preservação das amostras para a avaliação dos parâmetros físico-químicos durante a 11ª Campanha do Projeto de Monitoramento Ambiental no Parque das Conchas, Bacia de Campos *- Parâmetros coletados em triplicata. **-Cobre Dissolvido foi coletado em triplicata.

Análises	Frasco – Volume - Preservante	Acondicionamento	Laboratório Responsável
Tributilestanho*	3 Âmbar - 1L cada - Sem preservante	Refrigeração	Hidroquímica
HPA	Âmbar - 1L - Sem preservante	Refrigeração	
HTP	Âmbar - 1L - Sem preservante	Refrigeração	
PCBs	Âmbar - 1L - Sem preservante	Refrigeração	
Fenóis	Frascos polietileno - 500 mL – H ₂ SO ₄	Refrigeração	
Radioisótopos	Frascos polietileno – 1 L – HNO ₃	Refrigeração	
BTEX	2 Vials – 40 mL cada - HCl	Refrigeração	
Fluoreto, Fosfato, Cloro residual* e Surfactantes (MBAS)	PET – 1 L – Sem preservante	Refrigeração	
Cloro residual*	2 Frascos polietileno – 100 mL cada – HNO ₃	Refrigeração	
Óleos e Graxas	Vidro de boca larga – 1 L - HCl	Refrigeração	
Cianetos*	3 Frascos polietileno – 300 mL cada – NaOH	Refrigeração	
Nitrogênio	Frascos polietileno – 100 mL – H ₂ SO ₄	Congelamento	
Metais Totais e Mercúrio	Frascos polietileno – 100 mL – HNO ₃	Refrigeração	
Metais dissolvidos**	3 Frascos polietileno – 100 mL cada – HNO ₃	Refrigeração	
Carbono Orgânico Total	Frascos polietileno – 100 mL – H ₂ SO ₄	Refrigeração	
Nitrato e Nitrito	Frascos polietileno – 100 mL – Sem preservante	Congelamento	
Sulfeto de hidrogênio	Frascos polietileno – Acetato de Zinco 2N e NaOH	Refrigeração	
Clorofila a	Filtro – Tubo de polietileno	Congelamento	
Ecotoxicidade Aguda	Frascos polietileno – 1L – Sem preservante	Congelamento	Labtox/UFRJ
Ecotoxicidade Crônica	Frascos polietileno – 500mL – Sem preservante	Congelamento	



Destaca-se que a partir da análise do relatório do PMA do FPSO Espírito Santo de 2018 pelo IBAMA, o Parecer Técnico COPROD/CGMAC/DILIC Nº 94/2020 solicitou revisão dos métodos analíticos empregados para que os limites de quantificação (LQ's) fossem inferiores à concentração máxima estabelecida pela legislação ambiental para o analito.

Os parâmetros cujo parecer indicou a necessidade de redução do LQ foram cianeto, sulfetos, cloro residual total, tributilestanho e mercúrio. Assim como para a campanha de 2020, a SHELL buscou junto ao laboratório responsável pelas análises químicas (HCSOL - Hidroquímica) atender a esta solicitação, tendo alcançado este objetivo para sulfeto e mercúrio, no entanto, cianeto, cloro residual e tributilestanho permaneceram iguais aos limites da CONAMA 357/05. Além dos parâmetros citados no Parecer Técnico o método analítico utilizado pelo laboratório para o parâmetro cobre dissolvido também apresentou LQ equivalente ao máximo estabelecido pela referida Resolução.

Com isso, conforme feito na campanha de 2020 e visando atender o Parecer Técnico COPROD/CGMAC/DILIC Nº 375/2020, emitido pelo órgão ambiental, que estabelece que para métodos analíticos cujo LQ seja igual ao limite estabelecido pela legislação brasileira, em 2021, as análises de cianeto, cloro residual, tributilestanho e cobre dissolvido foram realizadas em triplicata, de forma a aumentar a confiabilidade de resposta ao cumprimento da lei. No **ANEXO A** é possível verificar a acreditação das análises e os testes intralaboratoriais realizados para o cálculo do LQ das análises dos parâmetros coletados em triplicata.

4.1.2. Métodos de Análise

4.1.2.1. Análises Laboratoriais

Em laboratório foram realizadas as análises nas amostras de água seguindo os métodos cujas referências são representadas a seguir, os 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) (**Tabela 3**).

As análises químicas foram realizadas pelo Laboratório de Análise Ambiental - LABTOX (Ecotoxicologia aguda e crônica) e HCSOL (demais análises químicas).

Tabela 3: Métodos empregados na análise dos parâmetros físico-químicos das amostras coletadas durante a 11ª Campanha de Monitoramento Ambiental no entorno do FPSO Espírito Santo.

Parâmetro	Método Analítico	Limite de Quantificação (LQ)	Limite de Detecção (LD)
Benzeno - BTEX (VOC)	EPA 8260 D / 5021 A	0,028 µg.L ⁻¹	0,008 µg.L ⁻¹



Tabela 3: Métodos empregados na análise dos parâmetros físico-químicos das amostras coletadas durante a 11ª Campanha de Monitoramento Ambiental no entorno do FPSO Espírito Santo.

Parâmetro	Método Analítico	Limite de Quantificação (LQ)	Limite de Detecção (LD)
Etilbenzeno - BTEX (VOC)	EPA 8260 D / 5021 A	0,028 µg.L ⁻¹	0,008 µg.L ⁻¹
Tolueno - BTEX (VOC)	EPA 8260 D / 5021 A	0,028 µg.L ⁻¹	0,008 µg.L ⁻¹
m,p-Xilenos	EPA 8260 D / 5021 A	0,056 µg.L ⁻¹	0,017 µg.L ⁻¹
o-Xileno	EPA 8260 D / 5021 A	0,028 µg.L ⁻¹	0,008 µg.L ⁻¹
Carbono Orgânico Total (COT)	SMWW 5310 B	0,5 mg.L ⁻¹	0,15 mg.L ⁻¹
Cianeto livre*	SMWW 4500-CN- I	0,001 mg.L ⁻¹	0,0003 mg.L ⁻¹
Cloro residual total (combinado + livre) ³	SMWW 4500-Cl G	0,01 mg.L ⁻¹	0,003 mg.L ⁻¹
Clorofila-a	SMEWW 10200H	0,5 µg.L ⁻¹	0,2 µg.L ⁻¹
Fenóis Totais	SMWW5530 C	2 µg.L ⁻¹	1 µg.L ⁻¹
Fluoreto Total	SMWW 4500-F D	0,1 mg.L ⁻¹	0,03 mg.L ⁻¹
Fosfato	SMWW 4500-P E	0,06 mg.L ⁻¹	0,018 mg.L ⁻¹
HPA (16 prioritários + HPA Total)	EPA 8270 D / 3510 A	0,005 µg.L ⁻¹	0,0015 µg.L ⁻¹
HTPs (C10 a C29, pristano, fitano, n-alcanos, MCNR, HRP e HTP Total)	EPA 8015 D / 3510 C	1 µg.L ⁻¹	0,3 µg.L ⁻¹
Metais - Arsênio (As)	EPA 6020 B / 200.8	0,0001 mg.L ⁻¹	0,00003 mg.L ⁻¹
Metais - Bário (Ba)	EPA 6020 B / 200.8	0,0005 mg.L ⁻¹	0,00015 mg.L ⁻¹
Metais - Berílio (Be)	EPA 6020 B / 200.8	0,0002 mg.L ⁻¹	0,00006 mg.L ⁻¹
Metais - Boro (B)	EPA 6020 B / 200.8	0,05 mg.L ⁻¹	0,015 mg.L ⁻¹
Metais - Cádmio (Cd)	EPA 6020 B / 200.8	0,0005 mg.L ⁻¹	0,00015 mg.L ⁻¹
Metais - Chumbo (Pb)	EPA 6020 B / 200.8	0,0005 mg.L ⁻¹	0,00015 mg.L ⁻¹
Metais - Cobre (Cu)	EPA 6020 B / 200.8	0,005 mg.L ⁻¹	0,0015 mg.L ⁻¹
Metais - Cromo (Cr)	EPA 6020 B / 200.8	0,0005 mg.L ⁻¹	0,00015 mg.L ⁻¹
Metais - Ferro (Fe)	EPA 6020 B / 200.8	0,005 mg.L ⁻¹	0,0015 mg.L ⁻¹
Metais - Manganês (Mn)	EPA 6020 B / 200.8	0,001 mg.L ⁻¹	0,0003 mg.L ⁻¹
Metais - Mercúrio (Hg)	EPA 6020 B / 200.8	0,00009 mg.L ⁻¹	0,00003 mg.L ⁻¹
Metais - Níquel (Ni)	EPA 6020 B / 200.8	0,001 mg.L ⁻¹	0,0003 mg.L ⁻¹
Metais - Prata (Ag)	EPA 6020 B / 200.8	0,0005 mg.L ⁻¹	0,00015 mg.L ⁻¹



Tabela 3: Métodos empregados na análise dos parâmetros físico-químicos das amostras coletadas durante a 11ª Campanha de Monitoramento Ambiental no entorno do FPSO Espírito Santo.

Parâmetro	Método Analítico	Limite de Quantificação (LQ)	Limite de Detecção (LD)
Metais - Selênio (Se)	EPA 6020 B / 200.8	0,005 mg.L ⁻¹	0,0015 mg.L ⁻¹
Metais - Tálho (Tl)	EPA 6020 B / 200.8	0,0005 mg.L ⁻¹	0,00015 mg.L ⁻¹
Metais - Urânio (U)	EPA 6020 B / 200.8	0,00005 mg.L ⁻¹	0,000015 mg.L ⁻¹
Metais - Vanádio (V)	EPA 6020 B / 200.8	0,0005 mg.L ⁻¹	0,00015 mg.L ⁻¹
Metais - Zinco (Zn)	EPA 6020 B / 200.8	0,05 mg.L ⁻¹	0,015 mg.L ⁻¹
Metais dissolvidos - Alumínio (Al); Cobre (Cu)*; Ferro (Fe)	EPA 6020 B / 200.8	0,005 mg.L ⁻¹	0,0015 mg.L ⁻¹
Nitrato	D09727_02_Insert_Environmental_TON_Vanadium - Chloride reduction - Part Thermo Fisher Scientific	0,05 mg.L ⁻¹	0,015 mg.L ⁻¹
Nitrito	SMWW 4500NO2 - B	0,003 mg.L ⁻¹	0,0009 mg.L ⁻¹
Nitrogênio amoniacal total	SMWW 4500-NH3 F	0,01 mg.L ⁻¹	0,003 mg.L ⁻¹
Óleos e Graxas	SMWW 2110	Presença/ Ausência	Presença/ Ausência
PCBs (28, 52, 101, 118, 138, 153, 180)	EPA 8270 E /3510 C	0,000064 µg.L ⁻¹	0,00002 µg.L ⁻¹
Radioisótopos (Ra 226)	EPA 903.0, 1980 PT-5.30-00	0,44 Bq.L ⁻¹	0,15 Bq.L ⁻¹
Radioisótopos (Ra 228)	EPA 904.0, 1980 PT-5.31-00	0,32 Bq.L ⁻¹	0,01 Bq.L ⁻¹
Sulfeto	4500 S2 C e D	0,0015 mg.L ⁻¹	0,0004 mg.L ⁻¹
Surfactantes (substâncias tensoativas que reagem com o azul de metileno)	SMWW 5540C	0,1 mg.L ⁻¹	0,03 mg.L ⁻¹
Tributilestanho*	SMWW 6720 B	0,01 µg.L ⁻¹	0,003 µg.L ⁻¹

*Parâmetros analisados em triplicata devido aos limites de quantificação serem iguais aos limites máximos estabelecidos para cada analito pela Resolução CONAMA 357/05 para águas salinas classe 1.

4.1.2.1.1. Análises dos Dados de Qualidade da Água

Os dados foram discutidos a partir da representação em tabelas e gráficos, salienta-se que as concentrações que permaneceram abaixo do Limite de Quantificação/Detecção (LQ/LD) estão representadas nos gráficos como “0,00”, porém o valor exato do limite é sempre mencionado, seja ao longo do texto ou no **Item 4.1.2.1.**

Utilizou-se como valores de referência os limites estipulados pela Resolução CONAMA nº 357/05 para Águas Salina - Classe 1. Sempre que o n-amostral permitiu (considerando os resultados que



estiveram acima do LQ das análises laboratoriais), foi testada a diferença significativa entre os resultados encontrados a 200 m, 500 m e 1000m do FPSO na atual campanha. O teste aplicado foi o de Kruskal-Wallis, para dados não paramétricos, comparando dois grupos de variáveis independentes, com nível de significância de 95%, em que $p < 0,05$ corresponde à diferença significativa. Na comparação entre campanhas foram utilizados gráficos estilo box plot, representando os resultados de todas as campanhas em conjunto. Destaca-se que os gráficos box plot apresentam os seguintes valores, ilustrada na **Figura 8**:

- **Mediana** – medida de distribuição do centro dos dados, fazendo ou não parte destes. Metade das observações está acima desta e metade abaixo. Não é tão influenciado, como a média, por valores discrepantes.
- **Média** – medida de tendência central, resultante da divisão do somatório dos números dados pela quantidade de números somados.
- **Quartis (Q)** – três valores que dividem o conjunto de dados em quatro partes iguais, sendo o primeiro quartil compreendendo 25% dos valores, o segundo quartil corresponde a 50% destes (igual à mediana) e o terceiro quartil 75% dos dados (acima deste estão os valores mais elevados – 25% do total).
- **Limite Inferior (LI)** – haste que se estende do quartil inferior até o valor mínimo não inferior ao limite inferior, na fórmula: $LI = Q1 - 1,5 (Q3 - Q1)$.
- **Limite superior (LS)** - haste que se estende do quartil superior até o valor máximo não maior que o limite superior, na fórmula: $LS = Q3 + 1,5 (Q3 - Q1)$.
- **Outliers** – observações com valores muito altos ou muito baixos, distante do restante dos dados (acima do LS ou abaixo do LI).

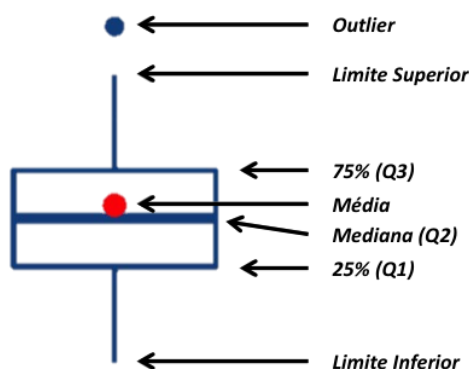


Figura 8 – Exemplo de representação de dados em um gráfico Box plot.

Com relação aos dados obtidos por CTD (temperatura, salinidade e densidade), os gráficos gerados apresentam os valores obtidos pelo equipamento até a profundidade de 200 m, sendo estes dados



utilizados na identificação das massas d'água da região (diagrama TS). Também foi registrado os valores obtidos nas profundidades onde foi realizada a amostragem de água para a análise dos parâmetros químicos e biológicos.

Os dados de CTD foram submetidos a um tratamento preliminar, realizado com o objetivo de reduzir e eliminar dados espúrios decorrentes de falhas de amostragem, assim como a redução do ruído. Além disso, os perfis foram padronizados a um mesmo incremento vertical conforme as seguintes etapas:

- Retirada de dados espúrios.
- Utilização de média móvel em cada perfil.
- Cálculo da densidade (UNESCO, 1991).
- Planilha de dados (interpolador matemático – Cubic Splin).

Ao fim do relatório, há uma avaliação integrada dos dados físico-químicos e biológicos avaliados na 11ª campanha de Monitoramento Ambiental do campo do Parque das Conchas.

Para a realização da análise integrada, devido ao fato de cada parâmetro apresentar unidades de grandezas distintas, primeiramente os dados foram transformados ($\log x+1$) e, posteriormente normalizados.

Para avaliar de forma comparativa o comportamento dos dados, considerando as diferentes profundidades a área do campo, e a espacialidade das estações, foram aplicadas análises multivariadas: Análise de Componentes Principais (PCA, em inglês), Ordenação de Coordenadas Principais (PCO, em inglês). Para determinar a significância das diferenças observadas entre as variáveis biológicas e físico-químicas, foi aplicada a análise de variância PERMANOVA. Para os dados biológicos foram construídas matrizes de similaridade utilizando o índice de *Bray-Curtis* para a observação da dissimilaridade através de nMDS.

Além disso, foram realizadas também as análises BIOENV e de relação, visando à identificação de quais dos parâmetros ambientais (físico-químicos e geoquímicos) mensurados nos diferentes compartimentos (água e sedimento) foram os mais significativos à distribuição das comunidades biológicas e, mais que isto, determinar qual o grau dessa relação.

Toda análise integrada foi realizada com o software PRIMER PERMANOVA versão 7.



4.2. BIOTA

4.2.1. Métodos de Campo

Fitoplâncton

A coleta foi realizada com garrafa Go-Flo em cinco estações (1, 3, 5, 7 e 10), nas mesmas profundidades dos parâmetros químicos (subsuperfície, ACTC e TC), totalizando 15 amostras. Após a coleta, as amostras de 2L foram imediatamente fixadas com formaldeído neutralizado com tetraborato de sódio a uma concentração final de 2% (THRONDSEN, 1978), buscando a preservação dos organismos.

Zooplâncton

O zooplâncton foi coletado no período noturno através de arrastos oblíquos desde a profundidade de 200 m até a superfície em cinco estações de coleta (1, 3, 5, 7 e 10). Em cada arrasto, foi utilizada uma rede bongô composta por dois aros de 0,6 m de diâmetro e duas redes cilíndrico-cônicas de 2,50 m de comprimento, a estrutura da bongô foi utilizada para os arrastos de zooplâncton e ictioplâncton simultaneamente. A malha da rede de zooplâncton utilizada foi de 200 μm de abertura (Figura 9). Foi acoplado um fluxômetro (General Oceanics®), previamente aferido, no centro do aro para estimar o volume de água filtrada (m^3) e um depressor junto ao copo coletor. O tempo médio dos arrastos foi de 10 minutos.

Imediatamente após as coletas, as amostras foram fixadas com formaldeído diluído a 4% em água do mar, previamente tamponado com tetraborato de sódio à razão de 20 g.L^{-1} .

Ictioplâncton

Os ovos e as larvas de peixes foram coletados em cinco estações oceanográficas no entorno do FPSO Espírito Santo (1, 3, 5, 7 e 10). As amostragens foram realizadas durante a noite com a mesma rede bongô utilizada na coleta de zooplâncton. Nesse estudo foi utilizada apenas a malha de 500 μm para análise do ictioplâncton. Foram feitos arrastos oblíquos desde 200 m de profundidade até a superfície com duração média de 10 minutos, com velocidade entre 1,8 e 2,0 nós. Assim como para o zooplâncton, foi utilizado um fluxômetro acoplado ao aro da rede para possibilitar as medições de volume filtrado. O ângulo do cabo da rede foi mantido entre 45° e 60°. Logo após as coletas, as amostras foram fixadas com solução de formaldeído diluído a 4% em água do mar e tamponado com tetraborato de sódio.



Figura 9 – Em sequência, rede de plâncton do tipo bongô durante a 11ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos.

4.2.2. Métodos de Análise

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

Fitoplâncton

A análise do nanoplâncton foi realizada em laboratório a partir de alíquotas de 100 mL, sedimentadas segundo o método de Utermöhl (1958). As amostras foram avaliadas em microscópio invertido Nikon TS100F, sob o aumento final de 400X, com contraste de fase. Os organismos presentes foram quantificados em campos aleatórios até atingir o mínimo de 400 unidades sedimentadas. A identificação em nível específico requer um tratamento diferenciado das amostras desde a coleta até a análise (SOURNIA, 1978; BERGESCH et al., 2008; BICUDO & MENEZES, 2017). Dessa forma, os organismos foram categorizados em nanoplâncton não identificado ou em um nível taxonômico mais abrangente.



A análise do microfitoplâncton foi realizada em laboratório a partir de alíquotas de 100 mL, segundo o método de Utermöhl (1958). As amostras foram avaliadas em microscópio invertido Nikon TS100F, sob o aumento final de 200X, com contraste de fase.

O microfitoplâncton, organismos maiores de 20 µm, foi analisado quali-quantitativamente, sempre que possível em nível de espécie, a partir da contagem de um mínimo de 100 unidades sedimentadas, sob aumento final de 200X, para garantir uma margem de erro inferior a 20% (LUND et al., 1958). Neste caso, 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) (**Tabela 4**).

Em virtude da metodologia utilizada, alguns caracteres morfológicos necessários à identificação em nível específico nem sempre são evidenciados. Deste modo, 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. Os valores quantitativos foram expressos em unidades de densidade (cel.L⁻¹).

A identificação dos organismos foi realizada de acordo com os trabalhos de Cupp (1943), Hasle & Syvertsen (1997), Heimdal (1997), Wood (1968), Taylor (1976), Steidinger & Tangen (1997), Komárek & Anagnostidis (1989, 2005), Komárek et. al. (2014) e Young et. al. (2003).

Os embasamentos teóricos dos sistemas de classificação para circunscrição e arranjo taxonômico em nível de divisões, classes e famílias utilizados foram estes: Round et al. (1990) adaptado por Medlin (2016) e Medlin & Kaczmarska (2004) para as diatomáceas, Fensome et al. (1993) adaptado para os dinoflagelados; Komárek et al. (2014) para as cianobactérias, Kawai & Nakayama (2015) para os cocolitoforídeos e Throndsen (1997) para silicoflagelados.

Esses sistemas são continuamente adaptados a partir dos novos conhecimentos adquiridos através de estudos taxonômicos e genéticos (YOUNG et. al., 2003; JORDAN et. al., 2004; MEDLIN & KACZMARSKA, 2004; GÓMEZ et al., 2012, 2016, 2021; KOMÁREK et al., 2014; KRETSCHMANN et al., 2015; MEDLIN, 2016; BOUTRUP et al., 2016; MOESTRUP & CALADO, 2018; ADL et al., 2018), portanto, algumas espécies foram reenquadradas em novas classes, ordens e famílias. Desta forma, quando necessário, será feita a atualização da classificação baseada em informações pertinentes adquiridas através do portal Algaebase (GUIRY & GUIRY, 2021) fundamentada com bibliografia especializada.



Tabela 4: Códigos utilizados na 11ª Campanha para individualizar os organismos do microfitoplâncton de acordo com a forma e maior dimensão celular.

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

Análise dos Dados

A diversidade específica do microfitoplâncton foi determinada a partir do índice de Shannon-Wiener, definido pela equação $H' = - \sum p_i \log_e p_i$, onde $p_i = N_i/N$, sendo N_i = número de indivíduos do táxon i e N = densidade total da amostra. O índice de Pielou, dado pela equação $H'/\log_e S$, onde H' é a diversidade e S o número de táxons na amostra, foi utilizado para calcular a equitabilidade das amostras. Os cálculos foram efetuados no programa PRIMER PERMANOVA versão 7.

Para verificar se houve diferença significativa ($p < 0,05$) entre as estações a 200, 500 e 1.000 m do FPSO utilizou-se o teste não-paramétrico de Kruskal-Wallis. Essas análises foram realizadas no programa Statistica. A estrutura da comunidade fitoplanctônica foi avaliada através da análise de agrupamento (cluster). A análise de agrupamento foi realizada utilizando-se o coeficiente de similaridade de Bray-Curtis no programa PRIMER PERMANOVA versão 7.

Zooplâncton

Os organismos zooplancônicos foram contados e triados sob microscópio estereoscópio Olympus SZ51. As amostras foram fracionadas com o auxílio do “Folsom Plankton Sample Splitter” (McEWEN 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 Pyrosomida, 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 Pyrosomida. A referência Bonecker et al. (2014) foi utilizada para a identificação de todos os grupos citados acima. Os demais grupos foram todos quantificados: Filo Foraminifera, Filo Cnidaria, Filo Ctenophorae, Filo Mollusca, Filo Annelida, Filo Arthropoda (Infraclasse Cirripedia, Classe Malacostraca e a Classe Ostracoda) e Filo Echinodermata. Esses grupos não são tombados, uma vez que não são identificados a níveis taxonômicos inferiores. Os ovos e as larvas de peixes (Classe Osteichthyes) registrados nas amostras de zooplâncton não são identificados, pois o tamanho da malha utilizada não é adequado e por este motivo não são tombados.

As espécies de copepoditos dos gêneros *Clausocalanus* e *Paracalanus* são referidas como *P.-Calanus* sp., uma vez que os estágios larvais dessas espécies não são distinguíveis (MARTENS, 1995; URIARTE & VILLATE, 2005; ALBAINA & IRIGOIEN, 2007). No entanto, a maioria delas pode ser considerada copepoditos de *Clausocalanus* devido à presença muito maior de adultos desse gênero.

Análise dos dados

Estudos de ecossistemas complexos envolvem normalmente uma multiplicidade de variáveis bióticas e abióticas, ligadas por uma complexa rede de inter-relações e que exigem uma prévia homogeneização dos dados (VALENTIN, 2000). A fim de destacar as semelhanças entre estações de coleta, foi realizada uma análise de agrupamento (Cluster) com base no coeficiente de similaridade de Bray-Curtis (CLARKE & WARWICK, 1994). Também foi realizado o cálculo o índice de Shannon e a equitabilidade de Pielou, conforme fórmulas já descritas no fitoplâncton, através do programa PRIMER PERMANOVA versão 7.



Ictioplâncton

Os ovos e as larvas de peixes foram totalmente triados com auxílio de microscópio estereoscópico (Olympus SZ51). O número de organismos coletados foi extrapolado para um volume padrão de 100 m³.

O volume de água filtrada foi calculado através da fórmula: “ $V = a.n.c$ ”, onde: V = volume de água filtrada pela rede (m³), a = área da boca da rede (m²), n = número de rotações do fluxômetro (rot.) e c = fator de aferição do fluxômetro (m.rot⁻¹).

O número de indivíduos coletados foi extrapolado para um volume padrão de 100 m³ utilizando-se a fórmula: $Y = (x.V^{-1}).100$, onde: Y = número de ovos ou larvas de peixes por 100 m³, x = número de ovos ou larvas coletadas na amostra e V = volume de água filtrada pela rede (m³).

Os organismos foram identificados sob microscópio estereoscópico Zeiss modelo Stemi SV6, até o menor nível taxonômico possível. Utilizou-se bibliografia especializada, tais como: Richards (2006), Bonecker & Castro (2006), Fahay (2007) e Bonecker et al. (2014). As larvas danificadas permaneceram como não identificadas. O inventário de larvas de peixes seguiu a classificação de Nelson et al. (2016). Todos os nomes de famílias e espécies de peixes identificadas foram checados e atualizados seguindo Fricke et al. (2022).

Análise dos Dados

Foi realizada uma análise de agrupamento aglomerativo hierárquico com “group-averaging linking”, utilizando o coeficiente de similaridade de Bray-Curtis (CLARKE & WARWICK, 1994). Esse coeficiente é considerado robusto para estudos com larvas de peixes marinhos, uma vez que conferem mais peso as espécies mais abundantes em relação as mais raras (SÁNCHEZ-VELASCO et al., 2004). O programa estatístico utilizado foi o PRIMER PERMANOVA versão 7. A matriz utilizada incluiu famílias e espécies, quando não havia uma sobreposição de táxons.

5. RESULTADOS

Este item apresenta e discute os resultados das análises da água e da comunidade planctônica referente à 11ª Campanha de Monitoramento Ambiental no Campo Parque das Conchas, na Bacia de Campos. Destaca-se que ao longo da discussão são apresentadas comparações com os resultados das últimas campanhas deste PMA (1ª a 10ª Campanha) e com áreas similares. Os laudos analíticos são disponibilizados no **ANEXO B** (resultados químicos), **ANEXO C** (resultados de toxicidade), **ANEXO D** (resultados de fitoplâncton), **ANEXO E** (resultados de zooplâncton) e **ANEXO F** (resultados de ictioplâncton). Os **ANEXOS E** e **F** também apresentam as informações de Tombo do zooplâncton e do ictioplâncton, respectivamente. Já o **ANEXO G** apresenta a Autorização



de Captura, Coleta e Transporte de Material Biológico (ABIO) concedida pela CGMAC/IBAMA para a amostragem do material biológico, assim como a Declaração de Recebimento das Amostras pela Instituição Depositária.

5.1. PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS

5.1.1. Temperatura, Salinidade e Densidade

Estrutura da coluna d'água

Os perfis verticais de temperatura e salinidade até a profundidade de 200 m são apresentados na **Figura 10** e na **Figura 11**, respectivamente. Nos perfis de temperatura, é possível identificar com maior clareza a presença de uma camada superficial com pouca variabilidade entre a superfície e profundidades que oscilaram entre 120 e 150 m, tendo a termoclina não se mostrado marcante. Esta camada se encontra na zona epipelágica do oceano e é denominada de camada de mistura, uma vez que as águas encontradas neste intervalo interagem com ventos e ondas, misturando a água e distribuindo o calor de forma homogênea. Na base desta camada tem início a termoclina, que é a camada de transição entre as águas mais quentes da superfície a temperaturas mais baixas em direção ao assoalho oceânico. O início desta camada é marcado por uma mudança abrupta dos valores de temperatura e, de forma similar ao observado para a temperatura, é possível identificar maiores valores de salinidade na camada de mistura, promovidos pela evaporação de água na interface ar-água, seguido de um decréscimo dos valores a partir do início da termo-clina (ou haloclina, no caso da variação vertical de salinidade). Considerando-se as profundidades amostradas, os valores de temperatura variaram desde 23,60°C (estação 2 – TC) a 25,17°C (estação 8 – SUP e estação 1 - TC), enquanto a salinidade variou entre 36,90 (estação 11 – SUP) e 37,28 (estação 8 – ACTC).

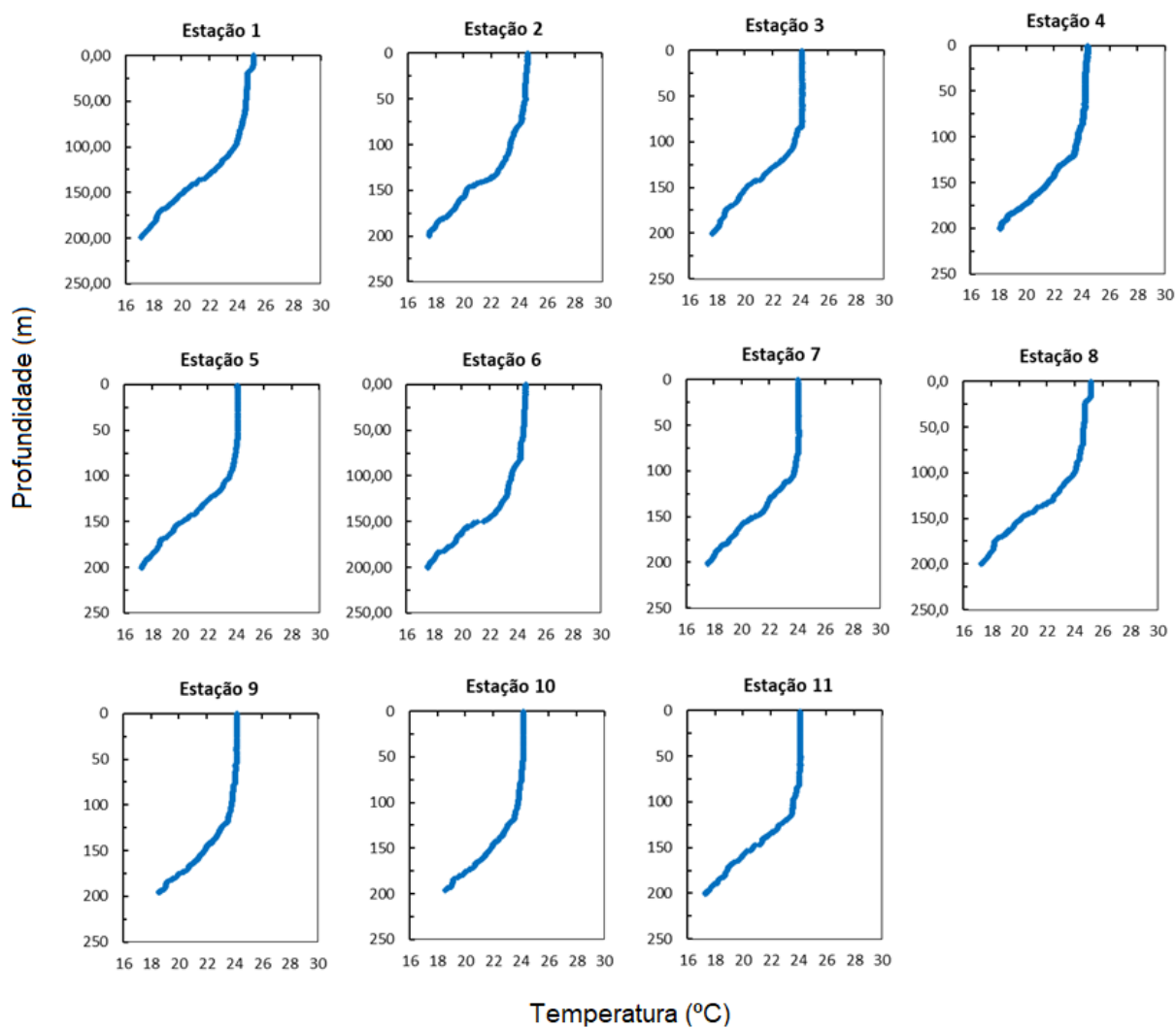


Figura 10: Perfis de temperatura nas estações monitoradas durante a 11ª Campanha de Monitoramento Ambiental do FPSO Espírito Santo, Parque das Conchas, Bacia de Campos.

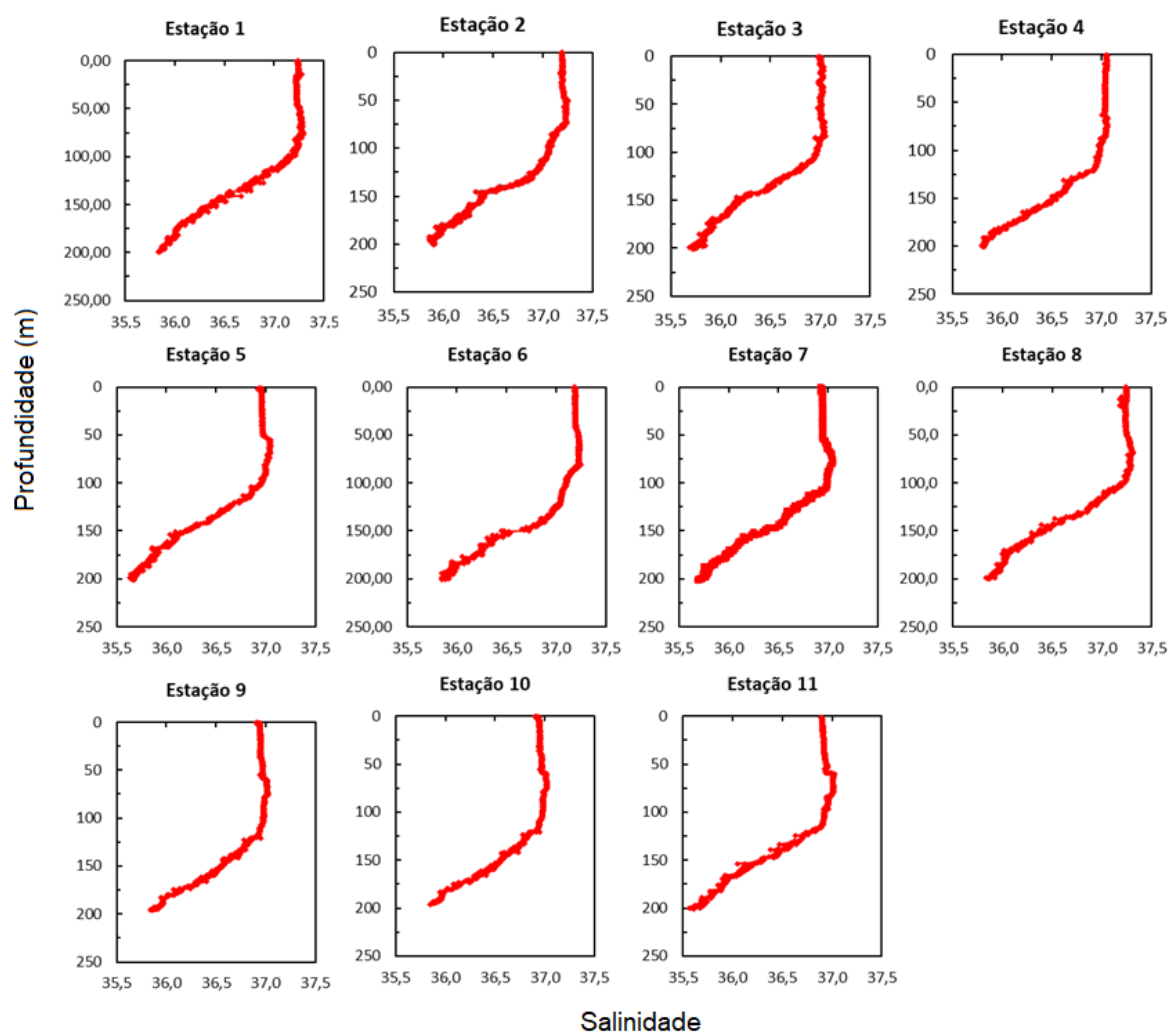


Figura 11: Perfis de salinidade nas estações monitoradas durante a 11ª Campanha de Monitoramento Ambiental do FPSO Espírito Santo, Parque das Conchas, Bacia de Campos amostradas.

Apesar de maiores salinidades contribuírem para o aumento da densidade da água, este parâmetro sofre também o efeito inverso da temperatura, sendo as variações verticais de densidade em regiões quentes mais sensíveis à temperatura do que em relação à salinidade. Desta forma, observa-se na camada de mistura menores valores de densidade do que a partir da termoclina (ou picnoclina para variações de densidade), conforme a **Figura 12**. Os valores de densidade em sigma-T (σ_T) nas amostras variaram de 25,2 (estação 11 - SUP) a 26,1 (estação 4 - TC).

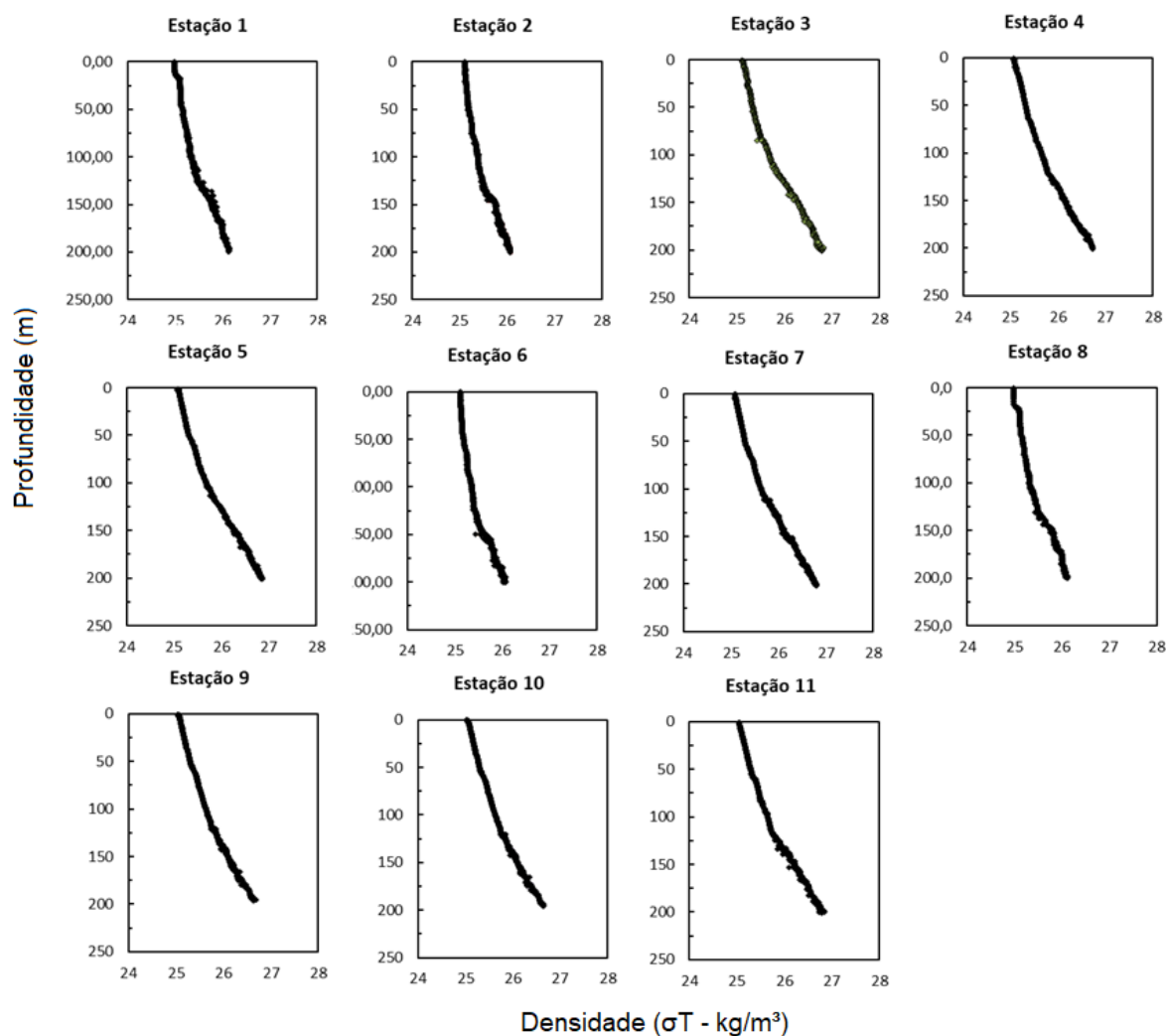


Figura 12: Perfis de densidade nas estações monitoradas durante a 11ª Campanha de Monitoramento Ambiental do FPSO Espírito Santo, Parque das Conchas, Bacia de Campos – profundidades amostradas.

É pertinente pontuar que nos meses de setembro/outubro é comum a ocorrência de frentes frias e durante o período da campanha isso ocorreu. (CPTEC/INPE, 2020). A passagem dessas frentes pode ocasionar alterações na estrutura termal e mistura parcial e/ou completa da coluna d'água (ALCÂNTARA et al., 2010). Acredita-se que este panorama tenha contribuído para que a coluna d'água no período da coleta estivesse mais homogeneizada, estando o início da termoclina em profundidades maiores, conforme é possível observar e na **Figura 10** e na **Figura 11**.



Massas d'água

A partir dos resultados de temperatura e salinidade obtidos é possível identificar as massas d'água que dominaram a região, bem como suas características termohalinas (**Figura 13**). Na camada superficial até profundidades de aproximadamente 200 m foi verificada a presença e predominância de Água Tropical (AT), definida por valores maiores de 18°C e 36 de salinidade, nas camadas superficiais. A Água Tropical (AT) corresponde a uma massa d'água típica na região em consequência da intensa radiação e do excesso de evaporação em relação à precipitação, condição típica do Atlântico Tropical (EMILSON, 1961, SILVEIRA *et al.*, 2000). Com o aumento da profundidade, é possível observar que as águas se tornaram gradativamente mais frias e menos salinas.

A partir de aproximadamente 180 m verificou-se a presença da Água Central do Atlântico Sul (ACAS), caracterizada por Sverdrup (1942) como uma massa de água com uma relação T-S (temperatura-salinidade) quase linear, desde os valores de temperatura e salinidade de 6°C e 34,5 até os valores 18°C e 36, respectivamente. A ACAS é formada na convergência subtropical (entre 30° e 40° S), se deslocando em direção a baixas latitudes e se posicionando em uma camada logo abaixo da AT. Em termos gerais, os resultados obtidos de temperatura e salinidade espelham as características termohalinas das massas d'água da região e estão de acordo com os resultados descritos em estudos anteriores para a Bacia de Campos (PEDROSA *et al.*, 2006; VALENTIN *et al.*, 2006).

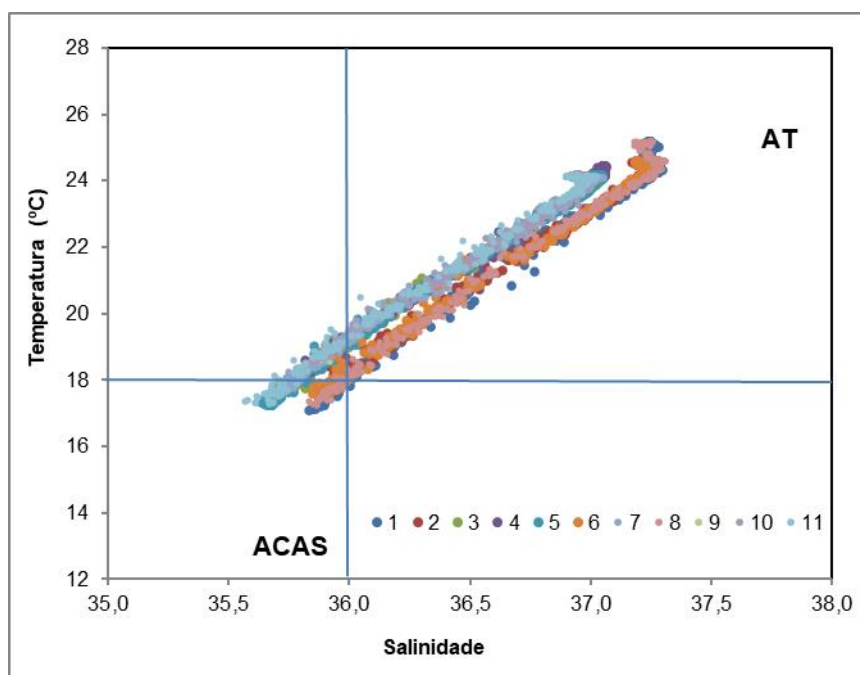


Figura 13: Diagrama TS dos dados amostrados nas estações no entorno do FPSO Espírito Santo durante a 11ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos.

É interessante destacar a predominância de AT ao longo da coluna d'água amostrada, em decorrência de sua maior homogeneidade. Além disso, é pertinente ressaltar que ao longo das campanhas, os valores de temperatura e salinidade, com algumas diferenças em relação ao comportamento da termoclina (camadas bem determinadas ou não), podem estar relacionadas às mudanças sazonais de aspectos meteocenográficos da região.

5.1.2. Oxigênio Dissolvido

As concentrações de OD no entorno do FPSO Espírito Santo nesta 11ª campanha variaram entre 5,51 (estação 4 - ACTC) e 7,36 mg.L⁻¹ (estação 3 - ACTC), com a maioria dos valores em níveis superiores ao mínimo estipulado pela Resolução CONAMA 357/05 para águas salinas classe 1 (6 mg.L⁻¹), como pode ser verificado na **Figura 14**. As concentrações de oxigênio dissolvidos detectadas na atual campanha são consideradas pela literatura como típicos de regiões oceânicas e estão de acordo com os resultados obtidos por Niencheski et al (1999), cujos valores são descritos entre 4 e 9,15 mg.L⁻¹, e por Valentin et al. (2006), com intervalo entre 4,71 e 8,92 mg.L⁻¹. De acordo com o teste de Kruskal-Wallis, houve diferenças significativas entre os raios ($p = 0,6924$).

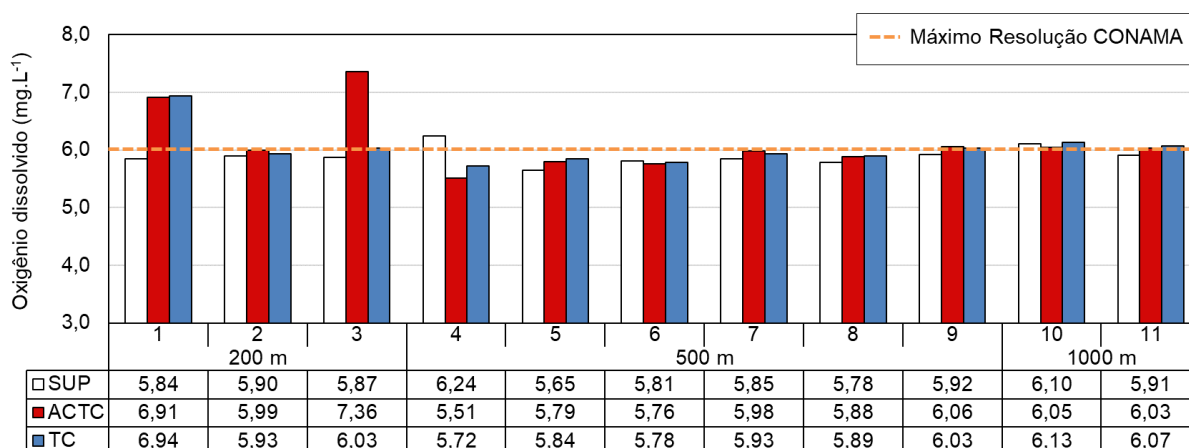


Figura 14: Distribuição das concentrações de Oxigênio Dissolvido (OD) nas estações no entorno do FPSO Espírito Santo durante a 11ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos.

Em comparação com as campanhas anteriores, pode-se observar os resultados de OD da presente campanha ficaram dentro do intervalo verificado nas campanhas anteriores (**Figura 15**). Contudo, os resultados obtidos pelo teste de Kruskal-Wallis indicaram diferenças significativas dos resultados da campanha de 2021 em relação às demais campanhas ($p < 0,05$), com exceção da campanha de 2016, onde não se observou diferenças significativas ($p = 0,2157$).

Pode-se observar que as medianas dos anos de 2021 e 2016 estiveram próximas, tendo este último ano apresentado maior variabilidade de resultados. Já os outros anos, com exceção de 2019, há pequena variabilidade de resultados, com valores medianos relativamente maiores. No entanto, de maneira geral é possível notar a conformidade do histórico.

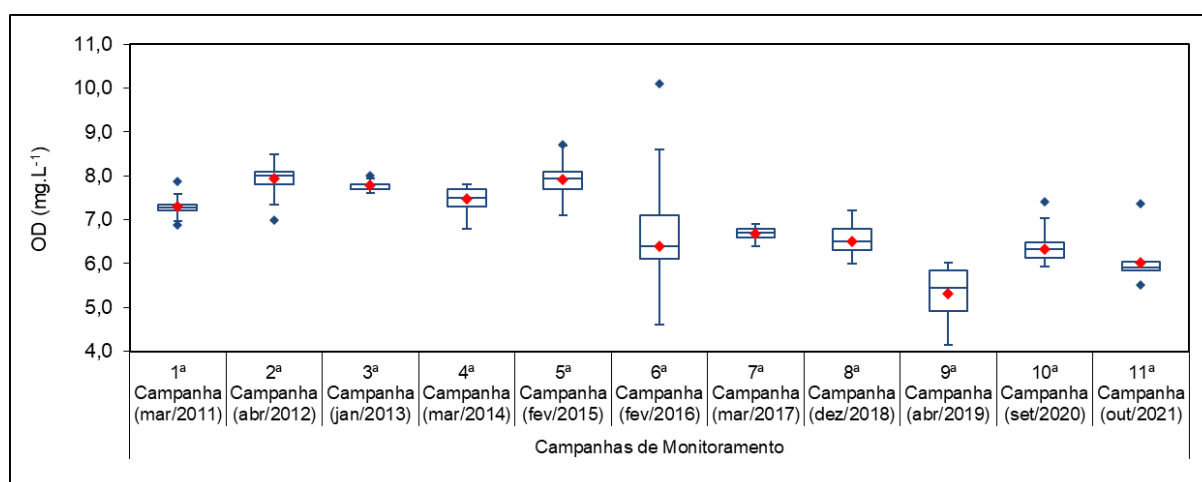


Figura 15: Concentrações de Oxigênio Dissolvido (OD) observadas nas 11 últimas Campanhas de Monitoramento Ambiental realizadas no Parque das Conchas, Bacia de Campos.



5.1.3. Potencial Hidrogeniônico (pH)

Os valores de pH obtidos no entorno do FPSO Espírito Santo na campanha de 2020 (**Figura 16**) variaram de 8,23 (estação 4 – SUP) a 8,83 (estação 11 - ACTC). De acordo com a Resolução CONAMA nº 357/05, os valores de pH em águas salinas devem se manter entre 6,5 e 8,5, tendo apenas o valor máximo ultrapassado este intervalo. No entanto, este resultado levemente superior ao limite da legislação ambiental não se mostra indicativo de impacto decorrente da atividade de produção. Rezende *et al.* (2006) identificou que, na região central da Zona Econômica Exclusiva (entre Salvador, BA, e Cabo de São Tomé, RJ) os valores de pH de até 8,52, são considerados típicos para regiões oceânicas. O pH da água do mar é principalmente estabelecido pela presença do sistema carbônico, de forma que modificações nas concentrações de gás carbônico e carbonatos através da fotossíntese, respiração, trocas oceano-atmosfera e precipitação podem acarretar alterações nos níveis desse parâmetro abiótico (REZENDE *et al.*, 2006; NIENCHESKI *et al.*, 1999).

Apesar do valor máximo observado na estação 11 (controle), o teste estatístico Kruskal-Wallis não indicou diferença significativa ($p = 0,8902$) na série de dados, indicando que, de um modo geral, houve uma semelhança entre as estações.

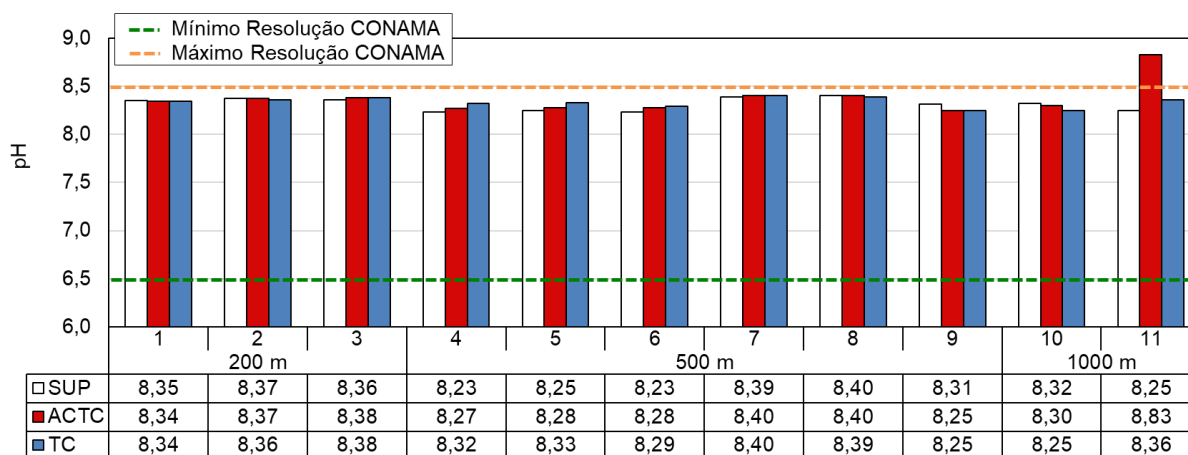


Figura 16: Valores de pH nas estações no entorno do FPSO Espírito Santo durante a 11ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos.

Com exceção do valor máximo observado, o qual foi considerado um *outlier* na análise de *boxplot*, os resultados obtidos na presente campanha estiveram dentro do intervalo de valores observado ao longo do monitoramento (**Figura 17**). Com a realização da análise de variância para observar se houve diferença significativa entre os resultados da presente campanha com os das demais, o teste estatístico identificou que a presente campanha é significativamente diferente de todas as outras campanhas (Kruskal-Wallis, $p < 0,05$).



Com exceção do valor máximo observado na estação 11 (controle), que ultrapassou o limite máximo estabelecido pela Resolução CONAMA, os valores estiveram dentro do observado nas campanhas anteriores. Essas diferenças estatísticas, ambientalmente, podem não ser consideradas relevantes, uma vez que os valores observados são encontrados naturalmente em ambientes marinhos (GARRISON, 2010).

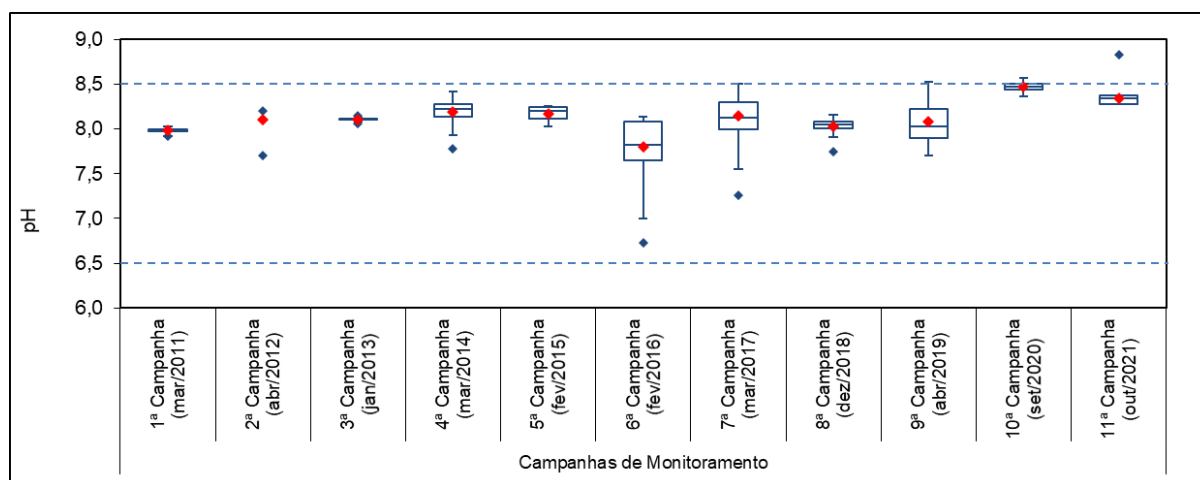


Figura 17: Resultados de pH observados nas 11 últimas Campanhas de Monitoramento Ambiental realizadas no do Parque das Conchas, Bacia de Campos.

5.2. PARÂMETROS INORGÂNICOS

5.2.1. Nitrogênio e Fósforo

No entorno do FPSO Espírito Santo, o nitrato apresentou apenas duas amostras com concentrações quantificáveis de 0,07 (estação 1 - ACTC) e de 0,22 mg.L⁻¹ (estação 2 - ACTC), as demais estiveram abaixo dos limites de quantificação (< 0,05 mg.L⁻¹) ou de detecção do método de análise empregado (< 0,015 mg.L⁻¹). O nitrito apresentou concentrações em todas as amostras variando entre 0,008 mg.L⁻¹ (estação 4 - SUP, estação 8 - SUP, estação 1 - ACTC, estação 8 - ACTC, estação 11 - ACTC, estação 2 - TC, estação 5 - TC e estação 6 - TC) a 0,010 mg.L⁻¹ (estação 6 - SUP, estação 10 - SUP, estação 2 - ACTC, estação 3 - TC, estação 10 - TC e estação 11 - TC). Já as concentrações de nitrogênio amoniacal variaram entre abaixo do limite de quantificação (< 0,010 mg.L⁻¹) (estação 8 - ACTC) e 0,028 mg.L⁻¹ (estação 4 - SUP) (**Figura 18**).

Todos os resultados obtidos no atual estudo mantiveram-se de acordo com os limites estabelecidos pela Resolução CONAMA 357/05 para águas salinas classe 1 (até 0,4 mg.L⁻¹ para nitrogênio amoniacal e nitrato, e até 0,07 mg.L⁻¹ para nitrito).

Nenhum composto da série nitrogenada apresentou diferença significativa entre as estações dos raios de amostragem (nitrato: p = 0,4234; nitrito: p = 0,6553; nitrogênio amoniacal: p = 0,9097).



As concentrações de nitrogênio amoniacal e de nitrito são em geral muito baixas em regiões oceânicas, caracterizando o aspecto oligotrófico dessas regiões. O nitrato é regenerado pelas bactérias a partir da oxidação de formas orgânicas nitrogenadas e participa como principal elemento nutriente para o fitoplâncton, sendo a velocidade de sua disponibilização menor que a de consumo, tornando-o dessa forma um elemento limitante ao desenvolvimento das algas (Rezende *et al.* 2006; Niencheski *et al.*, 1999).

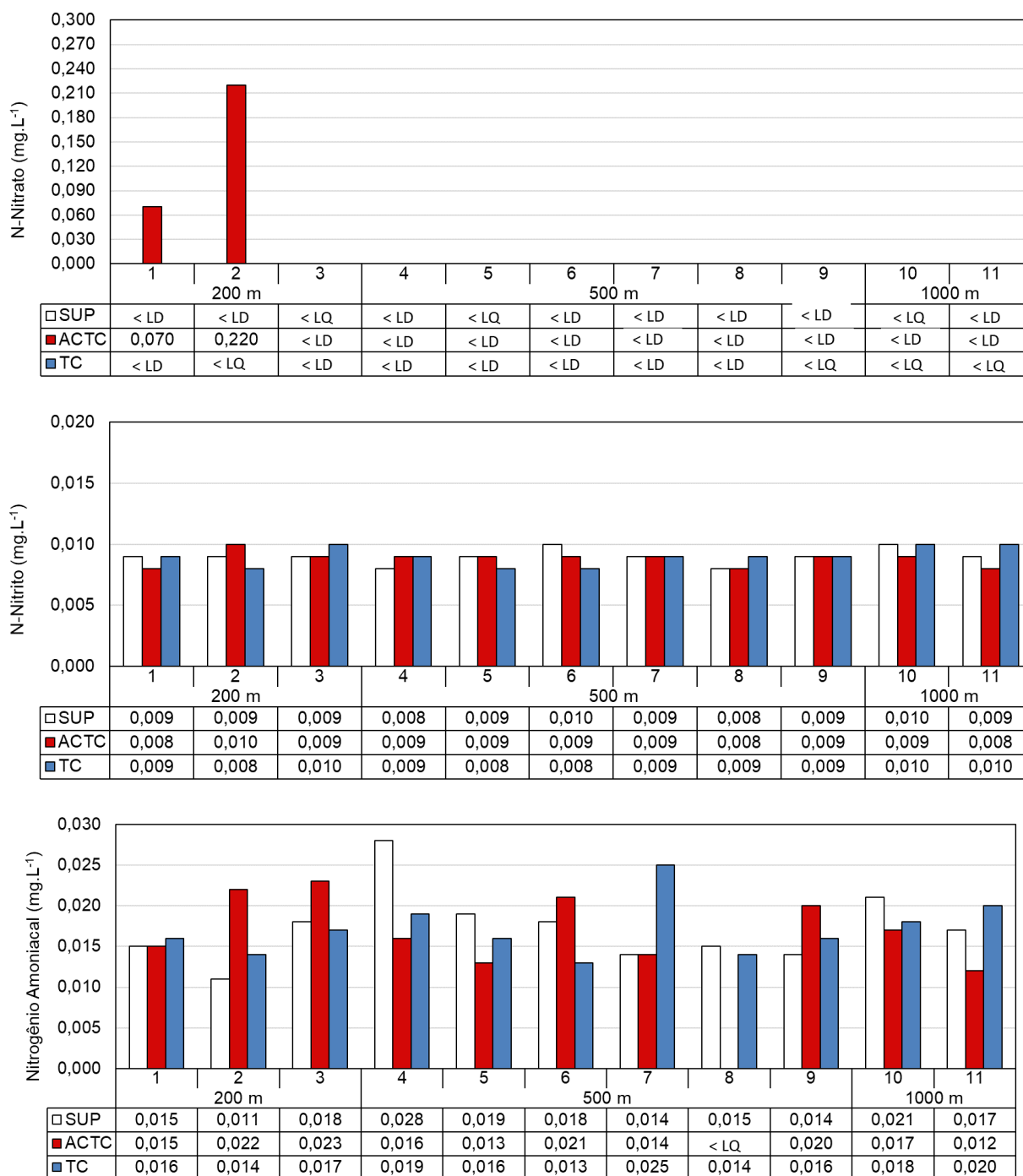


Figura 18: Distribuição das concentrações de nitrato, nitrito e nitrogênio amoniacal nas estações no entorno do FPSO Espírito Santo durante a 11ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos.

Com exceção das concentrações de nitrato da campanha de 2011, que apresentaram valores atipicamente elevados e interpretados como imprecisões analíticas, provavelmente relacionadas com a influência salina no cromatograma, todos os demais resultados se mostraram de acordo com os limites estabelecidos pela legislação ambiental (**Figura 19 e Figura 20**).



Os testes de variância foram aplicados entre os anos que apresentaram concentrações quantificáveis. Assim, os resultados de nitrato de 2021 não foram diferentes estatisticamente apenas dos observados na 8ª campanha ($p = 0,8929$). Com relação ao nitrito, a presente campanha apresentou concentrações mais elevadas, quando comparada às campanhas anteriores, não sendo diferente significativamente apenas à 5ª campanha ($p = 0,1630$). Por fim, as concentrações de nitrogênio amoniacal também foram superiores na presente campanha, sendo diferente estatisticamente a todas as campanhas ($p < 0,05$).

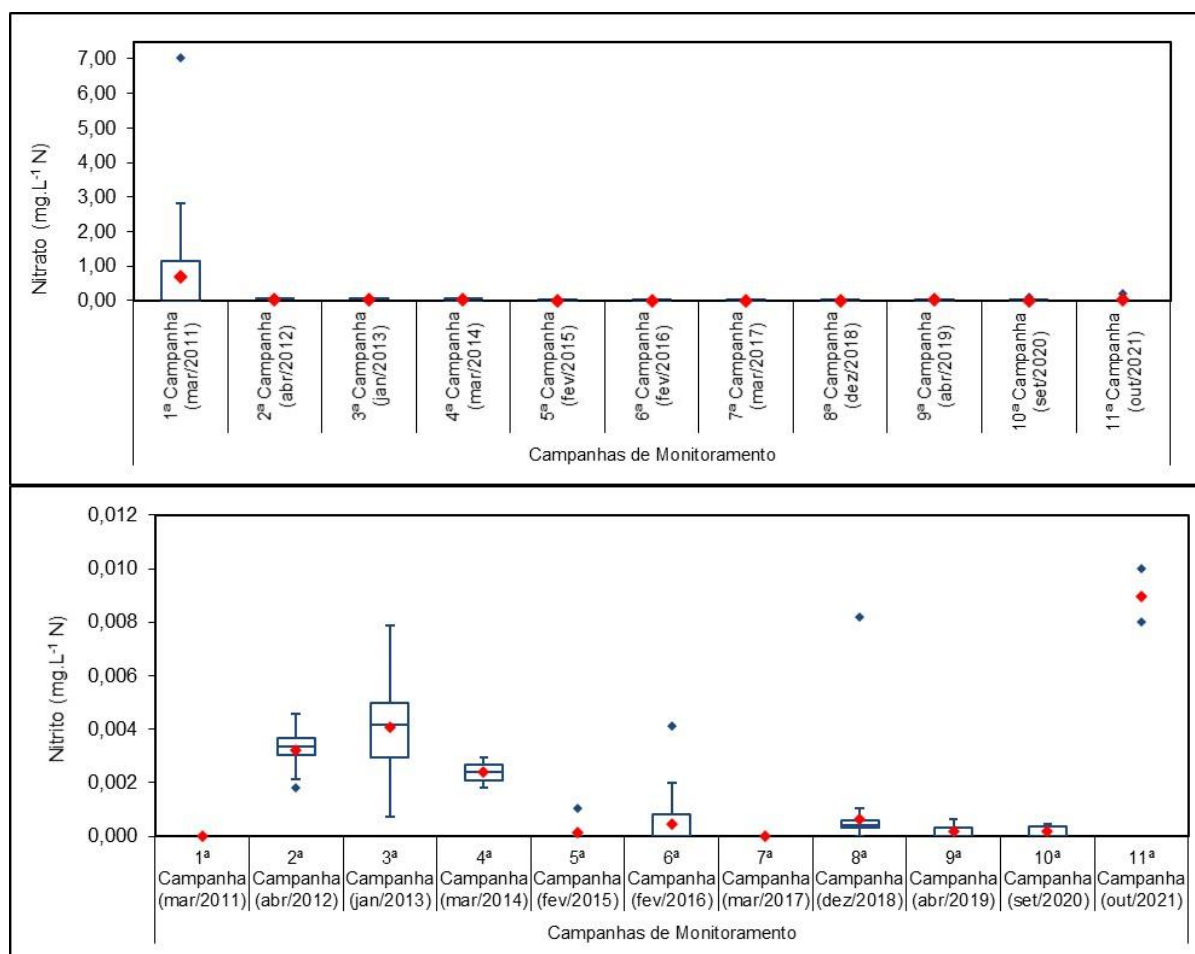


Figura 19: Concentrações de nitrato e nitrito observadas nas 11 últimas Campanhas de Monitoramento Ambiental realizadas no Parque das Conchas, Bacia de Campos.

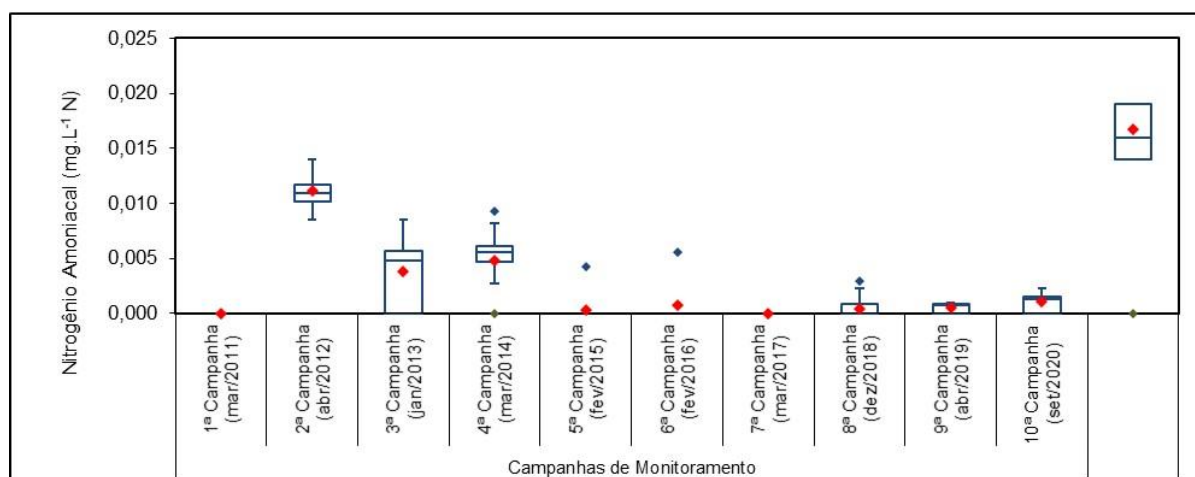


Figura 20: Concentrações de nitrogênio amoniacal observadas nas 11 últimas Campanhas de Monitoramento Ambiental realizadas no Parque das Conchas, Bacia de Campos.

Para fosfato, fração correspondente ao fósforo inorgânico dissolvido na água (ortofosfatos e polifosfatos, formas predominantes nas águas oceânicas), as concentrações verificadas no atual estudo estiveram abaixo do limite de quantificação ($<0,060 \text{ mg.L}^{-1}$) e do limite de detecção do método ($<0,018 \text{ mg.L}^{-1}$). A Resolução CONAMA 357/05 estipula máximo apenas para polifosfatos, correspondente a $0,031 \text{ mg.L}^{-1}$, o que demonstra que as concentrações estão condizentes com o estipulado pela Resolução.

A não quantificação/detecção de fosfato também foi observada em campanhas anteriores, estando os resultados obtidos na presente campanha de acordo com a variabilidade observada nas campanhas anteriores (Figura 21).

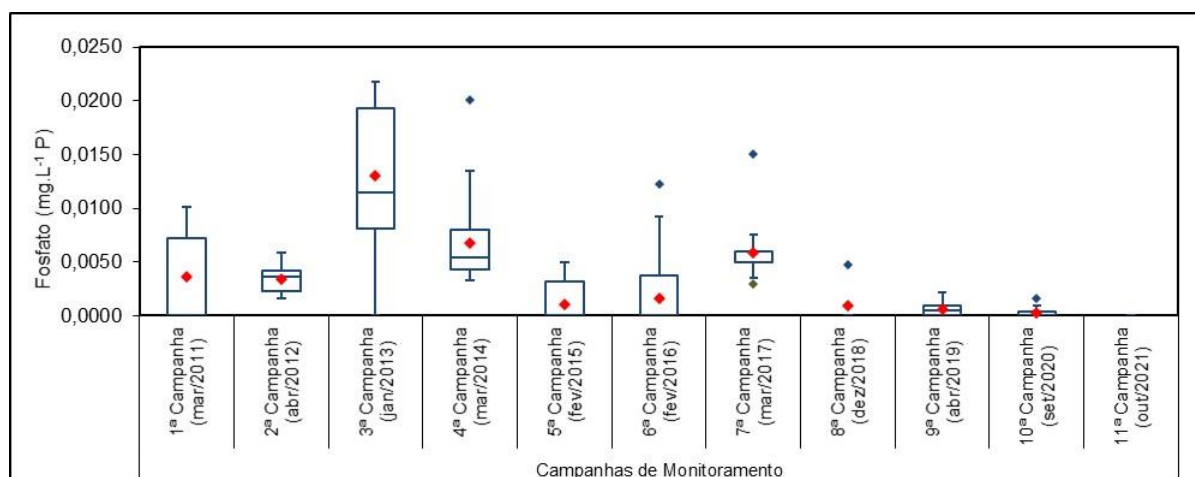


Figura 21: Concentrações de fosfato observadas nas dez últimas Campanhas de Monitoramento Ambiental realizadas no Parque das Conchas, Bacia de Campos.



5.2.2. Clorofila-a

Os resultados de clorofila-a obtidos na 11ª campanha de monitoramento do FPSO Espírito Santo variaram de abaixo do limite de detecção do método ($< 0,003 \mu\text{g.L}^{-1}$) (maioria das amostras) a $2,67 \mu\text{g.L}^{-1}$ (estação 9 – ACTC), sendo observado que as amostras que apresentaram concentrações detectáveis foram aquelas pertencentes às camadas ACTC e TC (**Figura 22**). Este padrão já era esperado, uma vez que a biomassa fitoplanctônica tende a acompanhar as maiores concentrações de nutrientes e radiações solares de menores intensidades, evitando desta forma a camada superficial (CIOTTI *et al*, 2006).

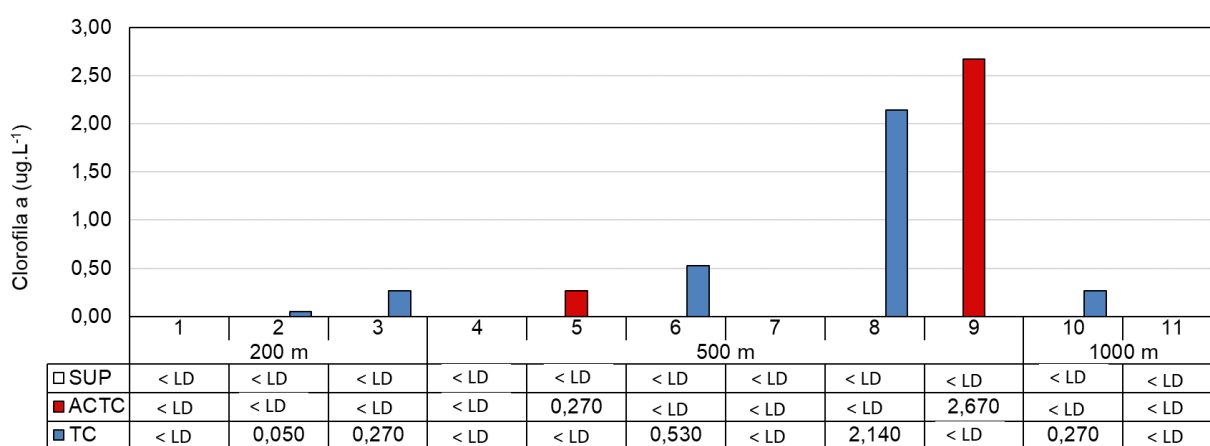


Figura 22: Distribuição das concentrações de clorofila-a nas estações no entorno do FPSO Espírito Santo durante a 11ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos.

Não foram identificadas diferenças significativas (Kruskal-Wallis, $p < 0,05$) entre as concentrações de clorofila-a observadas nos raios de 200, 500 e 1.000 m ($p = 0,0621$). As concentrações observadas na presente campanha foram superiores às obtidas nos anos de 2018, 2019 e 2020, a partir de quando tal parâmetro começou a ser identificado (**Tabela 5**).

Tabela 5: Comparação entre as campanhas dos valores de máximo, mínimo e média da clorofila-a.

Clorofila-a ($\mu\text{g.L}^{-1}$)				
Nº da campanha	Ano	Média	Mínimo	Máximo
8ª	2018	0,005	0,002	0,013
9ª	2019	0,043	0,003	0,130
10ª	2020	0,083	0,043	0,191
11ª	2021	0,188	N.D	2,670

Entre os pigmentos responsáveis pela captura da energia luminosa para a fotossíntese, a clorofila-a é o único que se encontra na maioria das células vegetais. Embora não seja um perfeito descritor da biomassa fitoplanctônica a clorofila-a é amplamente utilizada, sendo inclusive avaliada



atualmente por imagens de satélite. Concentrações inferiores a $2,8 \mu\text{g.L}^{-1}$, como as observadas nesta campanha, são consideradas típicas de regiões oceânicas oligotróficas (CIOTTI *et al*, 2006). Devido às características oligotróficas das águas oceânicas, não são comuns altas concentrações do pigmento nesse ambiente, onde elevações nas concentrações se relacionam comumente a *blooms* algais (LONGHURST, 1993).

5.2.3. Metais

No presente estudo foram analisados os seguintes metais e semimetais: alumínio dissolvido (Al), cobre dissolvido (Cu), ferro dissolvido (Fe), arsênio (As), bário (Ba), berílio (Be), boro (B), cádmio (Cd), chumbo (Pb), cobre total (Cu), cromo (Cr), ferro total (Fe), manganês (Mn), mercúrio (Hg), níquel (Ni), prata (Ag), selênio (Se), tálio (Tl), urânio (U), vanádio total (V) e zinco (Zn). Os metais que não apresentaram concentrações quantificáveis são listados na **Tabela 6**, sendo referidos em sua maioria como elementos traços.

Tabela 6: Metais que apresentaram concentrações abaixo do Limite de Quantificação (LQ) nas estações no entorno do FPSO Espírito Santo durante a 11ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos.

Metais	LQ (mg.L^{-1})	Limite máximo Resolução CONAMA nº 357/05 Águas Salinas Classe 1 (mg.L^{-1})
Berílio Total	0,0002	0,0053
Cádmio Total	0,0005	0,005
Chumbo Total	0,0005	0,01
Cobre Dissolvido	0,005	0,005
Mercúrio Total	0,00009	0,0002
Prata Total	0,0005	0,005
Selênio Total	0,005	0,01

LQ = Limite de Quantificação

O metal cobre dissolvido foi analisado em triplicata, pois seu método de análise apresentou LQ igual ao limite máximo estabelecido pela Resolução CONAMA 357/05, mas nenhuma amostra apresentou concentração quantificável.

Para o metal Bário, foram identificadas concentrações em todas as amostras, tendo os resultados variado entre $0,002 \text{ mg.L}^{-1}$ (estação 10 – ACTC) e $0,0241 \text{ mg.L}^{-1}$ (estação 10 – SUP), não sendo observado um padrão de ocorrência (**Figura 23**). Todos os resultados obtidos estiveram abaixo do limite estabelecido pela Resolução CONAMA 357/05 para águas salinas classe 1, além disso, não foi verificada diferença significativa entre os raios amostrados ($p = 0,1923$), indicando semelhança entre os grupos de estações, especialmente entre aquelas localizadas a 1000 m da plataforma (controle) e as demais.

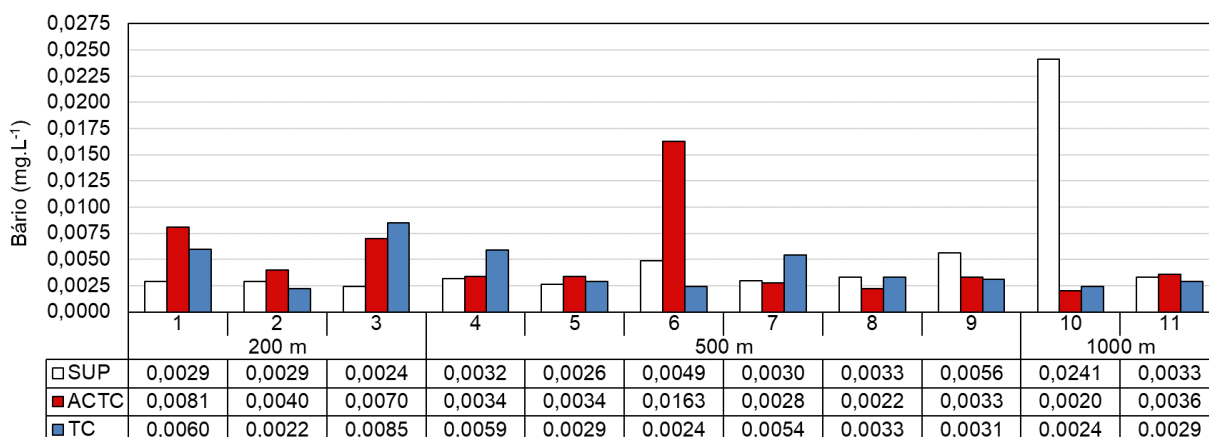


Figura 23: Distribuição das concentrações de bário nas estações no entorno do FPSO Espírito Santo durante a 11ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos.

Para o elemento bário, historicamente, concentrações foram quantificadas apenas em 2020, quando as concentrações oscilaram entre menor $<0,005 \text{ mg.L}^{-1}$ e $0,022 \text{ mg.L}^{-1}$, estando os atuais resultados próximo à esta variação. Cabe ressaltar que o limite de quantificação do método da presente campanha para este metal, é menor que o da campanha anterior, o que permitiu a detecção de concentrações mais baixas.

Deste modo, considerando a detecção de baixas concentrações de bário em todas as amostras, incluindo aquelas coletadas na estação controle, é possível que o bário detectado seja originado por outras fontes externas ao FPSO Espírito Santo.

O manganês apresentou concentração em apenas duas amostras, com valores de $0,002 \text{ mg.L}^{-1}$ (estação 9 – ACTC) e $0,007 \text{ mg.L}^{-1}$ (estação 6 – SUP), tendo os demais resultados estado abaixo do limite de quantificação do método ($< 0,001 \text{ mg.L}^{-1}$). Assim, nenhum valor encontrado para este metal esteve acima do limite estabelecido pela Resolução CONAMA 357/05, que é de $0,1 \text{ mg.L}^{-1}$.

Este metal também foi detectado apenas na campanha de 2020, em uma amostra com concentração de $0,01 \text{ mg.L}^{-1}$, estando os atuais valores próximo ao observado no ano passado. A presença deste metal, em baixas concentrações e em algumas amostras, poderia ser indicativo de interferência do lançamento de água de produção na região, contudo acredita-se que esta afirmativa não se enquadre ao cenário da atividade, tendo em vista que nas estações diretamente sob a influência da água de descarte (200 m) tal elemento não foi observado, bem como a sua aparição em apenas duas amostras. Destaca-se que este valor está abaixo do limite estabelecido pela Resolução CONAMA 357/05, que é de $0,1 \text{ mg.L}^{-1}$.

O vanádio apresentou concentrações acima do limite de quantificação do método em todas as amostras entre $0,0014 \text{ mg.L}^{-1}$ (estação 10 – ACTC) e $0,0019 \text{ mg.L}^{-1}$ (estação 3 – TC), sendo



observada baixa variabilidade entre as estações e profundidades de coleta (**Figura 24**), não sendo identificada diferença significativa entre os raios amostrados ($p = 0,6498$). A Resolução CONAMA 357/05 não estabelece limite máximo para este metal para águas salinas classe 1.

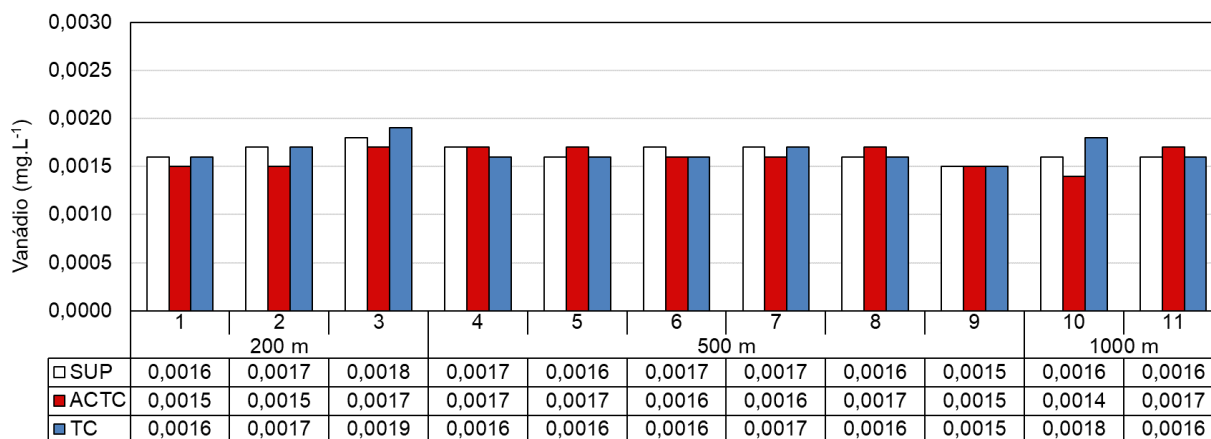


Figura 24: Distribuição das concentrações de vanádio nas estações no entorno do FPSO Espírito Santo durante a 11ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos.

Ao longo do monitoramento, apenas a campanha de 2020 apresentou concentrações quantificáveis de vanádio que variaram entre $<0,005$ e $0,0102 \text{ mg.L}^{-1}$, estando os atuais valores abaixo do observado anteriormente.

Cabe destacar que a detecção deste metal em todas as amostras, porém abaixo do verificado na 10ª campanha, pode estar associada à redução do limite de quantificação do método que em 2020 foi de $0,005 \text{ mg.L}^{-1}$ e o atual é de $0,0005 \text{ mg.L}^{-1}$. Deste modo, a presença deste metal pode estar relacionada a algum fator externo a atividade do FPSO Espírito Santo.

Para o elemento boro, as concentrações variaram entre $2,44 \text{ mg.L}^{-1}$ (estação 2 – SUP) a $3,12 \text{ mg.L}^{-1}$ (estação 9 – SUP), conforme apresentado na **Figura 25**, não sendo verificado valor superior ao nível estabelecido pela Resolução CONAMA 357/05 (5 mg.L^{-1}). Os resultados obtidos nos três raios não foram significativamente diferentes (Kruskal-Wallis, $p = 0,4941$).

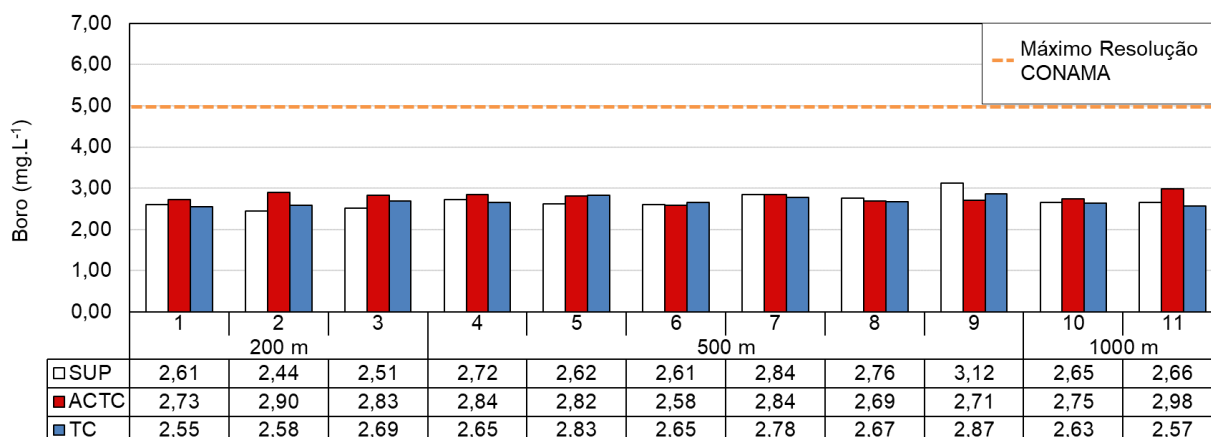


Figura 25: Distribuição das concentrações de boro nas estações no entorno do FPSO Espírito Santo durante a 11ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos.

Os resultados referentes a boro obtidos na presente campanha (2021) mantiveram-se dentro da variabilidade observada nas campanhas anteriores (**Figura 26**). A única campanha que não apresentou diferenças significativas (Kruskal-Wallis, $p < 0,05$) com os resultados obtidos nesta campanha foi a de 2014 ($p = 0,4385$).

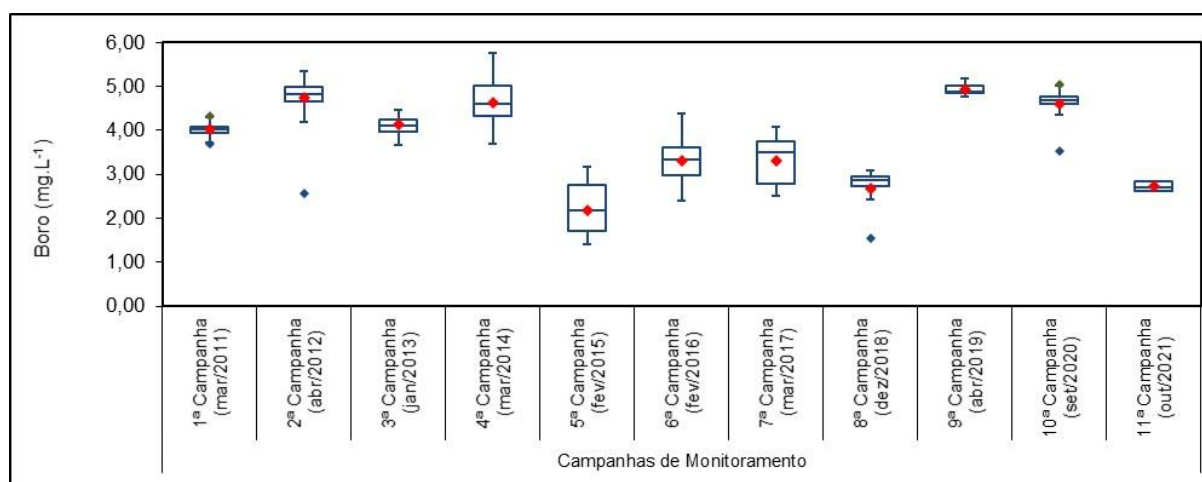


Figura 26: Concentrações de boro observadas nas 11 últimas Campanhas de Monitoramento Ambiental realizadas no Parque das Conchas, Bacia de Campos.

Com relação ao elemento zinco, este apresentou concentrações com valores abaixo do limite de quantificação ($< 0,05 \text{ mg.L}^{-1}$) (maioria das amostras) até $1,81 \text{ mg.L}^{-1}$ (estação 4 – TC), conforme a **Figura 27**. Dois resultados obtidos estiveram acima do limite estabelecido pela Resolução CONAMA 357/05 ($0,09 \text{ mg.L}^{-1}$), por outro lado, apesar destes valores, não foram identificadas diferenças significativas (Kruskal-Wallis, $p < 0,05$) entre os resultados obtidos nos três raios amostrados ($p = 0,5727$).

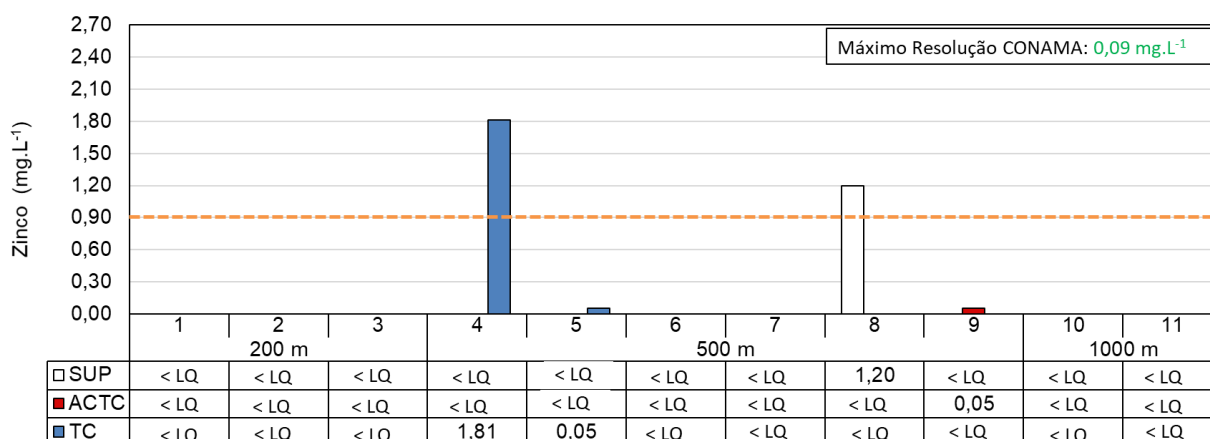


Figura 27: Distribuição das concentrações de zinco nas estações no entorno do FPSO Espírito Santo durante a 11ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos.

No entanto, ressalta-se que a presença de concentrações acima do limite estabelecido pela legislação brasileira para águas salinas classe 1 (**Figura 28**) não havia sido observada ao longo do monitoramento. Deste modo, torna-se importante que seja verificado o comportamento deste metal nas próximas campanhas. Considerando as campanhas que este metal foi quantificado (1ª, 3ª, 4ª, 9ª e 10ª campanhas), a atual série de dados somente não foi diferente das 3ª ($p = 0,3961$) e 4ª campanhas ($p = 0,6922$).

A duas maiores concentrações, as quais estiveram acima do limite máximo estabelecido pela legislação brasileira, foram detectadas no limite da zona de mistura (a 500 m do ponto de descarte do efluente). Por outro lado, não foi observada nenhuma concentração acima do limite de quantificação do método no raio de 200 m,

Cabe destacar também que a concentração máxima verificada na atual campanha foi considerada um *outlier* na análise de *boxplot*, ou seja, uma valor muito diferente do observado na série de dados. Este resultado, pode ser um indicativo de que o valor máximo detectado pode ter sido originado de uma contaminação da amostra ou erro analítico. Contudo, ressalta-se que todos os procedimentos de garantia da qualidade foram assegurados tanto durante a mobilização e desmobilização da coleta, ao longo da amostragem, bem como nas análises laboratoriais, tendo sido reavaliados todos os processos percorridos pelas amostras. Deste modo, é importante a continuidade do monitoramento para observar o comportamento deste metal nas próximas campanhas.

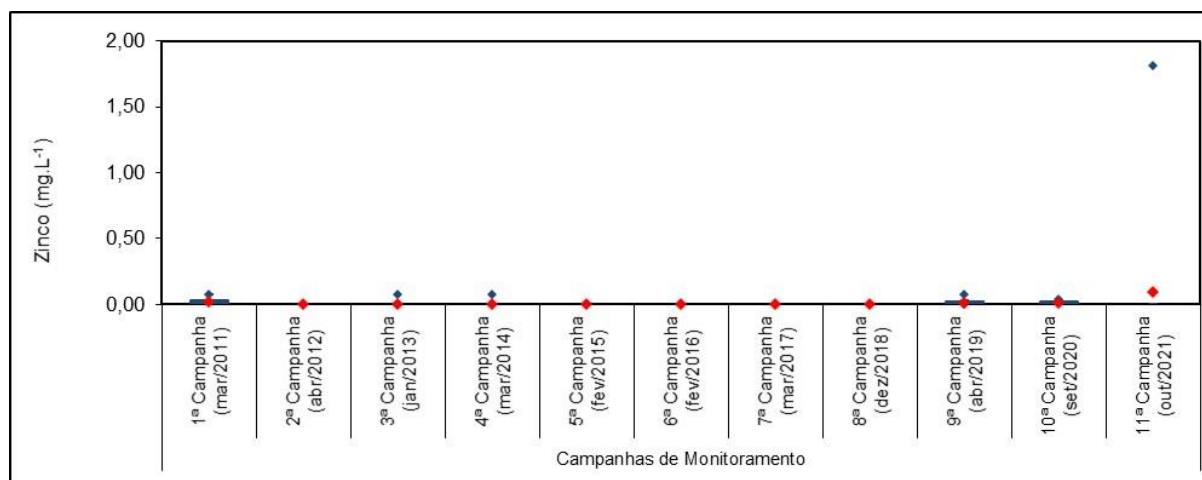


Figura 28: Concentrações de zinco observadas nas 11 últimas Campanhas de Monitoramento Ambiental realizadas no Parque das Conchas, Bacia de Campos.

Com relação ao arsênio, suas concentrações oscilaram de 0,0011 mg.L⁻¹ (estação 2 – SUP) a 0,0017 mg.L⁻¹ (estação 2 – ACTC e estação 10 – ACTC), não sendo verificado um padrão entre as estações e profundidades de coleta (**Figura 29**). Todos os valores encontrados estiveram abaixo do limite máximo estabelecido de 0,01 mg.L⁻¹ pela Resolução CONAMA 357/05 para águas salinas classe 1. Os resultados obtidos nos três raios não foram significativamente diferentes (Kruskal-Wallis, $p = 0,4524$).

Não foram quantificadas concentrações de arsênio nas campanhas anteriores, o que pode estar relacionado ao fato de a atual campanha apresentar limite de quantificação do método (LQ = 0,0001 mg.L⁻¹) menor que os verificados nas campanhas anteriores.

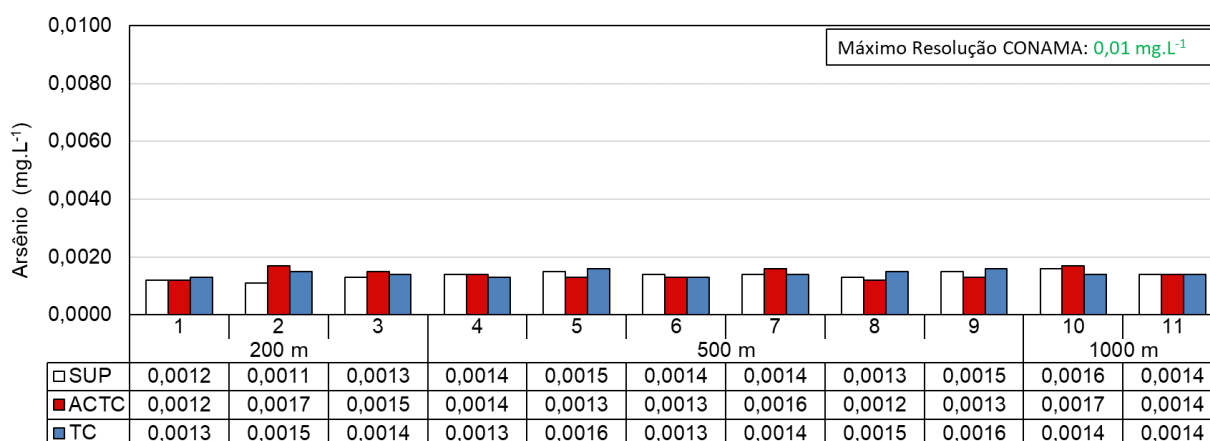


Figura 29: Distribuição das concentrações de arsênio nas estações no entorno do FPSO Espírito Santo durante a 11ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos.



Para o metal urânio as concentrações variaram de 0,00319 mg.L⁻¹ (estações 9 – TC) a 0,00386 mg.L⁻¹ (estações 8 – SUP), sendo possível observar que não houve um padrão ao longo das estações (**Figura 30**). O teste estatístico não indicou diferença significativa entre os raios amostrais (Kruskal-Wallis, $p = 0,7726$). Todas as amostras estiveram abaixo do limite estabelecido pela Resolução CONAMA 357/05 para águas salinas classe 1.

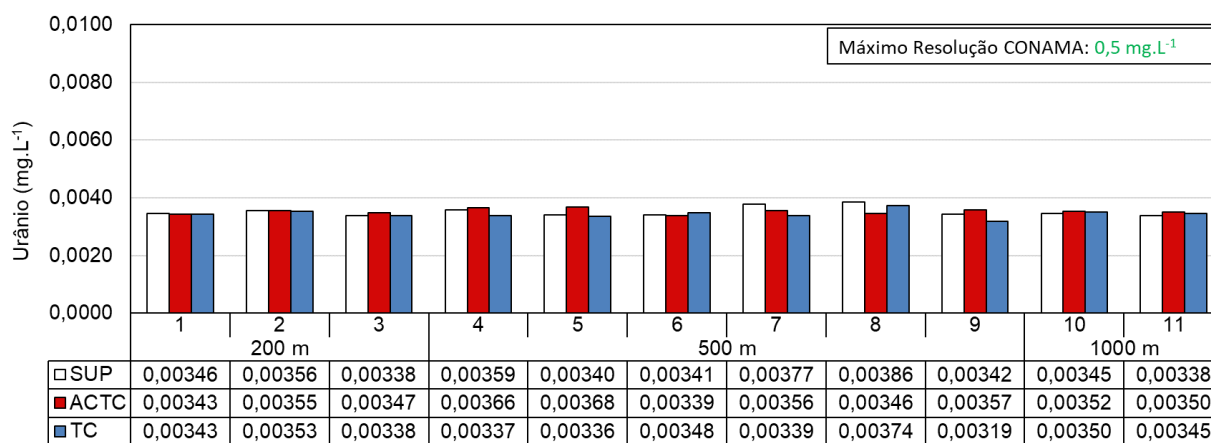


Figura 30: Distribuição das concentrações de urânio nas estações no entorno do FPSO Espírito Santo durante a 11ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos.

O metal cromo apresentou concentração quantificável ($LQ = 0,0005 \text{ mg.L}^{-1}$) em apenas duas amostras com valores de 0,0005 mg.L⁻¹ (estação 8 - SUP) e 0,0012 mg.L⁻¹ (estação 6 – SUP). Ambas apresentaram resultados abaixo do limite máximo de 0,05 mg.L⁻¹ estabelecido pela Resolução CONAMA 357/05 para águas salinas classe 1. O níquel apresentou concentração acima do limite de quantificação do método ($LQ = 0,001 \text{ mg.L}^{-1}$) em apenas uma amostra (estação 6 – SUP) no valor de 0,002 mg.L⁻¹, também estando abaixo do limite máximo de 0,025 mg.L⁻¹ preconizado pela legislação ambiental vigente.

O metal tálio também foi quantificado ($LQ = 0,0005 \text{ mg.L}^{-1}$) em somente duas amostras de concentrações de 0,0010 mg.L⁻¹ (estação 9 – SUP) e 0,0009 mg.L⁻¹ (estação 9 – TC), estando todos os resultados abaixo do limiar (0,1 mg.L⁻¹) preconizado pela Resolução supracitada.

Alumínio e ferro dissolvidos foram quantificados em apenas uma amostra (estação 8 – TC), ambos com o mesmo valor (0,018 mg.L⁻¹). Para estes dois elementos, todos os resultados estiveram em conformidade com o estabelecido pela legislação ambiental brasileira, na qual, para alumínio dissolvido o limite é de 1,5 mg.L⁻¹ e para ferro dissolvido de 0,3 mg.L⁻¹.

Por fim, cobre total foi detectado somente na amostra estação 10 – TC com concentração de 0,01 mg.L⁻¹. A Resolução CONAMA 357/05 não estabelece limite máximo para este elemento.



Ressalta-se que cromo, níquel, tálio, alumínio dissolvido, ferro dissolvido, cobre total e urânio não foram quantificados nas campanhas anteriores, com seus resultados estando em conformidade com a legislação ambiental brasileira. Contudo, é importante destacar que para todos estes elementos, houve uma redução do limite de quantificação do método, o que favoreceu a detecção destes elementos na atual campanha em menores concentrações.

5.2.4. Cianeto livre

Os cianetos são compostos que contêm o radical CN, sendo que a preocupação em relação ao elemento no meio ambiente é devida a sua alta toxicidade, principalmente quando associado ao zinco e cádmio. Na atual campanha, as amostras foram coletadas em triplicata para este parâmetro, pois o valor do limite de quantificação (LQ) do método analítico utilizado é equivalente ao valor máximo estipulado para águas salinas classe 1 pela Resolução CONAMA 357/05 – 0,001 mg.L⁻¹.

Os resultados das análises mostraram que as concentrações de cianeto estiveram abaixo do limite de quantificação (<0,001 mg.L⁻¹) em todas as amostras. Nas campanhas anteriores também não foram quantificadas concentrações de cianeto no entorno do FPSO Espírito Santo.

5.2.5. Fluoretos

Nas estações distribuídas no entorno do FPSO Espírito Santo foram observadas concentrações variando desde concentrações de 0,46 mg.L⁻¹ (estação 8 – ACTC e estação 10 - ACTC) a 0,60 mg.L⁻¹ (estação 8 – TC), sem padrão espacial claro, tanto em relação a coluna d'água quanto em relação à distância da unidade (**Figura 31**). A partir da análise de Kruskal-Wallis não foi verificada diferença significativa entre as três estações (p= 0,4620). Verificou-se que todas as amostras analisadas estiveram inferiores ao limite máximo requerido pela Resolução CONAMA 357/05 para águas salinas classe 1 (1,4 mg.L⁻¹).

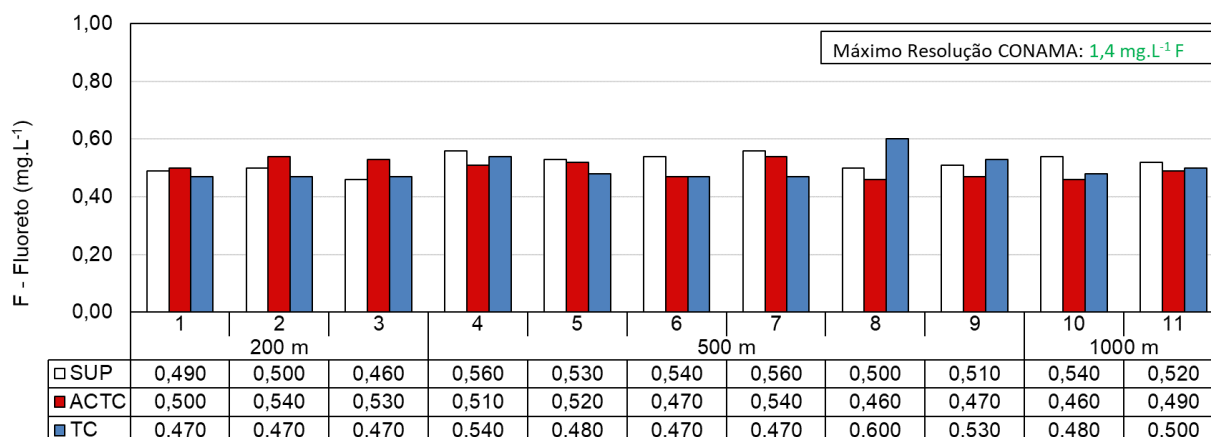


Figura 31: Distribuição das concentrações de fluoreto nas estações no entorno do FPSO Espírito Santo durante a 11ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos.

Os resultados de fluoretos obtidos na atual campanha (2021) mostram-se dentro da variabilidade observada nas campanhas anteriores (**Figura 32**). Apenas alguns resultados obtidos em 2011 e 2013 apresentaram valores que ultrapassaram os limites estabelecidos pela Resolução 357/05 do CONAMA para águas salinas classe 1, resultados estes que provavelmente refletem problemas analíticos. É corriqueiro, em estudos ambientais que utilizam a matriz analítica “água marinha hipersalina”, a ocorrência de interferência do cloreto na identificação e quantificação dos picos aniônicos. Foram observadas diferenças significativas (com $p < 0,0001$) entre a atual campanha e os anos de 2015, 2016, 2017, 2018, 2019 e 2020.

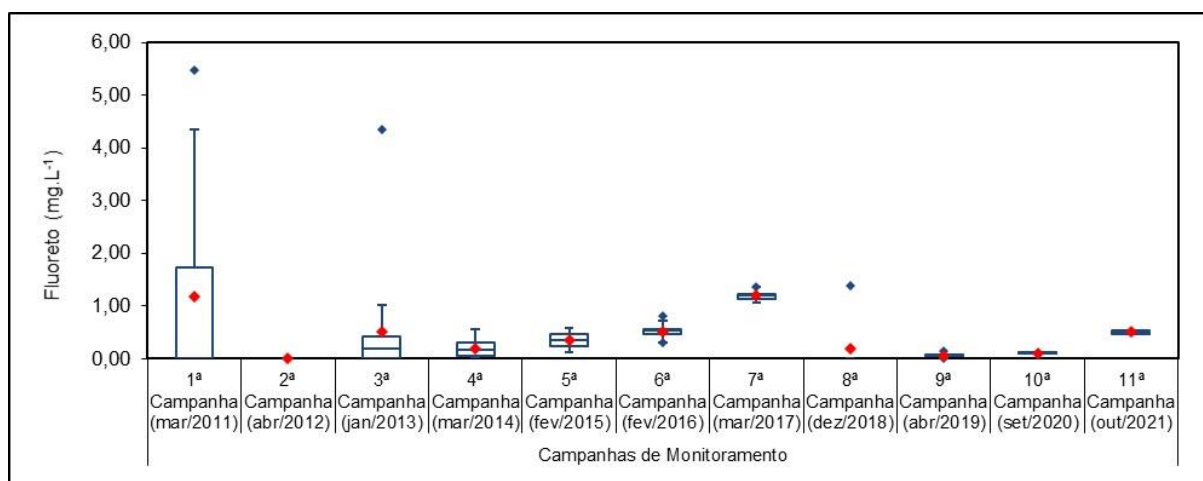


Figura 32: Concentrações de fluoreto observadas nas 11 últimas Campanhas de Monitoramento Ambiental realizadas no Parque das Conchas, Bacia de Campos.



5.2.6. Sulfetos

A partir dos resultados das análises de sulfeto, não foram encontradas concentrações de sulfetos acima do limite de detecção em nenhuma amostra analisada ($LD=0,0004 \text{ mg.L}^{-1}$), como já ocorrido nas campanhas anteriores no entorno do FPSO Espírito Santo, mantendo as características da água condizentes com o estipulado pela Resolução CONAMA 357/05 para águas salinas classe 1 (até $0,002 \text{ mg.L}^{-1}$).

5.2.7. Cloro Residual Total

A análise de cloro residual total no entorno do FPSO Espírito Santo foi realizada em triplicata, não sendo verificada concentração detectável em nenhuma das estações amostradas ($LD=0,003 \text{ mg.L}^{-1}$), resultados inferiores ao máximo requerido para águas salinas classe 1 pela Resolução CONAMA 357/05 ($0,01 \text{ mg.L}^{-1}$). Nas campanhas anteriores não foram quantificadas concentrações de cloro residual em nenhuma estação/profundidade.

5.2.8. Radioisótopos

Os radioisótopos Rádio-226 (^{226}Ra) e Rádio-228 (^{228}Ra) são encontrados nas águas produzidas associados a ocorrências naturais nas rochas de formação. Pikaev (1995) destacou que a radioatividade dessas águas se deve a presença dos dois íons supracitados, além de ^{40}K , ^{238}U e ^{232}Th . OGP (2005) menciona que a influência do Ra no meio ambiente marinho é minimizada por sua co-precipitação com bário na forma de sulfatos e/ou carbonatos. Nas estações no entorno do FPSO Espírito Santo, ^{226}Ra e ^{228}Ra não foram quantificados, tendo ficado abaixo do limite de quantificação em todas as estações ($LQ = 0,44$ e $0,32 \text{ Bq.L}^{-1}$, respectivamente). A Resolução CONAMA 357/05 não preconiza limites para os radioisótopos.

Nas campanhas realizadas anteriormente no entorno do FPSO Espírito Santo, as concentrações de radioisótopos tenderam a uma distribuição aleatória, com maioria de amostras abaixo do limite de quantificação e picos em diferentes estações. Os picos observados na campanha de 2012 chegaram a concentrações anômalas para água do mar, na concentração de $6,04 \text{ Bq.L}^{-1}$ para ^{226}Ra e de $22,5 \text{ Bq.L}^{-1}$ para ^{228}Ra (resultados omitidos na **Figura 33** para não comprometer a visualização dos demais dados), enquanto nas demais campanhas o comportamento foi mais similar, em geral com concentrações similares com maioria das amostras com concentrações abaixo do limite de detecção, especialmente, para ^{228}Ra .

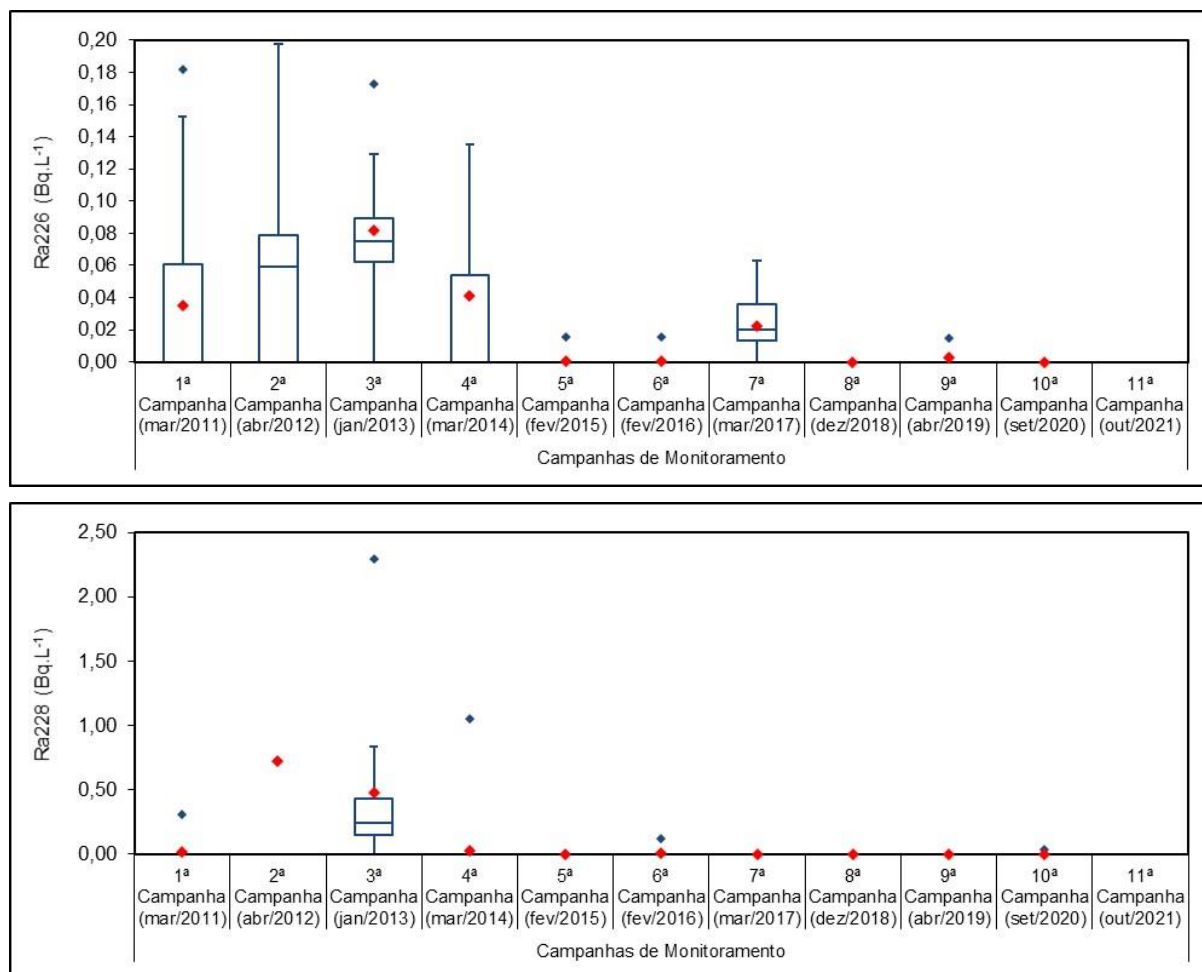


Figura 33: Concentrações de 226Ra e 228Ra observadas nas 11 últimas Campanhas de Monitoramento Ambiental realizadas no Parque das Conchas, Bacia de Campos.

5.3. PARÂMETROS ORGÂNICOS

5.3.1. Carbono Orgânico Total (COT)

As concentrações de carbono orgânico total (COT) observadas no entorno do FPSO Espírito Santo no atual estudo apresentaram valores que variaram de $< 0,5 \text{ mg.L}^{-1}$ (estação 11 – SUP e estação 3 - ACTC) a $2,50 \text{ mg.L}^{-1}$ (estação 3 - SUP), como pode ser observado na **Figura 34**. A Resolução CONAMA 357/05 estabelece o limite de 3 mg.L^{-1} de COT para águas marinhas classe 1, limite este que não foi ultrapassado por alguma das estações. Diferenças significativas (Kruskal-Wallis, $p < 0,05$) entre os raios de amostragem não foram verificadas entre os raios de 200, 500 e 1000 m ($p = 0,5926$).

Além disso, comparando com os resultados obtidos ao longo do monitoramento no entorno do FPSO Espírito Santo, as concentrações de COT observadas na atual campanha não apresentaram



diferenças significativas (Kruskal-Wallis, $p < 0,05$) apenas em relação aos resultados obtidos nas campanhas de 2019 e 2020 (**Figura 35**).

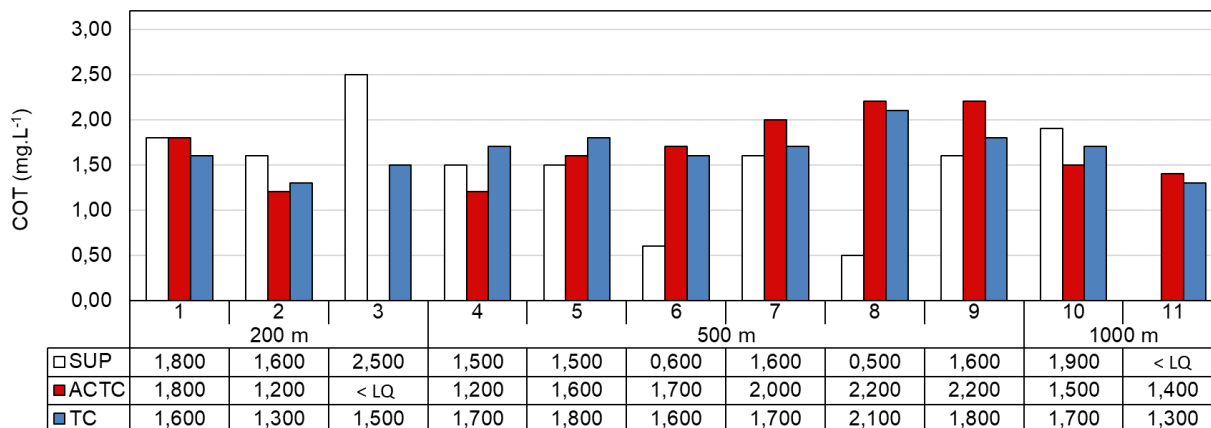


Figura 34: Distribuição das concentrações de Carbono Orgânico Total (COT) nas estações no entorno do FPSO Espírito Santo durante a 11ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos.

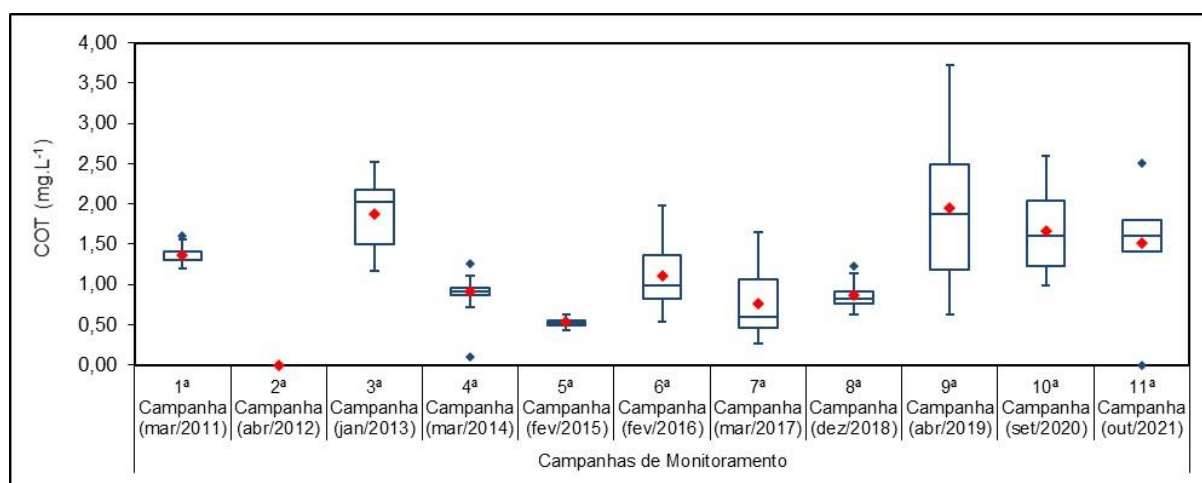


Figura 35: Concentrações de COT observadas nas 11 últimas Campanhas de Monitoramento Ambiental realizadas no Parque das Conchas, Bacia de Campos.

5.3.2. Surfactantes

Na presente campanha, nenhuma amostra apresentou concentrações detectáveis ($LD = 0,03 \text{ mg.L}^{-1}$) de surfactantes, assim como na maioria das campanhas realizadas desde 2011, quando não se obteve concentrações de surfactantes acima do limite de quantificação. A Resolução CONAMA 357/05 estabelece o valor máximo de $0,2 \text{ mg.L}^{-1}$ para águas salinas classe 1.

A exceção foi a campanha de 2019, quando foram verificadas concentrações quantificáveis que variaram desde $0,13 \text{ mg.L}^{-1}$ a $0,27 \text{ mg.L}^{-1}$. Sendo assim, apesar de nesta campanha não terem sido



quantificados surfactantes, sua aparição na 9ª campanha denota a necessidade da continuidade do acompanhamento deste parâmetro nas próximas campanhas.

5.3.3. Bifenilas policloradas (PCBs)

As bifenilas policloradas (PCBs) são compostos orgânicos persistentes, pouco solúveis, com potencial de bioacumulação e bioconcentração, representando, com isso, uma ameaça à biota (PENTEADO; VAZ, 2001). Não foram detectadas concentrações de PCBs ($LD=0,00002 \mu\text{g.L}^{-1}$) no presente estudo. Os PCBs também não apresentaram concentrações quantificáveis/detectáveis nas campanhas anteriores, realizadas anualmente desde 2011. Salienta-se que o máximo para PCBs em águas salinas classe 1 segundo a Resolução CONAMA 357/05 é de $0,03 \mu\text{g.L}^{-1}$.

5.3.4. Tributilestanho

Champ (2000) destacou que embora nos últimos anos tenham surgido medidas impeditivas/restritivas em diversos países, as tintas anti-incrustantes a base de tributilestanho (TBT) já foram intensamente utilizadas em estruturas submetidas ao contato direto e prolongado com água do mar, como cascos de embarcações, instalações oceânicas e dutos submarinos.

Assim como para o cloro residual e cobre dissolvido, o Tributilestanho também foi analisado em triplicata, não sendo verificada concentração detectável em nenhuma das estações amostradas ($LD=0,003 \mu\text{g.L}^{-1}$), resultados inferiores ao máximo requerido para águas salinas classe 1 pela Resolução CONAMA 357/05 ($0,01 \mu\text{g.L}^{-1}$).

Em 2020 foram encontradas concentrações quantificáveis de Tributilestanho em oito amostras oscilando entre $0,0011$ e $0,0052 \mu\text{g.L}^{-1}$. Já em 2019 foram quantificadas concentrações em seis amostras, tendo os valores variado entre $0,0014$ e $0,0034 \mu\text{g.L}^{-1}$. Todas as concentrações estiveram de acordo com a legislação ambiental vigente.

5.3.5. Hidrocarbonetos e Fenóis

No presente trabalho foram avaliados os 16 hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (HPAs) considerados como prioritários segundo a USEPA em função de suas comprovadas características mutagênicas e carcinogênicas: 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-c,d)pireno, dibenzo(a,h)antraceno, benzo(ghi)perileno. Também foram avaliados os hidrocarbonetos alifáticos (C10 a C40), incluindo-se os n-alcenos, pristano, fitano, hidrocarbonetos resolvidos de petróleo (HRP), mistura complexa não resolvida (MCNR) e hidrocarbonetos totais de petróleo (HTP), além de fenóis totais.



Concentrações de hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (HPAs) não foram verificadas, estando abaixo do LD ($<0,0015 \mu\text{g.L}^{-1}$). A Resolução CONAMA 357/05 estabelece limite de até $0,018 \mu\text{g.L}^{-1}$ em águas salinas classe 1 para corpos de água onde haja pesca ou cultivo de organismos para fins de consumo intensivo (mais restritivo), sendo este limite aplicável apenas para os compostos benzo(a)antraceno, benzo(a)pireno, benzo(b)fluoranteno, benzo(k)fluoranteno, criseno, dibenzo(a,h)antraceno e indeno(1,2,3-cd)pireno, estando assim os resultados em conformidade com a legislação.

Os hidrocarbonetos alifáticos ocorrem naturalmente na água do mar em concentrações que variam entre <1 e $10 \mu\text{g.L}^{-1}$, em função da significativa produção biogênica, enquanto concentrações de n-alcenos de até $16 \mu\text{g.L}^{-1}$ são reportadas na literatura como indicativas de uma contribuição antropogênica baixa ou ausente (PETROBRAS, 2013). Na presente campanha não foram detectadas concentrações (LD= $0,30 \mu\text{g.L}^{-1}$) em quaisquer amostras, o que está em conformidade com o histórico, à exceção do ano de 2019, que apresentou concentrações para n-alcenos de 27,2 e $33,4 \mu\text{g.L}^{-1}$.

Considerando o parâmetro MCNR, este geralmente é considerado como uma mistura de muitos isômeros e homólogos estruturalmente complexos de hidrocarbonetos ramificados e cíclicos que não podem ser discriminados, no entanto, usando técnicas de degradação química, foi demonstrado que a MCNR consiste principalmente de cadeias de carbono lineares conectadas em pontos de ramificação, que resultam em moléculas em forma de "T", sendo resistentes à degradação (BOULOBASSI; SALIOT, 1993). A razão entre MCNR e os hidrocarbonetos resolvidos (HRP) é utilizada para indicar o grau de degradação dos compostos orgânicos. Na atual campanha não houve detecção para quaisquer das amostras (MCNR: LD= $13,30 \mu\text{g.L}^{-1}$; HRP: LD= $0,30 \mu\text{g.L}^{-1}$).

Para a presente campanha foram também analisados os compostos BTEX (benzeno, tolueno, etilbenzeno e xilenos) e fenóis. Para ambos os compostos, em nenhuma amostra houve detecção (BTEX: LD = $0,008 \mu\text{g.L}^{-1}$; Fenóis: $1 \mu\text{g.L}^{-1}$).

Ao longo do monitoramento do FPSO Espírito Santo, apenas em 2020, foram identificados índices de fenóis cuja variação foi de $41 \mu\text{g.L}^{-1}$ a $60 \mu\text{g.L}^{-1}$.

A Resolução CONAMA 357/05 estabelece para os compostos benzeno, tolueno e etilbenzeno os limites de até 700, 215 e $25 \mu\text{g.L}^{-1}$, respectivamente, enquanto para os fenóis totais o limite superior estabelecido por esta legislação é de $60 \mu\text{g.L}^{-1}$. Deste modo, os atuais resultados estiveram em conformidade com a legislação brasileira para estes parâmetros.



Desta forma, com relação aos compostos orgânicos analisados no entorno do FPSO Espírito Santo, todos os resultados obtidos estiveram em conformidade com o preconizado pela Resolução CONAMA 357/05, bem como de acordo com o histórico do monitoramento.

5.3.6. Óleos e Graxas

Além dos hidrocarbonetos, um parâmetro que demanda preocupação em relação às atividades petrolíferas e, em especial, ao descarte de água produzida, é o teor de óleos e graxas ou TOG. O parâmetro é o único para o qual são estipuladas concentrações máximas na água produzida pela Resolução CONAMA 393/07, correspondentes a média aritmética simples mensal de até $29,0 \text{ mg.L}^{-1}$, com máximo diário de $42,0 \text{ mg.L}^{-1}$. No presente estudo, assim como nas campanhas anteriores não foram verificados óleos e graxas em nenhuma estação, mesmo nas localizadas a 200 m da FPSO Espírito Santo, fato que reforça a hipótese de ausência de influência das atividades do FPSO nas águas de entorno.

5.4. ECOTOXICIDADE

Os testes de toxicidade auxiliam a observar possíveis efeitos da qualidade da água na biota aquática, posto que o efeito sinérgico de poluentes possa representar uma ameaça não detectada na análise individual de determinados indicadores. No presente monitoramento foram realizados testes de efeito agudo, através da exposição do microcrustáceo *Mysidopsis juniae*, e crônico, avaliados efeitos nocivos aos embriões do ouriço *Echinometra lucunter* (retardamento e/ou ocorrência de anomalias no desenvolvimento até larva pluteus – representado em percentual de embriões afetados).

Os testes de toxicidade aguda foram realizados nas amostras de água do mar das onze estações monitoradas no entorno do FPSO Espírito Santo, por um período de 96 horas em um sistema estático com efeitos sobre a sobrevivência, observado a cada 24 horas. Não foi observada mortalidade em nenhuma amostra, não indicando toxicidade.

Os testes de toxicidade crônica corroboraram a ausência de toxicidade sobre a biota, como pode ser observado na **Tabela 7**. Nestes ensaios, foram avaliados efeitos nocivos aos embriões do ouriço *Echinometra lucunter* após exposição de ovos do organismo às amostras de água do mar por um período entre 24 e 28h. Os resultados em cada estação/profundidade foram representados em percentual (%) de pluteus normais. Os menores percentuais de larvas pluteus normais foram verificados na amostra da estação 3 – ACTC (81,5%). É pertinente ressaltar que todos os resultados obtidos foram indicativos de ausência de toxicidade, uma vez que não apresentaram diferenças significativas (Teste de “Dunnett”) em relação aos resultados obtidos por ambos os controles



empregados, onde o percentual de pluteus normais foi de 83,8%, 89,5 e 91,8%. Portanto, os resultados estiveram em acordo com o preconizado pela Resolução CONAMA 357/05.

Tabela 7: Resultados do teste de ecotoxicidade crônica no entorno do FPSO Espírito Santo durante a 11ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos.

<i>Echinometra lucunter</i> - Pluteus normais (%)				
Raio / Estação		Sup	ACTC	TC
200 m	1	86,0	85,0	85,5
	2	89,0	88,0	86,5
	3	85,2	81,5	91,8
500 m	4	89,5	88,2	89,2
	5	86,8	89,0	88,8
	6	89,8	88,5	89,0
	7	89,2	90,8	90,2
	8	88,0	90,8	87,8
	9	90,0	88,2	93,2
1.000 m	10	90,0	91,5	89,2
	11	92,8	90,5	90,0

5.5. BIOTA

5.5.1. Fitoplâncton

As amostras de fitoplâncton foram coletadas juntamente com as amostras para análises químicas nas mesmas profundidades, em cinco estações (estações 1, 3, 5, 7 e 10), distribuídas na malha amostral da 11ª campanha realizada no entorno do FPSO Espírito Santo. Destaca-se que o inventário florístico com o enquadramento taxonômico e densidade celular de cada organismo é apresentado no **ANEXO D**.

5.5.1.1. Composição específica

O fitoplâncton estudado pode ser dividido em função do tamanho dos organismos: nanoplâncton e microfitoplâncton. Os organismos do nanoplâncton tem reduzido tamanho (2 a 20 µm), o que dificulta a identificação das espécies em análises de rotina, conforme detalhado na metodologia. Para o nanoplâncton, na atual campanha foram identificados 5 táxons, sendo eles o nanoplâncton não identificado (1 táxon), Diatomácea (1 táxon), Dinoflagelado (1 táxon), Cianobactéria (1 táxon) e Cocolitoforídeo (1 táxon).

Por outro lado, a comunidade microfitoplanctônica (> 20 µm) permitiu uma análise mais profunda e foi dividida em grandes grupos (categorias taxonômicas como classes e até mesmo grupos artificiais): diatomáceas (Bacillariophyta), dinoflagelados (Dinophyta), silicoflagelados



(Chromophyta – Classe Dictyochophyceae), cianobactérias (Cyanophyta), e cocolitoforídeos (Haptophyta – Classe Coccolithophyceae) de forma que a composição da comunidade do microfitoplâncton pode ser analisada mais profundamente, conforme será abordado adiante.

Na atual campanha no entorno do FPSO Espírito Santo, o microfitoplâncton foi composto por 103 táxons distintos, pertencentes a diferentes grupos do fitoplâncton, sendo a maioria dinoflagelados (49 táxons), seguido pelas diatomáceas (34 táxons), cocolitoforídeos com 14 táxons, cianofíceas com 5 táxons e silicoflagelados com apenas 1 táxon, conforme mostra a **Figura 36**. A predominância de diatomáceas e de dinoflagelados na comunidade microfitoplanctônica, totalizando 80,6% do total de número de táxons, é comum nos ambientes oceânicos, conforme reportado por diversos autores para regiões no Atlântico Sul (TENENBAUM *et al.*, 2007; OLGUÍN *et al.*, 2006). Segundo Hallegraeff (1984) a importância das diatomáceas está associada à sua grande participação na produção primária marinha e sua biodiversidade. Já os dinoflagelados formam parte da alimentação de vários organismos planctônicos e conseqüentemente, são muito importantes na transferência de energia na rede trófica, sendo comum a dominância de dinoflagelados sob diatomáceas em águas oceânicas (TENENBAUM *et al.*, 2006; PASSAVANTE *et al.*, 1982; MARGALEF, 1972). A campanha atual demonstra seguir o padrão de contribuição observado nas campanhas pretéritas, com a composição do microfitoplâncton apresentando também a predominância de diatomáceas e de dinoflagelados frente aos demais grupos, seguidos de cocolitoforídeos (contribuição sempre superior a 12%). As cianofíceas contribuíram com menos de 7%, assim como nas campanhas pretéritas.



Contribuição por grupo

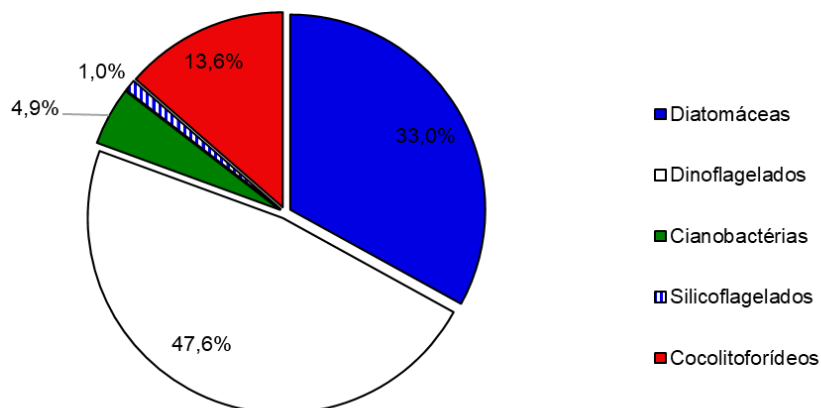


Figura 36: Contribuição percentual das classes taxonômicas do microfitoplâncton identificadas nas estações de amostragem no entorno do FPSO Espírito Santo durante a 11ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos.

A comunidade microfitoplancônica refletiu as condições de um sistema oceânico tropical caracterizado por espécies termófilas indicadoras da Corrente do Brasil, como a diatomácea *Leptocylindrus mediterraneus*; o dinoflagelado *Pronoctiluca pelagica* e *Oxytoxum gracile*; os cocolitoforídeos *Discosphaera tubifer*, *Calciosolenia murrayi* (WOOD, 1968; CHRÉTIENNOT-DINET, 1990; HASLE; SYVERSTSEN, 1997; STEIDINGER; TANGEN, 1997; HEIMDAL, 1997; CAPONE *et al.*, 1997; LUNDGREN *et al.*, 2001, TENEMBAUM *et al.*, 2006).

5.5.1.2. Riqueza

Nanoplâncton

Com relação ao nanoplâncton, a riqueza oscilou entre 2 e 4 táxons, tendo o valor máximo sido observado nas estações 1- ACTC e TC; 3 – SUP, 5- ACTC e TC; 7 – SUP, ACTC e TC e 10 – SUP, ACTC, TC. Não foi observado um padrão comum de distribuição da riqueza entre as estações (**Figura 37**), apenas que, à exceção da estação 3, os estratos ACTC e TC apresentaram as maiores riquezas. Não foi identificada diferença significativa entre os três raios de amostragem 200, 500 e 1.000 m (Kruskal-Wallis, $p < 0,05$), com $p = 0,2201$, bem como entre os estratos ($p = 0,8052$).

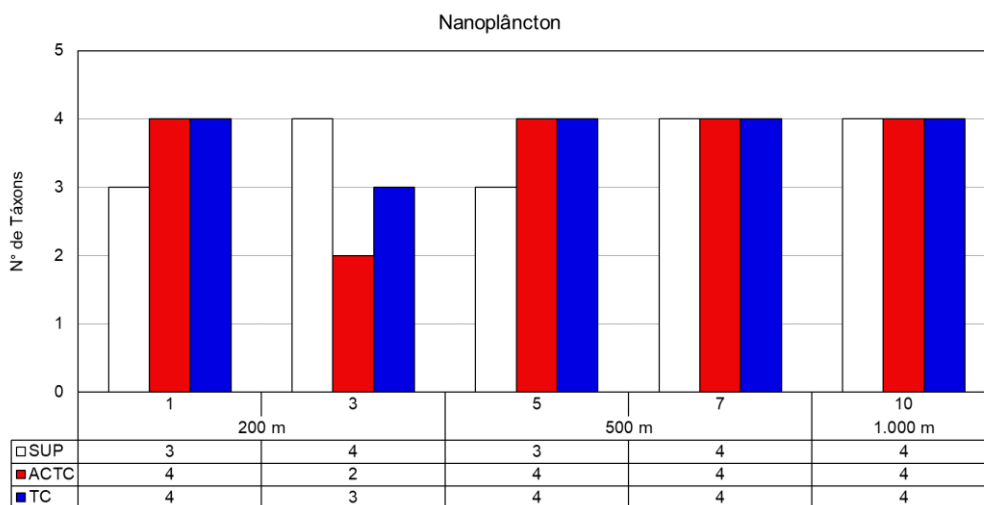


Figura 37: Número de táxons do nanoplâncton em cada profundidade nas cinco estações monitoradas durante a 11ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos

O nanoplâncton não identificado e as cianobactérias estiveram presentes em 100% das amostras, enquanto as diatomáceas estiveram em 13 amostras, como pode ser visto na **Figura 38**. Não ocorreu um padrão claro de distribuição desses grupos entre as estações ou profundidades.

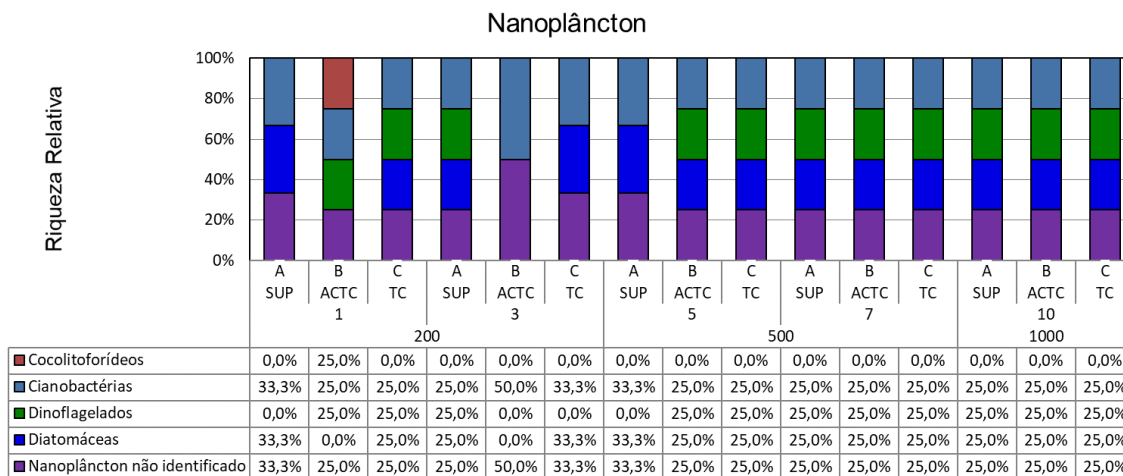


Figura 38: Contribuição percentual da riqueza de táxons do nanoplâncton por categoria taxonômica nas cinco estações e em cada profundidade monitorada durante a 11ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos.

Microfitoplâncton

A **Figura 39** mostra o número de táxons do microfitoplâncton ao longo das estações e profundidades, variando entre 21 táxons na estação 7-TC e 33 táxons na estação 1 – SUP. Não ocorreu um padrão claro de distribuição desses grupos entre as estações ou profundidades, não tendo sido identificada diferença significativa entre os resultados de cada estrato ($p = 0,5192$) e entre



os raios de amostragem ($p=0,0616$) ao aplicar o teste estatístico Kruskal-Wallis ($p<0,05$), não sendo, portanto, identificada uma relação entre o número de táxons e a proximidade do FPSO.

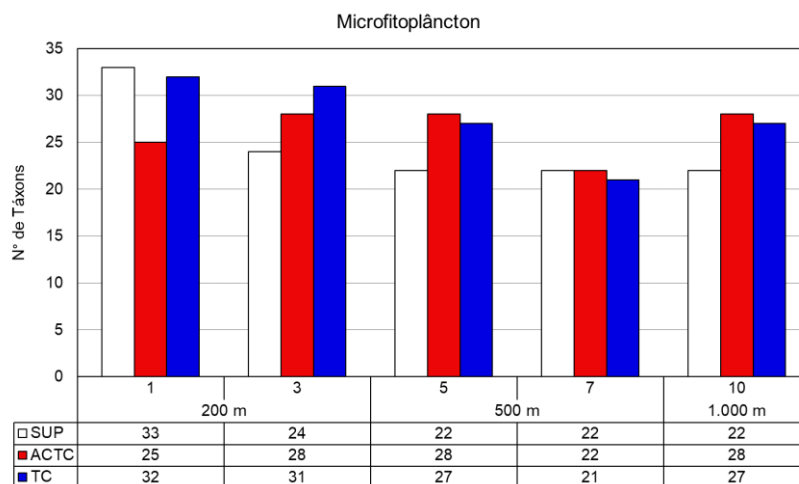


Figura 39: Número de táxons do microfitoplâncton em cada profundidade nas cinco estações monitoradas durante a 11ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos.

Na **Tabela 8** observa-se o número de táxons distribuídos pelos grandes grupos, onde se verifica que as diatomáceas e os dinoflagelados apresentaram valores médios representativos para o total de táxons na campanha.



Tabela 8: Número de táxons do microfitoplâncton e estatística descritiva das cinco estações monitoradas durante a 11ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos.

Distância	Estação	Código	Diatomáceas	Dinoflagelados	Cianobactérias	Silicoflagelados	Cocolitoforídeos	Nº de táxons
200 m	1	SUP	9	14	4	-	6	33
		ACTC	2	15	2	-	6	25
		TC	9	18	3	-	2	32
	3	SUP	5	15	1	-	3	24
		ACTC	4	18	2	1	3	28
		TC	12	10	3	-	6	31
500 m	5	SUP	5	12	3	-	2	22
		ACTC	7	15	3	-	3	28
		TC	5	14	2	-	6	27
	7	SUP	5	12	2	-	3	22
		ACTC	5	9	3	-	5	22
		TC	3	10	2	-	6	21
1.000 m	10	SUP	4	13	2	-	3	22
		ACTC	8	16	1	-	3	28
		TC	10	9	3	-	5	27
Total			93	200	36	1	62	392
Mínimo			2	9	1	1	2	21
Máximo			12	18	4	1	6	33
Média			6,20	13,33	2,40	1,00	4,13	26,13
Desvio Padrão			2,83	2,97	0,83	-	1,60	3,94
CV%			0,46	0,22	0,35	-	0,39	0,15



A **Figura 40** mostra a distribuição por grupos ao longo das estações. Percebe-se que as maiores contribuições são de dinoflagelados ao longo de todas as estações/profundidades, tendo as diatomáceas e cocolitoforídeos sido expressivas também, com leve alternância entre si, a depender da estação. As menores contribuições se deram por parte das cianobactérias e silicoflagelados. Em todas as amostras os dinoflagelados foram predominantes, representando mais de 40% dos táxons.

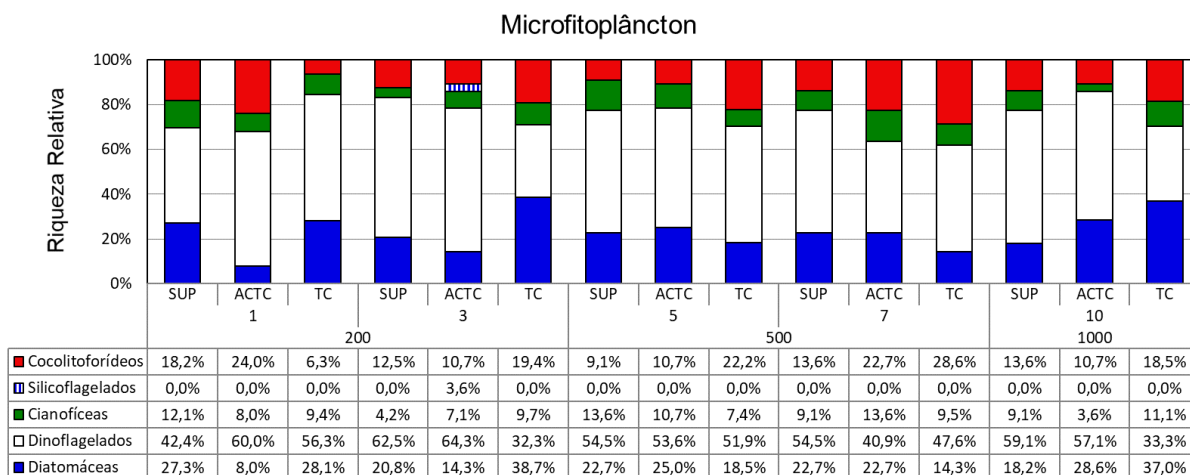


Figura 40: Contribuição percentual da riqueza de táxons por categoria taxonômica nas cinco estações e em cada profundidade monitorada durante a 11ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos.

Dentre os 103 táxons observados na campanha atual, a maioria (87 táxons, 84,47% do total) ocorreu em no máximo sete amostras. Ao considerar os 79 táxons que ocorreram em até 5 amostras tem-se 76,70% do total, associados à uma frequência de ocorrência esporádica ou pouco frequente. Ao levar-se em conta a ocorrência em apenas uma amostra, tem-se 49 táxons (47,57%), a citar:

Proboscia alata (Brightwell) Sundström; *Bacteriastrum delicatulum* Cleve; *Bacteriastrum* spp.; *Chaetoceros tetrastichon* Cleve; *Chaetoceros* spp.; *Hemiaulus membranaceus* Cleve; Thalassionemataceae A; Thalassionemataceae B; Naviculaceae 1A; Naviculaceae 1B; Naviculaceae 5A; *Pseudo-nitzschia* complexo "*delicatissima*"; *Pseudo-nitzschia* complexo "*seriata*"; Diatomácea penata 1B; Diatomácea penata 1C; Diatomácea penata 3A; Diatomácea penata 4B; Diatomácea penata 4C; Diatomácea penata 5B; Diatomácea penata 5D; Diatomácea penata 6A; *Amphidinium* spp.; Gymnodiniales 4C; *Karenia* cf. *brevis* (Davis) Hanson & Moestrup; *Micracanthodinium setiferum* (Lohmann) Deflandre; *Ceratocorys* cf. *horrida* Stein; *Tripes macroceros* (Ehrenberg) Hallegraeff & Huisman; *Tripes pentagonus* var *longisetus* (Ostenfeld & Schmidt) Gómez; *Tripes pulchellus* (Schröder) Gómez; *Tripes teres* (Kofoid) Gómez; *Corythodinium tessellatum* (F.Stein) Loeblich Jr. & Loeblich III; *Corythodinium* spp.; *Oxytoxum curvatum* (Kofoid) Kofoid; *Oxytoxum scolopax* Stein; *Oxytoxum turbo* Kofoid; *Oxytoxum* cf. *variabile* Schiller;



Dinophysis spp.; *Phalacroma* cf. *rotundatum* (Claparède & Lachmann) Kofoid & Michener; *Phalacroma* spp.; *Prorocentrum* cf. *balticum* (Lohmann) Loeblich III; *Prorocentrum gracile* Schütt; *Prorocentrum* cf. *mexicanum* Osorio-Tafall; *Pronoctiluca pelagica* Fabre-Domérgue; *Trichodesmium hildebrandtii* Gomont; *Trichodesmium thiebautii* Gomont ex Gomont; *Dictyocha fibula* Ehrenberg; *Coccolithus* spp.; *Daktylethra pirus* (Kamptner) Norris; cocolitoforídeo NI

Um total de 12 táxons (11,65% do total de táxons) foi classificado como muito frequentes na área, por terem sido registrados em mais de 70% das amostras (11 a 15 amostras). A **Tabela 9** lista estes táxons, onde se verifica que uma parcela importante é identificada pelo morfotipo, caso de dinoflagelados e de diatomáceas.

Tabela 9: Táxons do microfitoplâncton muito frequentes durante a 11ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos.

Grupo	Táxons mais frequentes (>70%)	Frequência
Diatomáceas	Diatomácea penata 1A	100,00%
Dinoflagelados	Gymnodiniales 1A	100,00%
Dinoflagelados	Gymnodiniales 2A	100,00%
Dinoflagelados	Gymnodiniales 3A	100,00%
Dinoflagelados	Gymnodiniales 4A	100,00%
Cianobactérias	Ordem Nostocales	100,00%
Diatomáceas	<i>Cylindrotheca closterium</i> (Ehrenberg) Lewin & Reimann	93,33%
Cocolitoforídeos	<i>Discosphaera tubifera</i> (Murray & Blackman) Ostensfeld	93,33%
Cianobactérias	Ordem Oscillatoriales	86,67%
Dinoflagelados	<i>Heterocapsa</i> spp.	80,00%
Dinoflagelados	<i>Torodinium robustum</i> Kofoid & Swezy	73,33%
Dinoflagelados	<i>Oxytoxum gracile</i> Schiller	73,33%

A **Tabela 10** sintetiza os resultados obtidos em números de táxons identificados ao longo das 10 campanhas de monitoramento. A média da campanha variou bastante, de 20 (2015) a 44 (2013), com os resultados obtidos na presente campanha (média de 26,1 táxons) similares aos observados nos últimos anos. O padrão de predominância do número de táxons de dinoflagelados sob as diatomáceas foi observado ao longo de todas as campanhas de monitoramento.

Tabela 10: Estatística descritiva do número de táxons das estações monitoradas durante as campanhas de Monitoramento Ambiental do entorno do FPSO Espírito Santo durante os anos de 2011 a 2021.

NÚMERO DE TÁXONS								
Campanha	Estatística	Total	Diat	Dino	Ciano	Silico	Cocol	Eugl
2011	Mínimo	19	5	7	2	1	1	1
	Máximo	40	13	21	6	1	7	1
	Média	32	9	15	4	1	3	1
	Desvio-padrão	5	2	4	1	-	2	-



Tabela 10: Estatística descritiva do número de táxons das estações monitoradas durante as campanhas de Monitoramento Ambiental do entorno do FPSO Espírito Santo durante os anos de 2011 a 2021.

NÚMERO DE TÁXONS								
Campanha	Estatística	Total	Diat	Dino	Ciano	Silico	Cocol	Eugl
2012	Mínimo	24	9	9	2	-	3	1
	Máximo	52	18	24	5	-	8	1
	Média	39	13	16	3	-	6	-
	Desvio-padrão	8	3	4	1	-	1	-
2013	Mínimo	33	10	14	2	1	3	1
	Máximo	55	23	23	5	1	9	1
	Média	44	16	19	3	-	6	-
	Desvio-padrão	6	3	3	1	-	2	-
2014	Mínimo	17	4	7	-	-	2	-
	Máximo	26	11	12	3	-	6	-
	Média	21	6	9	1	-	4	-
	Desvio-padrão	2	2	1	1	-	1	-
2015	Mínimo	16	2	6	1	-	-	-
	Máximo	27	11	12	3	-	4	-
	Média	20	6	9	2	-	2	-
	Desvio-padrão	3	2	2	1	-	1	-
2016	Mínimo	19	1	10	1	-	4	-
	Máximo	34	33	31	4	1	14	-
	Média	26	8	13	2	-	6	-
	Desvio-padrão	4	7	5	1	-	3	-
2017	Mínimo	18	2	9	1	-	2	-
	Máximo	28	9	12	4	1	6	1
	Média	24	6	10	2	-	4	-
	Desvio-padrão	3	2	1	1	-	1	-
2018	Mínimo	17	3	9	1	-	-	-
	Máximo	29	9	17	3	1	5	-
	Média	21	6	12	1	-	2	-
	Desvio-padrão	12	5	6	1	-	2	-
2019	Mínimo	16	4	10	1	0	1	-
	Máximo	32	13	16	4	1	7	-
	Média	25	6	13	2	0	3	-
	Desvio-padrão	5	2	2	1	0	2	-
2020	Mínimo	14	3	9	1	0	1	0
	Máximo	29	10	17	1	1	7	1
	Média	23,4	7	13	1	0	3	0
	Desvio-padrão	5	2	2	0	0	2	0
2021	Mínimo	21	2	9	1	1	2	-
	Máximo	33	12	18	4	1	6	-



Tabela 10: Estatística descritiva do número de táxons das estações monitoradas durante as campanhas de Monitoramento Ambiental do entorno do FPSO Espírito Santo durante os anos de 2011 a 2021.

NÚMERO DE TÁXONS								
Campanha	Estatística	Total	Diat	Dino	Ciano	Silico	Cocol	Eugl
2021	Média	26,1	6	13	2	1	4	-
	Desvio-padrão	4	3	3	1	-	2	-

5.5.1.3. Análise Quantitativa

A densidade celular do fitoplâncton total, nanoplâncton e microfitoplâncton por profundidade de cada estação é apresentada na **Tabela 11**. Como mencionado anteriormente, a avaliação do nanoplâncton permite a discussão em termos quantitativos, em detrimento à abordagens qualitativas, visto que os organismos são identificados somente em grandes grupos, sendo possível identificar uma parcela muito pequena do total de organismos. O fitoplâncton total apresentou densidade celular entre $21,7 \cdot 10^6$ (estação 5 - TC) a $7,2 \cdot 10^6$ cel.L⁻¹ (estação 10 - SUP), com média de $53,9 \cdot 10^6$ cel.L⁻¹ (DP – $1,6 \cdot 10^6$ cel.L⁻¹). Não foi observada diferença significativa (Kruskal-Wallis, $p < 0,05$) entre a densidade das estações nos raios de 200 e 1.000 m do FPSO ($p = 0,189127$ para o microfitoplâncton e $p = 0,057468$ para o nanoplâncton).

Destacam-se os maiores valores de nanoplâncton em relação ao microfitoplâncton. Nybakken; Bertness (2005) citaram que a dominância numérica do nanoplâncton é uma característica associada a águas oligotróficas, pois células maiores do microplâncton prevalecem em águas mais ricas em nutrientes, onde a produção primária é mais intensa. O tamanho reduzido das células do nanoplâncton proporciona uma alta relação superfície/volume, aumentando a eficiência na assimilação de nutrientes, que é uma condição favorável em regiões oceânicas (DUGDALE; GOERING, 1967; EPPLEY et al., 1969, MALONE, 1971).

Tabela 11: Densidade celular (cel.L⁻¹) total, do microfitoplâncton e do nanofitoplâncton das cinco estações monitoradas durante a 11ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos.

Distância	Amostra	Camada	Densidade (cel.L ⁻¹)		
			Total	Nanoplâncton	Microfitoplâncton
200 m	1	SUP	2.078.524	2.074.897,00	3.626,93
		ACTC	2.898.958	2.890.516,00	8.442,00
		TC	2.578.719	2.571.215,00	7.504,00
	3	SUP	4.277.352	4.272.287,00	5.065,20
		ACTC	5.025.568	5.019.190,00	6.378,40
		TC	3.676.300	3.667.295,00	9.004,80
500	5	SUP	2.727.179	2.716.861,00	10.318,00
		ACTC	2.734.818	2.728.064,00	6.753,60



Tabela 11: Densidade celular (cel.L^{-1}) total, do microfitoplâncton e do nanofitoplâncton das cinco estações monitoradas durante a 11ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos.

Distância	Amostra	Camada	Densidade (cel.L ⁻¹)		
			Total	Nanoplâncton	Microfitoplâncton
	7	TC	1.742.477	1.732.816,00	9.661,40
		SUP	2.812.070	2.806.489,00	5.581,10
		ACTC	6.218.023	6.206.767,00	11.256,00
		TC	4.409.579	4.399.261,00	10.318,00
1.000 m	10	SUP	7.210.199	7.203.883,00	6.315,87
		ACTC	4.582.492	4.571.048,00	11.443,60
		TC	5.689.392	5.680.200,00	9.192,40
Mínimo			1.742.477	1.732.816	3.627
Máximo			7.210.199	7.203.883	11.444
Média			3.910.777	3.902.719	8.057
Desvio Padrão			1.611.409	1.610.948	2.381

As densidades do fitoplâncton na atual campanha estiveram dentro dos intervalos observados nas campanhas pretéritas, com predominância de valores na ordem de grandeza 10^6 (**Tabela 12**). Os principais fatores que afetam a abundância de organismos pelágicos são a predação e a limitação de recursos, variando em função de fatores como sazonalidade, proximidade da costa e até a mistura vertical e horizontal das massas de água provocadas por vórtices de mesoescala (BERGLUND et al., 2005; CALBET et al., 2001; HUANG et al., 2008). Na Bacia de Campos é comum a ocorrência de vórtices e meandros, que alteram localmente o deslocamento das correntes (e. g., SIGNIORINI, 1974; GABIOUX, 2008; FRAGOSO et al., 2008), o que pode estimular o crescimento do fitoplâncton, resultando em oscilações nas densidades.

Tabela 12: Densidade do fitoplâncton total (10^6cel.L^{-1}) registradas nas Campanhas de Monitoramento Ambiental realizadas no entorno do FPSO Espírito Santo.

Campanhas	Mínimo	Máximo
2011	0,4	0,9
2012	0,7	2,4
2013	2,6	5
2014	0,8	2,7
2015	1,6	4,9
2016	2,8	6,8
2017	1,74	8,97
2018	1,31	5,15
2019	3,02	7,99
2020	2,28	10,52
2021	1,74	7,21



Os valores de densidade do nanofitoplâncton variaram entre $1,7 \cdot 10^6$ (estação 5 – TC) e $7,2 \cdot 10^6$ cel.L⁻¹ (estação 10 – SUP), conforme mostra a **Figura 41**. Não foram identificadas diferenças significativas (Kruskal-Wallis, $p < 0,05$) na densidade do nanoplâncton entre as amostras a 200, 500 e 1.000 m do FPSO ($p = 0,057468$).

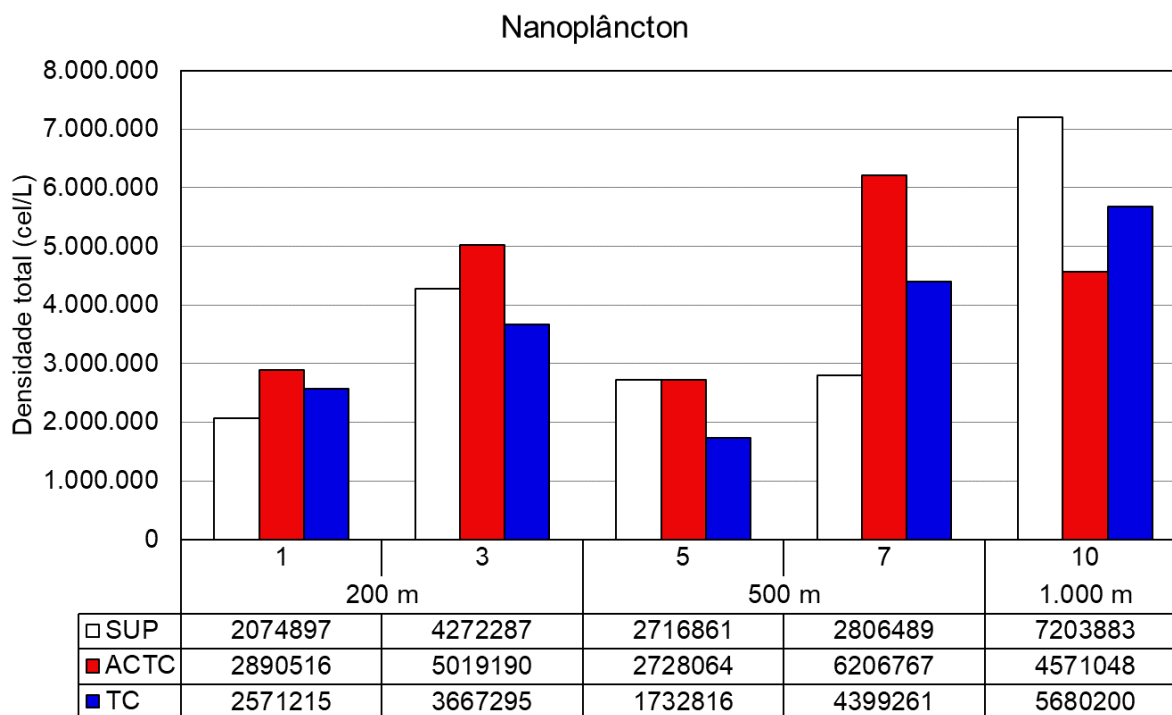


Figura 41: Densidade celular (cel.L⁻¹) do nanofitoplâncton no entorno do FPSO Espírito Santo durante a 11ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos.

A distribuição da densidade total do microfitoplâncton ($> 20 \mu\text{m}$) variou de $3,6 \cdot 10^3$ (estação 1 - SUP) a $1,1 \cdot 10^4$ cel.L⁻¹ (estação 10 - ACTC), conforme mostra a **Figura 42**. Não foi observada diferença significativa (Kruskal-Wallis, $p < 0,05$) entre as amostras localizadas nos raios de 200, 500 e 1.000 m do ponto de descarte do FPSO para o microfitoplâncton ($p = 0,189127$). De modo geral, os resultados foram similares ao observado em regiões oceânicas, com variações na ordem de 10^2 a 10^4 cel.L⁻¹ já registradas em regiões oceânicas do Atlântico Sul (Brandini et al., 1997; Eynaud et al., 1999; Cupelo, 2000).

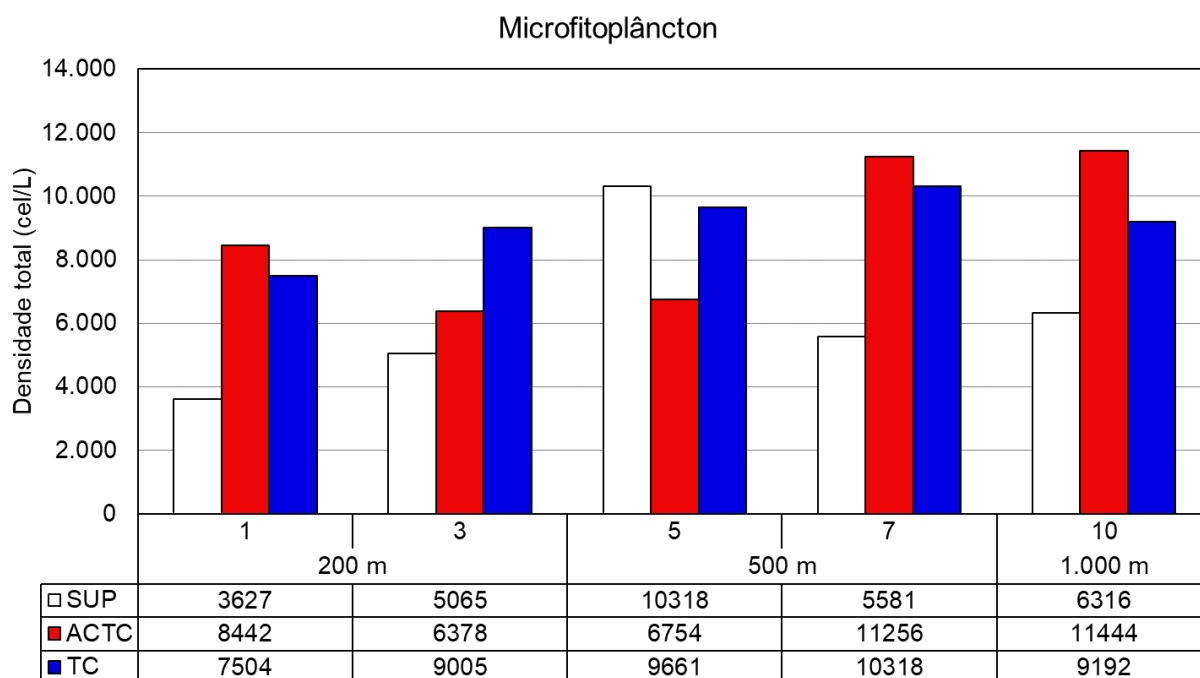


Figura 42: Densidade celular do microfitoplâncton (cel.L⁻¹) nas cinco estações monitoradas durante a 11ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos.

No que diz respeito à densidade celular, o grupo dos dinoflagelados foi o que apresentou a maior contribuição para a densidade total (média de 3.959 cel.L⁻¹) seguido das cianobactérias (média 2.008 cel.L⁻¹), diatomáceas (média de 1.386 cel.L⁻¹), dos coccolitoforídeos (média de 699 cel.L⁻¹), e por fim os silicoflagelados (média de 4 cel.L⁻¹) (**Tabela 13**).



Tabela 13: Densidade celular (cel.L⁻¹) do microfitoplâncton total e das categorias taxonômicas identificadas nas cinco estações monitoradas durante 11ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos.

Distân-cia	Amos-tra	Camada	Microfitoplâncton					
			Diatomáceas	Dinoflagelados	Cianobactérias	Silicoflagela-dos	Cocolitoforí-deos	TOTAL
200 m	1	SUP	688	1.688	813	-	438	3.627
		ACTC	813	5.315	1.313	-	1.001	8.442
		TC	2.189	3.314	1.688	-	313	7.504
	3	SUP	563	3.189	1.032	-	281	5.065
		ACTC	625	4.127	1.126	63	438	6.378
		TC	2.126	3.127	1.376	-	2.376	9.005
500	5	SUP	1.407	5.909	2.720	-	281	10.318
		ACTC	1.063	3.377	1.876	-	438	6.754
		TC	938	5.816	1.782	-	1.126	9.661
	7	SUP	1.032	2.767	1.548	-	235	5.581
		ACTC	1.970	4.784	3.940	-	563	11.256
		TC	1.876	4.033	3.564	-	844	10.318
1.000 m	10	SUP	875	3.252	1.751	-	438	6.316
		ACTC	1.501	6.191	3.283	-	469	11.444
		TC	3.127	2.501	2.314	-	1.251	9.192
Mínimo			563	1.688	813	0	235	3.627
Máximo			3.127	6.191	3.940	63	2.376	11.444
Média			1.386	3.959	2.008	4	699	8.057
Desvio Padrão			736	1.363	959	16	565	2.381



A predominância das dinoflagelados foi observada na maioria das estações, com mínimo de 34,72% (estação 3 – TC) e máximo de 64,71% (estação 3 – ACTC). A exceção se deu na estação 10 -TC, onde prevaleceram as diatomáceas (34,01%). Destacou-se também a contribuição de cianobactérias, especialmente na estação 7 – ACTC e TC, sendo igual a 35,00% e 34,55%, respectivamente. (Figura 43).

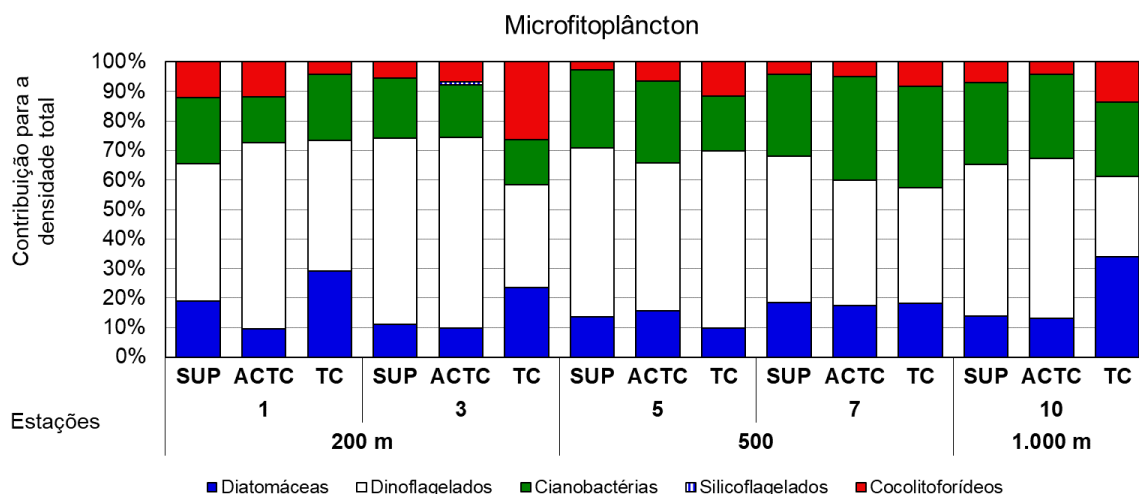


Figura 43: Contribuição percentual das categorias taxonômicas na densidade do microfitoplâncton no entorno do FPSO Espírito Santo durante a 11ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos.

A **Tabela 14** lista os dez táxons mais abundantes encontrados na atual campanha por grandes grupos, sendo possível observar que o grupo dos dinoflagelados foi o que mais contribuiu com a densidade, sendo o mais abundante o morfotipo *Gymnodiniales* 3A. Acredita-se que a maior parte dos dinoflagelados da ordem *Gymnodiniales*, observados em regiões oceânicas, sejam heterotróficos (Gómez, 2007), já que sob condições de limitações de nutrientes eles prevalecem sob os dinoflagelados tipicamente autotróficos (Chang et al., 2003). Dentre as estratégias adaptativas que faz com que os dinoflagelados sejam bem sucedidos em regiões oligotróficas, como a do atual estudo, pode-se citar a capacidade das células assimilarem os nutrientes em camadas mais profundas e se deslocarem para a superfície para a captação da luz e realização da fotossíntese (Margalef, 1978). Há ainda a capacidade de realizar mixotrofia ou heterotrofia para superar condições de limitação de nutrientes e a presença de flagelos que contribui para um deslocamento, mesmo que restrito, na coluna de água (Smayda & Reynolds, 2003).



Os organismos da ordem Nostocales foram os mais representativos no grupo das cianofíceas, correspondendo ao táxon mais abundante da campanha. Alguns autores destacam que as cianobactérias poderiam dominar o plâncton marinho tropical e subtropical, pois possuem grande capacidade de fixar nitrogênio, além de possuírem vacúolos de gás (aerótopos) para regular sua flutuabilidade na coluna de água e assim manter seus filamentos na zona eufótica. O fato de se apresentarem como florações em alguns momentos ou apenas como uma fração do microfitoplâncton em alguns momentos em outros, sugere que a população sofre algum tipo de limitação, provavelmente relacionada com o hidrodinamismo local das áreas oceânicas e/ou pressão de pastagem (CARPENTER, 1983; CARPENTER et al., 1987; CAPONE et al., 1997.; VILLAREAL; CARPENTER, 1990, 2003). A predominância de cianofíceas nessa região corrobora com a presença da ACAS, de maneira sazonal (verão), enriquecendo nutricionalmente a zona eufótica (YONEDA et al., 1999).

No caso das diatomáceas, o táxon que mais se destacou foram *Cylindrotheca closterium*, seguido pela Diatomácea penata 1A e *Leptocylindrus mediterraneus*. Aponta-se que os dois primeiros táxons também se destacaram em campanhas passadas (2020 e 2019). A diatomácea *C. closterium* habita águas neríticas e possui hábitos ticopelágicos e meroplânctônicos (ROUND, 1981 apud KINGSTON, 2009). Assim como nas campanhas passadas (2020 e 2019), o único cocolitoforídeo que se destacou foi o *Discosphaera tubifer* (Murray & Blackman) Ostefeld.

Tabela 14: Dez táxons de maior densidade celular (cel.L⁻¹) dentre o microfitoplâncton identificado nas cinco estações monitoradas durante a 11ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos. Os valores de densidade apresentados referem-se à soma dos resultados das amostras (estações/profundidades).

Grupo	Táxon	Densidade (cel.L ⁻¹)	Contribuição
Cianobactérias	Ordem Nostocales	25.326	20,95%
Dinoflagelados	Gymnodiniales 3A	17.353	14,36%
Dinoflagelados	Gymnodiniales 2A	13.460	11,14%
Dinoflagelados	Gymnodiniales 4A	9.005	7,45%
Diatomáceas	<i>Cylindrotheca closterium</i> (Ehrenberg) Lewin & Reimann	7.191	5,95%
Dinoflagelados	Gymnodiniales 1A	7.066	5,85%
Diatomáceas	Diatomácea penata 1A	5.878	4,86%
Cocolitoforídeos	<i>Discosphaera tubifera</i> (Murray & Blackman) Ostefeld	3.205	2,65%
Cianobactérias	Ordem Synechococcales	2.939	2,43%
Diatomáceas	<i>Leptocylindrus mediterraneus</i> (H. Peragallo) Hasle	2.298	1,90%



5.5.1.4. Estrutura da Comunidade Fitoplanctônica

Índices calculados para comunidades bióticas auxiliam na interpretação da distribuição de espécies, quanto à composição e abundância. O índice de equitabilidade de Pielou (J') pode variar entre 0 e 1, onde quanto mais próximo de 1, maior a homogeneidade / uniformidade da comunidade, com isso há maior resistência a distúrbios ambientais. O índice de diversidade de Shannon (H') considera também a abundância relativa de cada táxon dentre da comunidade fitoplanctônica, expressando riqueza (n^0 de táxons) e uniformidade.

Na **Figura 44**, é possível observar que os valores dos índices de equitabilidade e de diversidade variaram pouco ao longo das estações e profundidades. Além disso, percebe-se que o comportamento da equitabilidade acompanhou, de um modo geral, as oscilações da diversidade, o que confere maior confiabilidade aos resultados obtidos. Altos valores no índice de equitabilidade em amostras com baixa diversidade específica indicam anomalias no índice de diversidade (VALENTIN et al., 1991), o que não foi observado neste estudo. O índice de diversidade de Shannon variou entre 2,24 a 2,93 bits.ind⁻¹ (estação 7 – TC e estação 1 – TC, respectivamente), com média de 2,61 e desvio-padrão de 0,20 bits.ind⁻¹. O índice de equitabilidade variou de 0,74 a 0,85 (estação 7 - TC e estação 3 – TC, respectivamente), com média de 0,80 e desvio-padrão de 0,03.

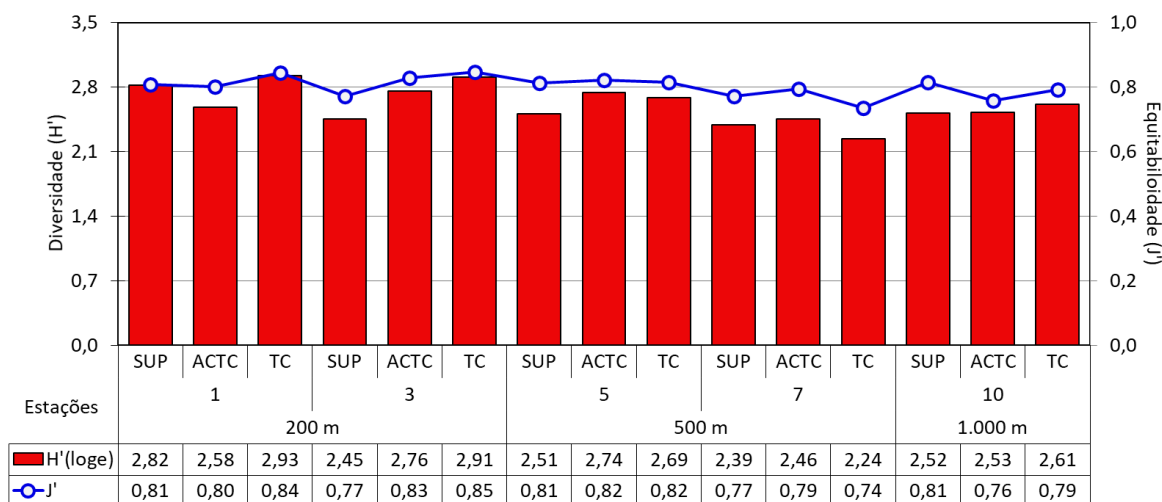


Figura 44: Índice de diversidade (H') e de equitabilidade (J') da comunidade fitoplanctônica das cinco estações monitoradas na 11ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos., Bacia de Campos.

Nas campanhas anteriores os índices de diversidade e equitabilidade demonstraram faixas relativamente amplas de variação, o que deve refletir as diferentes ordens de grandeza da densidade dos táxons dominantes em cada campanha. Valendo ressaltar que os resultados



dos índices da presente campanha apresentaram faixas de variação menores, ao comparar com a campanha anterior (**Tabela 15**).

Tabela 15: Valores de diversidade e equitabilidade da comunidade fitoplanctônica nas últimas Campanhas de Monitoramento Ambiental realizadas no entorno do FPSO Espírito Santo

Campanha	Diversidade (bits.ind ⁻¹)		Equitabilidade	
	Mín	Máx	Mín	Máx
2011	1,9	3,6	0,6	0,9
2012	1,7	3	0	0,87
2013	2,4	4,1	0,4	0,7
2014	1,9	2,7	0,5	0,9
2015	2	2,5	0,6	0,9
2016	0,12	0,53	0,04	0,17
2017	1,6	2,82	0,5	0,87
2018	1,76	2,37	0,55	0,7
2019	2,15	3,95	0,43	0,8
2020	2,04	2,80	0,76	0,84
2021	2,24	2,93	0,73	0,85

Para auxiliar a interpretação da estrutura da comunidade fitoplanctônica, foi realizada uma análise de agrupamento através do índice de similaridade de Bray–Curtis, que é apresentada na **Figura 45**. O resultado dessa análise demonstrou dois clados principais com 50% de similaridade, o primeiro agrupando as estações 1 – SUP e 3 - SUP e o segundo as demais estações. Não foi possível identificar o motivo específico para o agrupamento dessas duas estações. Acredita-se, contudo, que um fator potencial foi o fato de ambas possuírem as menores densidades do microfitoplâncton. Deve-se levar em conta que para 1 – SUP e 3 – SUP a similaridade foi um pouco superior a 60%.

Ao analisar o panorama geral, observa-se uma certa similaridade na composição do fitoplâncton, sem formação de grupos por estrato ou raio de coleta. Isto está de acordo com o indicado pelos testes estatísticos, que apontaram não haver diferenças significativas entre os resultados de fitoplâncton, tanto para densidade como riqueza, ao considerar os raios amostrais e as distintas profundidades.

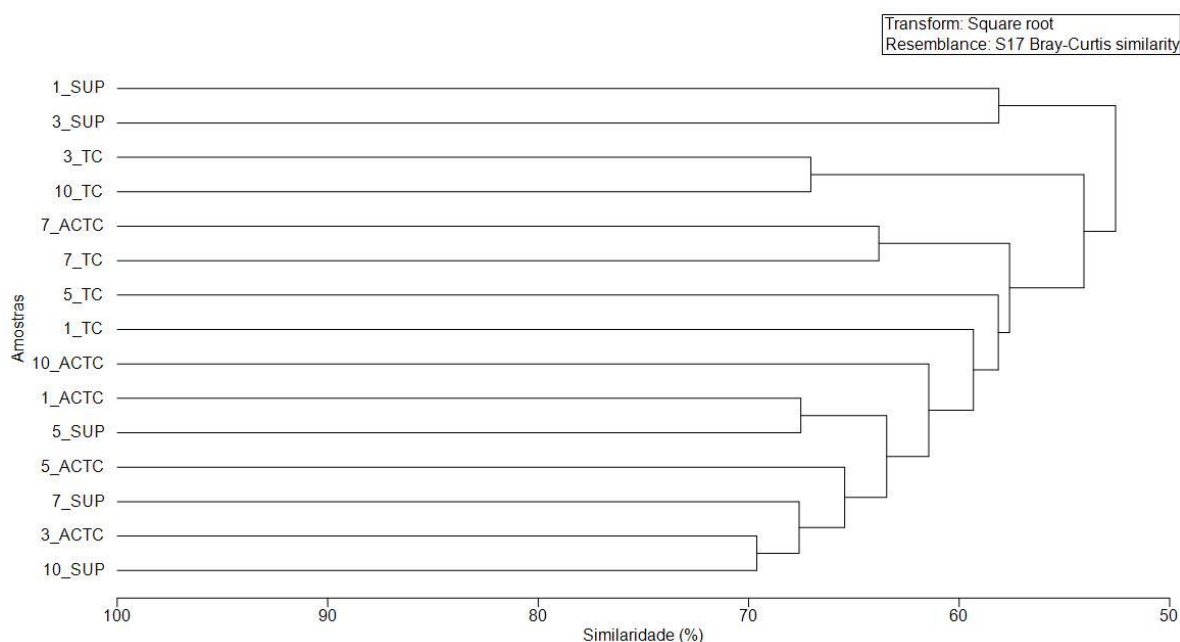


Figura 45: Análise de agrupamento das amostras através do índice de similaridade de Bray-Curtis nas cinco estações monitoradas durante a 11ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos.

5.5.2. Zooplâncton

5.5.2.1. Caracterização da comunidade

Na atual campanha de monitoramento foram identificados 90 táxons distintos do zooplâncton, dos quais 8 atingiram o nível de gênero e 53 o nível de espécie. Os táxons observados se distribuíram em diferentes grupos: Filo Foraminifera; do filo Cnidaria – a classe Hydrozoa e a ordem Siphonophorae; Filo Ctenophora; do filo Mollusca – a classe Bivalvia, classe Gastropoda e a classe Cephalopoda; do filo Annelida – a classe Polychaeta; do filo Arthropoda – a classe Branchiopoda, a subclasse Copepoda, classe Malacostraca e a classe Ostracoda, bem como as ordens Stomatopoda, Amphipoda, Euphausiacea e Decapoda; do filo Chaetognatha – a classe Sagittoidea; filo Echinodermata; filo Chordata – as classes Appendicularia, Thaliacea e subfilo Craniata,- os Ovos e Larvas de Peixe.

Destaca-se que o número de táxons encontrado nas campanhas de monitoramento no Parque das Conchas oscilou entre 77 táxons (5ª campanha) e 119 táxons (na 1ª campanha). Nas 2ª e 4ª campanhas, foi identificado o mesmo número de táxons, 89, na 3ª campanha foram encontrados 106 táxons, na 6ª campanha 108 táxons, na 7ª campanha, 102 táxons, na 8ª campanha, 79 táxons, na 9ª campanha 103 táxons, e na campanha anterior 86 táxons de forma que a presente campanha apresentou riqueza dentro do encontrado nas campanhas anteriores.



Os grupos que se destacaram na atual campanha foram Copepoda (46 táxons), Chaetognatha (10 táxons), Thaliacea (7 táxons), Mollusca (5 táxons), Appendicularia (5 táxons) e Decapoda (3 táxons) como pode ser visualizado na **Figura 46**, onde os demais grupos constituídos por apenas um táxon, foram agrupados em “Outros” (abrangendo 14 táxons). Os organismos do zooplâncton podem ser divididos em holoplâncton, que são aqueles que possuem seu ciclo de vida completo no plâncton, e em meroplâncton, que passam somente uma parte da vida no plâncton (MORRISSEY; SUMICH, 2012). Dentre os organismos do holoplâncton (maioria) identificados na atual campanha com maior número de táxons incluem-se os táxons Copepoda, Chaetognaths, Appendicularia, e Thaliacea, enquanto os Mollusca e Decapoda representam os organismos do meroplâncton.

Contribuição por grupos (riqueza taxonômica)

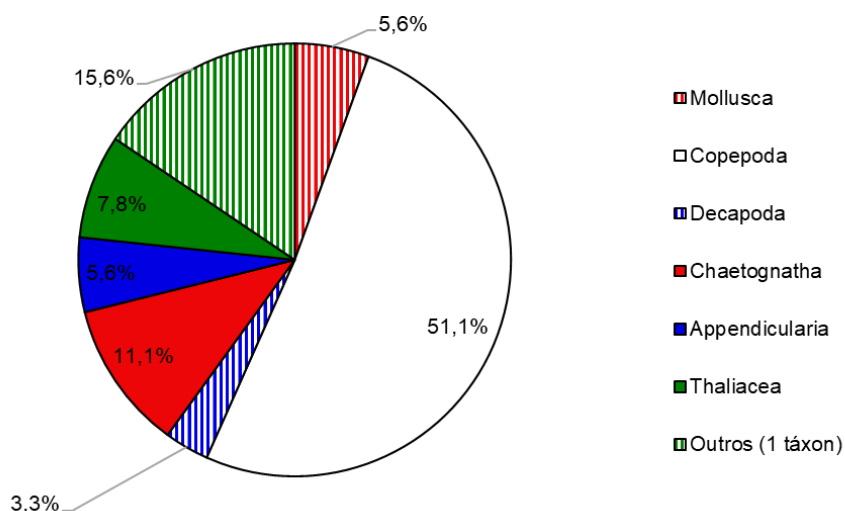


Figura 46: Contribuição média percentual das categorias taxonômicas do zooplâncton identificadas nas cinco estações monitoradas durante a 11ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos.

Quanto à variação espacial do número de táxons identificados, observa-se na **Figura 47** uma pequena variabilidade entre as estações, indo de 59 (estação 10) a 66 táxons distintos (estação 5), sem padrão espacial definido que possa ser relacionado à distância do FPSO.

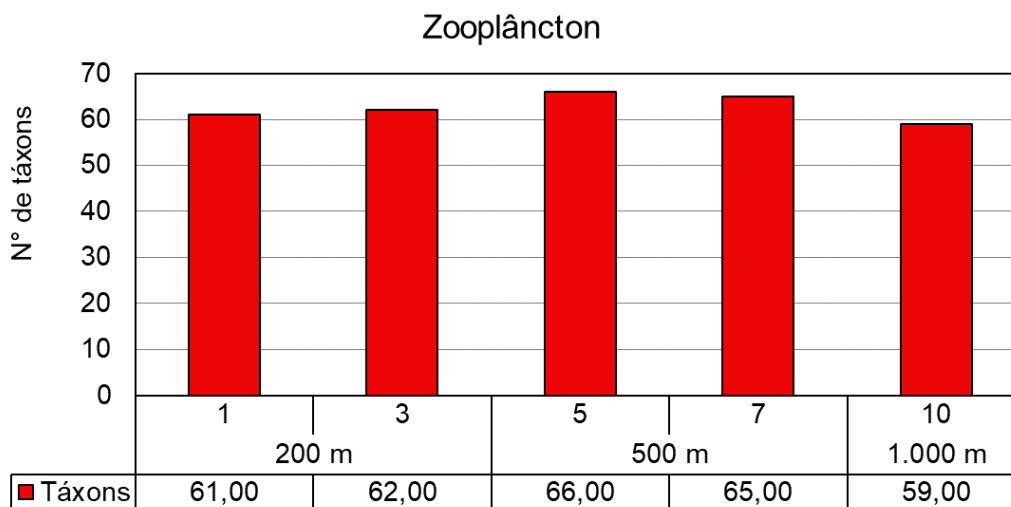


Figura 47: Número de táxons do zooplâncton nas cinco estações monitoradas durante a 11ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos

Dentre os táxons identificados, a maioria foi recorrente, onde 51 foram considerados muito frequentes. Destes, 42 táxons ocorreram em todas as estações e 9 em quatro estações. Entre os táxons muito frequentes identificados em níveis superiores., cita-se com 100% de Frequência de Ocorrência (FO): o filo Foraminifera; infraclasse Hydroidomedusae, filo Cnidaria – ordem Siphonophorae; o filo Mollusca – classe Bivalvia (larvas), classe Gastropoda, ordem Thecosomata (Pterópodes), superfamília Pterotracheoidea (Heterópodes); filo Annelida – classe Polychaeta (larvas); subclasse Copepoda – ordem Calanoida; Ordem Amphipoda; Ordem Euphysiacea; Ordem Decapoda; Classe Ostracoda; filo Echinodermata; além de larvas e ovos de peixes. Salienta-se que os níveis superiores podem englobar vários táxons distintos, o que influi diretamente na frequência.

A **Tabela 16** lista os táxons com frequência de ocorrências superior a 70% (muito frequentes) considerando os níveis de família, gênero e espécie. Estas espécies são comumente observadas em águas da plataforma continental e oceânicas tropicais e algumas vezes até em ambientes estuarinos. Já foram citadas em outros estudos na Bacia de Campos (ex. PETROBRAS/TERRABYTE, 2011; BONECKER et. al., 2014) e nas campanhas passadas deste PMA. Na **Tabela 17** estão listados os táxons com frequência de ocorrência superior a 70% (muito frequentes) nas últimas campanhas bem como na atual, sendo verificado na campanha atual a ocorrência de um novo táxon classificados como frequente: *Clausocalanus arcuicornis*.



Tabela 16: Táxons muito frequentes (FO>70%) dos principais grupos durante a 11ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos (considerados apenas os níveis família, gênero e espécie).

Grupos	Táxon	FO(%)
Siphonophorae	Siphonophorae	100%
Copepoda	Calanidae	100%
Copepoda	<i>Neocalanus gracilis</i>	100%
Copepoda	Clausocalanidae	100%
Copepoda	<i>Clausocalanus furcatus</i>	100%
Copepoda	<i>Oithona setigera</i>	100%
Copepoda	<i>Oithona similis</i>	100%
Copepoda	<i>Farranulla gracilis</i>	100%
Copepoda	<i>Oncaea curta</i>	100%
Copepoda	<i>Oncaea venusta</i>	100%
Copepoda	<i>Oncaea venusta venella</i>	100%
Decapoda	Luciferidae	100%
Chaetognatha	<i>Krohnitta mutabbii</i>	100%
Chaetognatha	<i>Pterosagitta draco</i>	100%
Chaetognatha	<i>Decipisagitta decipiens</i>	100%
Chaetognatha	<i>Flaccisagitta enflata</i>	100%
Chaetognatha	<i>Flaccisagitta hexaptera</i>	100%
Chaetognatha	<i>Parasagitta friderici</i>	100%
Appendicularia	<i>Oikopleura (Coecaria) fusiformis</i>	100%
Appendicularia	<i>Oikopleura (Coecaria) longicauda</i>	100%
Appendicularia	<i>Oikopleura (Vexillaria) cophocerca</i>	100%
Appendicularia	<i>Oikopleura (Vexillaria) rufescens</i>	100%
Thaliacea	<i>Dolioletta gegenbauri</i>	100%
Thaliacea	<i>Doliolum nationalis</i>	100%
Thaliacea	<i>Thalia democratica</i>	100%
Thaliacea	<i>Pyrosoma atlanticum</i>	100%
Copepoda	<i>Nannocalanus minor</i>	80%
Copepoda	<i>Undinula vulgaris</i>	80%
Copepoda	<i>Clausocalanus arcuicornis</i>	80%
Copepoda	<i>Lucicutia flavicornis</i>	80%
Copepoda	<i>Pleuromamma abdominalis</i>	80%
Copepoda	<i>Pleuromamma</i> spp.	80%
Copepoda	<i>P.-Calanus</i> sp.	80%
Copepoda	<i>Macrosetella gracilis</i>	80%



Tabela 17: Táxons muito frequentes (FO>70%) nas dez últimas Campanhas de Monitoramento Ambiental realizadas no entorno do FPSO Espírito Santo (considerados apenas espécies).

Táxon/Campanha	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
<i>Clausocalanus furcatus</i>	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	x
<i>Flaccisagitta enflata</i>	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	x
<i>Oikopleura fusiformis</i>	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	x
<i>Oikopleura longicauda</i>	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	x
<i>Oikopleura rufescens</i>	X	X	X	X	X	X	X	X	X		x
<i>Oncaea venusta</i>	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	x
<i>Doliolum nationalis</i>	X	X	X	X	X	X		X	X	X	x
<i>Parasagitta friderici</i>	X	X	X	X	X	X	X		X	X	x
<i>Pterosagitta draco</i>	X	X	X	X	X	X	X		X	X	x
<i>Farranulla gracilis</i>	X		X	X		X	X	X	X	X	x
<i>Macrosetella gracilis</i>	X	X	X			X	X	X	X		x
<i>Serratosagitta serratodentata</i>	X	X	X	X		X	X		X	X	
<i>Temora stylifera</i>	X		X	X	X	X		X	X		
<i>Undinula vulgaris</i>	X			X	X	X	X	X	X	X	x
<i>Acrocalanus longicornis</i>			X	X	X	X	X	X			
<i>Fritillaria formica</i>	X	X	X	X	X			X			
<i>Flaccisagitta hexaptera</i>		X	X			X	X		X	X	x
<i>Nannocalanus minor</i>				X	X		X	X	X	X	x
<i>Oikopleura cophocerca</i>	X			X		X	X		X	X	x
<i>Oithona similis</i>	X	X	X					X	X	X	x
<i>Thalia democratica</i>					X	X	X	X	X	X	x
<i>Calocalanus pavo</i>	X	X		X				X			
<i>Dolioletta gegenbauri</i>	X	X				X		X		X	x
<i>Ferosagitta hispida</i>		X		X		X			X	X	
<i>Lucicutia flavicornis</i>				X		X	X		X		x
<i>Parasagitta tenuis</i>					X	X	X	X		X	
<i>Fritillaria pellucida</i>	X	X					X				
<i>Oikopleura intermedia</i>					X		X		X		
<i>Oithona plumifera</i>	X	X						X			
<i>Oithona tenuis</i>	X	X	X								
<i>Oncaea venusta venella</i>							X	X	X	X	x
<i>Triconia conifera</i>	X	X							X		
<i>Calocalanus spp.</i>						X			X		
<i>Calocalanus styliremis</i>							X	X			
<i>Corycaeus speciosus</i>				X			X				
<i>Decipisagitta decipiens</i>								X	X	X	x
<i>Krohnitta mutabbii</i>						X			X		x
<i>Krohnitta pacifica</i>	X			X							
<i>Krohnitta subtilis</i>			X						X		
<i>Lucifer typus</i>				X		X					



Tabela 17: Táxons muito frequentes (FO>70%) nas dez últimas Campanhas de Monitoramento Ambiental realizadas no entorno do FPSO Espírito Santo (considerados apenas espécies).

Táxon/Campanha	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
<i>Mecynocera clausi</i>	X	X									
<i>Pleuromamma abdominalis</i>	X								X		x
<i>Pleuromamma</i> spp.						X			X		x
<i>Sagitta helenae</i>								X	X		
<i>Scolecithrix danae</i>					X				X		
<i>Caecosagitta macrocephala</i>									X		
<i>Clausocalanus brevipēs</i>						X					
<i>Decipisagitta</i> spp.									X		
<i>Doliolina mülleri</i>						X					
<i>Fritillaria tenella</i>			X								
<i>Mesosagitta minima</i>	X										
<i>Neocalanus gracilis</i>						X					x
<i>Oithona setigera</i>	X									X	x
<i>Oithona</i> spp.									X	X	
<i>Oncaea</i> spp.									X	X	
<i>Pseudevadne tergestina</i>								X			
<i>Pyrosoma atlanticum</i>									X	X	x
<i>Sagitta bipunctata</i>									X		
<i>Salpa fusiformis</i>	X										
<i>Euchaeta</i> spp.										X	
<i>Clausocalanus mastigophorus</i>										X	
<i>Pleuromamma gracilis</i>										X	
<i>Agetus flaccus</i>										X	
<i>Triconia</i> cf. <i>conifera</i>										X	
<i>Clausocalanus arcuicornis</i>											x

5.5.2.2. Análise Quantitativa

A densidade do zooplâncton oscilou entre 345,32 ind.m⁻³ (estação 3) e 780,95 ind.m⁻³ (estação 1), com densidade média e desvio padrão iguais a 492,27 ind.m⁻³ e 170,55 ind.m⁻³ respectivamente. A menor e maior densidade ocorreram no raio de 200 m, porém, não foi possível verificar um claro padrão de distribuição (**Figura 48**). De maneira geral, o zooplâncton apresentou alta variabilidade na densidade quando comparado às campanhas anteriores sendo menor apenas que a campanha de 2019 (**Tabela 18**). Isto se deu, especialmente por conta da estação 1, cujo valor de densidade total foi consideravelmente maior que nos outros pontos amostrais.



Ressalta-se que oscilações verificadas, tanto entre estações de uma mesma campanha quanto entre campanhas, podem ser explicadas pela distribuição em manchas do zooplâncton, comumente reportada pela literatura (COYLE; HUNT, 2000; FOLT; BURNS JR, 1999), bem como pode estar associada ao aumento da densidade de fitoplâncton observado na presente campanha.

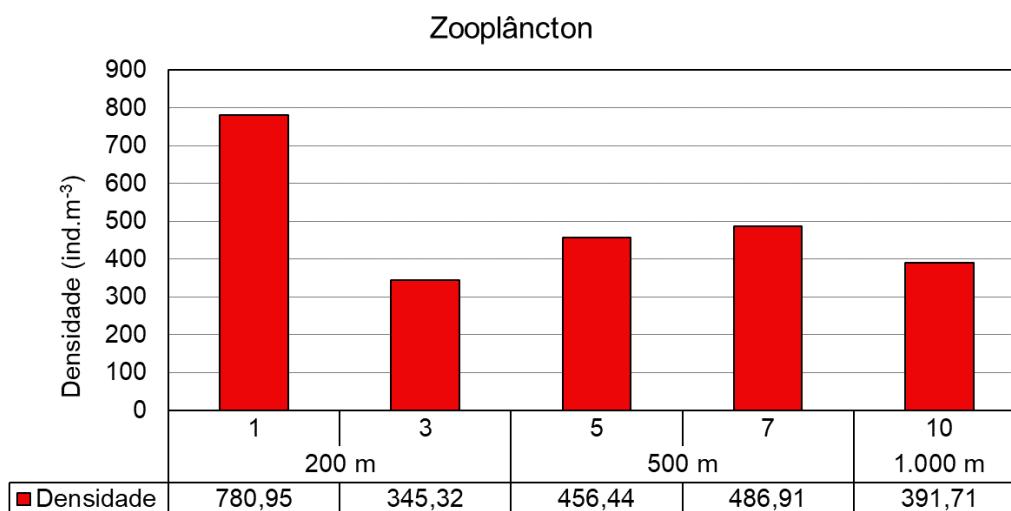


Figura 48: Densidade do zooplâncton nas cinco estações monitoradas durante a 11ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos.

Tabela 18: Densidade zooplanctônica (ind.m⁻³) registradas nas Campanhas de Monitoramento Ambiental realizadas no entorno da plataforma FPSO Espírito Santo.

Campanha	Densidade (ind.m ⁻³)	
	Mín	Máx
2011	184,32	408,1
2012	108,49	298,79
2013	237,38	302,02
2014	68,04	283,41
2015	232,02	622,19
2016	76,46	169,46
2017	220,82	458,97
2018	191,87	581,12
2019	88,68	697,56
2020	225,38	393,76
2021	345,32	780,95

Em relação à distribuição taxonômica, o grupo dos Copepoda foi o mais abundante, contribuindo com 71,43% da abundância observada em toda a campanha, seguido por Mollusca (20,65%). Os outros grupos que contribuíram com mais de 3% de toda a campanha foram do maior para o menor, Appendicularia (3,33%); Chaetognatha (1,87%); Ostracoda (1,28%); Euphasiacea (1,12%) e a categoria “Outros” (0,33%). A distribuição dos táxons



apresentou baixa variabilidade entre as estações, com a grande contribuição de Copepoda em todos os pontos amostrados. Destaca-se também a contribuição dos Mollusca nas estações 1, 5 e 10 (Tabela 19 e Figura 49).

Tabela 19: Densidade zooplancônica total e por grupos (com participação >1%) (ind.m⁻³) durante a 11ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos.

Distância	Estação	Mollusca	Copepoda	Euphausiacea	Ostracoda	Chaetognatha	Appendicularia	Outros (<1%)	Total
200 m	1	241,50	450,52	2,92	6,41	25,14	52,29	2,16	780,95
	3	33,75	291,95	3,36	1,97	3,72	8,90	1,67	345,32
500 m	5	128,61	293,11	8,81	8,99	5,54	9,60	1,79	456,44
	7	26,26	430,34	7,94	6,85	7,30	6,98	1,24	486,91
1.000 m	10	78,11	292,26	4,49	7,21	4,26	4,07	1,30	391,71
Mínimo		26,26	291,95	2,92	1,97	3,72	4,07	1,24	345,32
Máximo		241,50	450,52	8,81	8,99	25,14	52,29	2,16	780,95
Média		101,65	351,63	5,50	6,29	9,19	16,37	1,63	492,27
Desvio Padrão		88,22	81,37	2,70	2,60	9,02	20,20	0,38	170,55

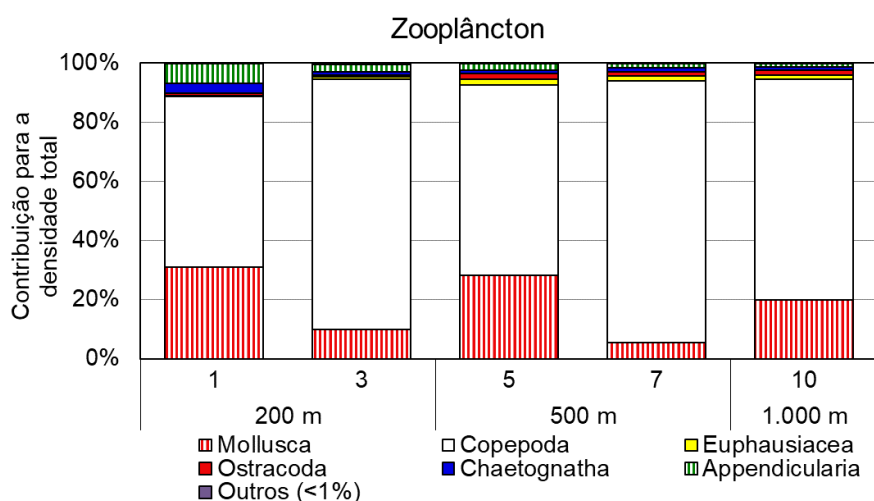


Figura 49: Abundância relativa (%) dos grupos dominantes coletados nas cinco estações monitoradas durante a 11ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos.

Os copépodes identificados na atual campanha estiveram distribuídos em 15 famílias, das quais as mais abundantes foram Calanidae, Clausocalanidae, Metridinidae, Oithonidae, Corycaidae e Oncaeidae. Ocorreram ainda as famílias Acartiidae, Aetideidae, Candaciidae, Euchaetidae, Lucicutiidae, Paracalanidae, Pontellidae, Scolecitrichidae, Miracidae, porém com contribuições inferiores a 3%, de forma que foram agrupadas como “outros” na Figura 50. As espécies com maiores densidades foram *Clausocalanus furcatus*, *Farranulla gracilis*, *Oithona similis*, *Nannocalanus minor*, *Oncaea venusta*, e *Oncaea venusta venella*.



(Tabela 20). Tais espécies são comuns na área de estudo, sendo associadas a águas quentes e amplamente distribuídas em todos os oceanos com elevada abundância em regiões oceânicas (ESNAL, 1999; CAMPOS, 2000; BONECKER; CARVALHO, 2006; BONECKER et al., 2006).

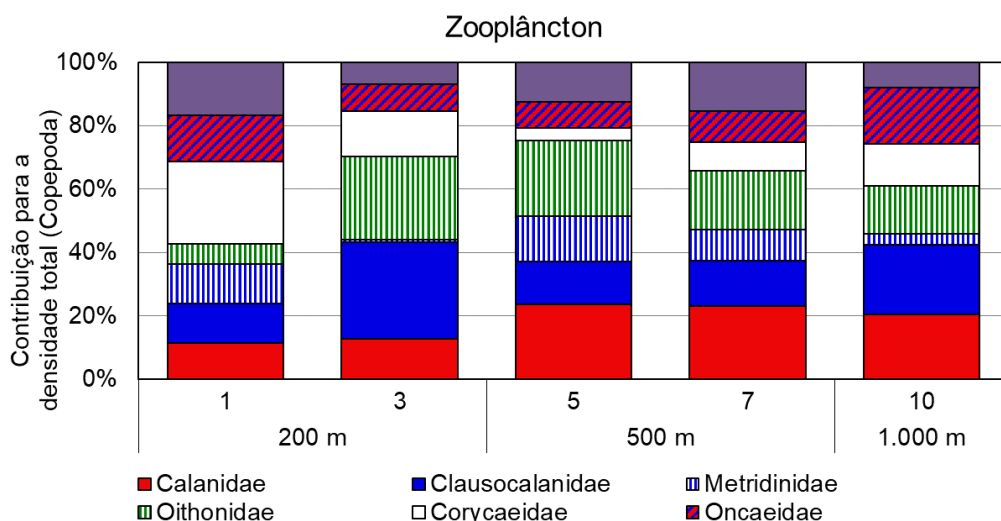


Figura 50: Abundância (%) dos copépodes dominantes coletados nas cinco estações monitoradas durante a 11ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos.

Tabela 20: Táxons de maior densidade na comunidade zooplanctônica coletada durante a 11ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos.

Táxon		Densidade total (ind.m ⁻³)
Mollusca	Gastropoda	507,438
Copepoda	<i>Clausocalanus furcatus</i>	243,269
Copepoda	<i>Farranulla gracilis</i>	186,105
Copepoda	Clausocalanidae	167,452
Copepoda	<i>Oithona similis</i>	131,831
Copepoda	<i>Oithona setigera</i>	126,199
Copepoda	<i>Nannocalanus minor</i>	109,257
Appendicularia	<i>Oikopleura (Coecaria) longicauda</i>	71,337
Copepoda	<i>Oncaea venusta</i>	70,973
Copepoda	<i>Oncaea venusta venella</i>	70,595

5.5.2.3. Estrutura da Comunidade

Os valores do índice de diversidade nas estações da atual campanha variaram entre 2,71 (estação 1) e 3,25 bits.ind⁻¹ (estação 7), com média de 2,90 bits.ind⁻¹ (DP ± 0,22 bits.ind⁻¹). Os valores de equitabilidade variaram de 0,66 a 0,78 (também nas estações 1 e 7,



respectivamente), com média e desvio-padrão iguais a 0,70 e 0,05, respectivamente (Figura 51).

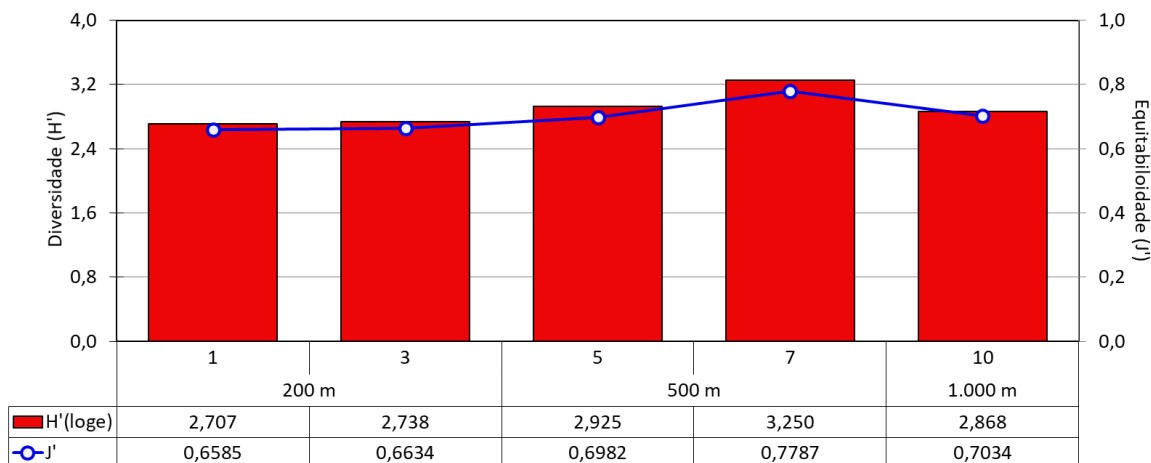


Figura 51: Índice de diversidade e de equitabilidade da comunidade zooplancônica das cinco estações monitoradas na 11ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos.

Na **Tabela 21**, observam-se os valores dos índices referentes à atual e às campanhas pretéritas deste PMA. Os valores de diversidade e equitabilidade da atual campanha alcançaram níveis similares aos observados durante o monitoramento.

Tabela 21: Valores de diversidade e equitabilidade da comunidade zooplancônica nas dez últimas Campanhas de Monitoramento Ambiental realizadas no entorno do FPSO Espírito Santo.

Índice / Campanhas	Diversidade (bits.ind ⁻¹)		Equitabilidade	
	Mín	Máx	Mín	Máx
2011	4,1	4,21	0,91	0,93
2012	4,13	4,59	0,81	0,87
2013	4,08	4,5	0,77	0,84
2014	2,88	3,38	0,92	0,95
2015	2,32	3,01	0,59	0,74
2016	3,16	3,64	0,76	0,84
2017	2,93	3,34	0,7	0,79
2018	2,76	2,98	0,68	0,72
2019	3,99	4,79	0,67	0,77
2020	2,85	3,16	0,70	0,76
2021	2,71	3,25	0,66	0,78

A análise de agrupamento mostrou a formação de dois clados principais com cerca de 60% de similaridade (percentual mínimo obtido), sendo um formado exclusivamente pela estação 1



outro pelas demais estações. Acredita-se que este panorama esteja ligado ao fato de que a estação 1 apresentou a maior densidade total, tendo sido, dentre as estações, a que teve maior densidade de Mollusca.

O segundo clado, com um pouco mais de 70% de similaridade, foi composto apenas pela estação 10 (controle) e crê-se que possa estar associado à menor riqueza neste ponto (Figura 52).

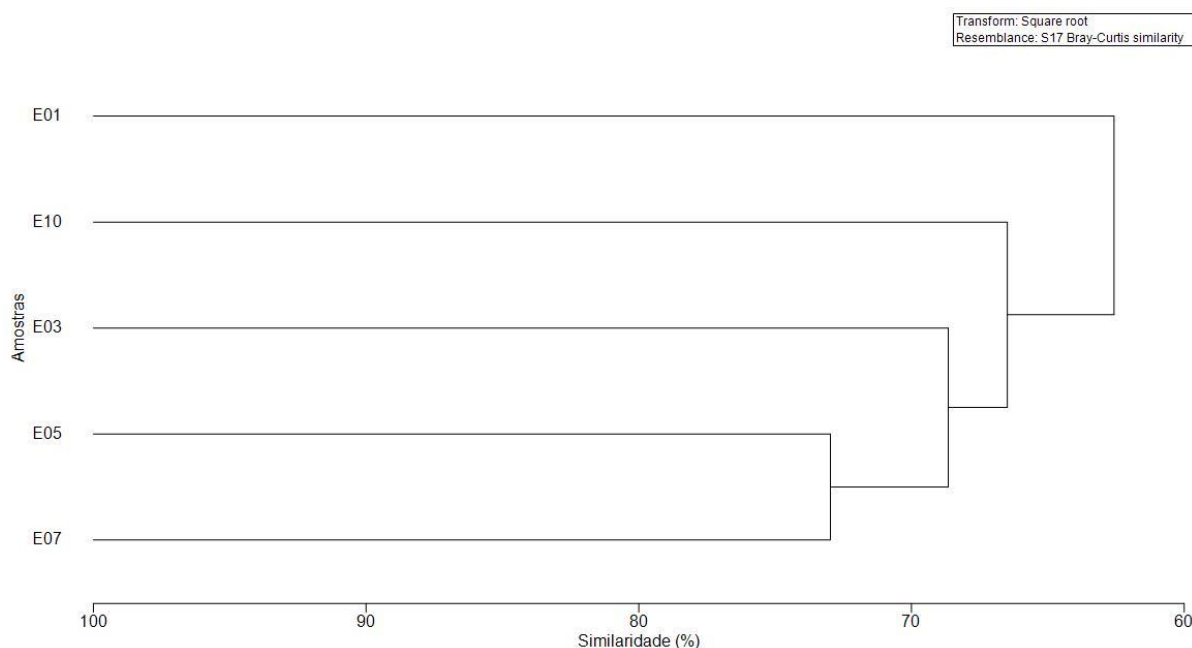


Figura 52: Análise de agrupamento das amostras através do índice de similaridade de Bray-Curtis nas cinco estações monitoradas durante a 11ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos.

5.5.3. Ictioplâncton

5.5.3.1. Caracterização da comunidade

Na atual campanha de monitoramento realizada no Parque das Conchas foram identificados 31 táxons, tendo a identificação taxonômica compreendido duas ordens, oito famílias, 6 gêneros, 14 espécies de larvas de peixes e larvas não identificadas. As larvas de peixe encontradas distribuíram-se em 11 ordens, a citar: Anguilliformes, Stomiiformes, Aulopiformes, Myctophiformes, Lampriformes, Gadiformes, Gobiiformes, Beloniformes, Carangiformes, Scombriformes, Labriformes,

Na campanha de 2020 (10ª campanha) também foram identificados 31 táxons, abrangendo 11 famílias, 7 gêneros e 12 espécies de larvas de peixes. Na campanha realizada em 2019 (9ª campanha) foram identificados 73 táxons compreendendo, 28 famílias, 21 gêneros e 24



espécies de larvas de peixes, em 2018 (8ª campanha) foram identificados 33 táxons compreendendo, 20 famílias e 13 espécies de larvas de peixes, seguido de 23 famílias e 23 espécies (7ª campanha), 23 famílias e 37 espécies (6ª campanha), 28 famílias e 24 espécies (5ª campanha), 20 famílias e 27 espécies (na 4ª campanha), 25 famílias e 32 espécies (na 3ª campanha), 31 famílias e 51 espécies (na 2ª campanha) e 30 famílias e 39 espécies (na 1ª campanha), de forma que os resultados obtidos nesta 11ª campanha, em associação com a 10ª, corresponderam a menor riqueza observada ao longo das campanhas de monitoramento ambiental realizadas no entorno do FPSO Espírito Santo.

A **Figura 53** mostra as famílias de larvas identificadas que mais contribuíram para a campanha como um todo, onde a categoria “outros” engloba as famílias com contribuição de apenas um táxon. A família Myctophidae apresentou o maior número de táxons (7), seguido das famílias Phosichthyidae (3), Paralepididae (3), Evermannellidae (2) e Scaridae (2). A categoria “Outros” engloba os grupos que tiveram apenas 1 táxon. As larvas da família Myctophidae também se destacaram em termos de diversidade taxonômica em outros trabalhos desenvolvidos nas costas sudeste e sul brasileira (KATSURAGAWA et al., 1993; NONAKA et al., 2000), com destaque para a associação realizada à presença da massa d’água AT realizada por Lopes (2006), igualmente ao ocorrido no presente estudo.

Contribuição por grupos (riqueza taxonômica)

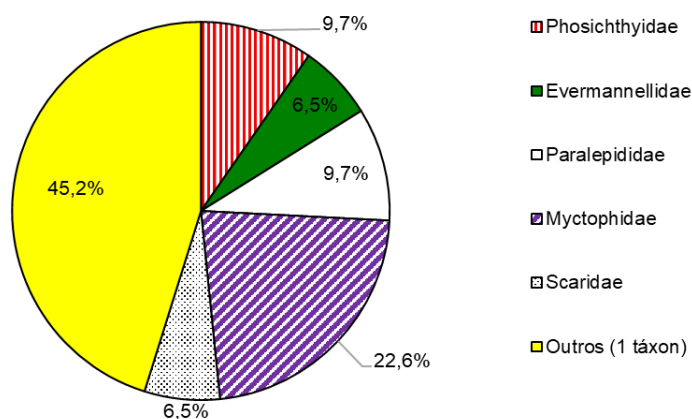


Figura 53: Contribuição percentual do número de táxons por grupos do ictioplâncton durante a 11ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos.

Todos os ovos de peixe permaneceram como não identificados, sendo importante salientar que a identificação de ovos é dificultada pela pouca literatura de referência, no entanto, alguns ovos possuem características muito particulares possibilitando a identificação. Nas campanhas anteriores no entorno do FPSO Espírito Santo já foram registrados ovos de



Anguilliformes, Clupeidae, Maurolicus stehmanni, Synodontidae, Trichiuridae e Beloniformes. Destaca-se que a presença dos ovos de larvas foi identificada em todas as estações (Figura 54)

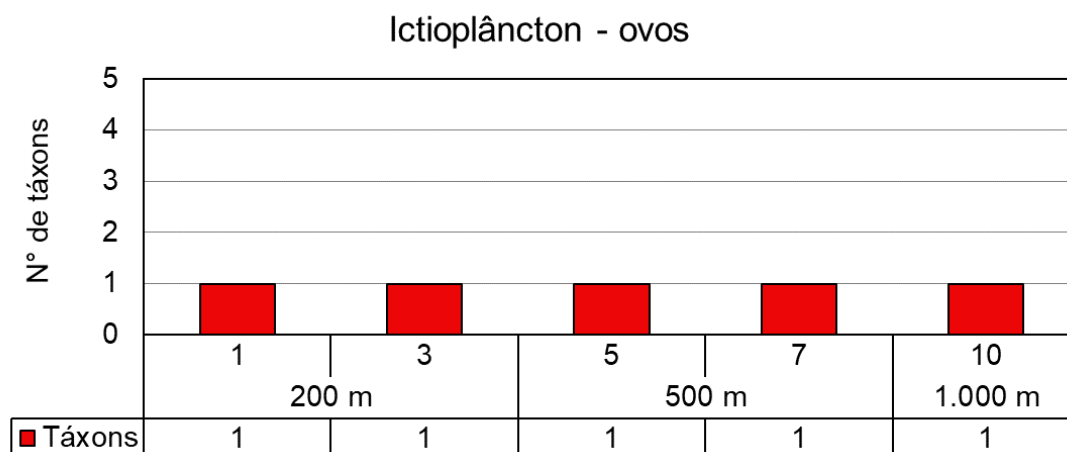


Figura 54: Número de táxons de ovos de larvas em cada estação no entorno do FPSO Espírito Santo durante a 11ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos

Em relação à distribuição espacial dos táxons de larvas identificados, os valores identificados oscilaram entre dez táxons (estação 3) e 20 táxons (estação 7). Não foi possível identificar um padrão evidente de distribuição do número de táxons (Figura 55).

Destaca-se que na campanha passada (10ª) foram detectadas menores riquezas nas estações a 200m do FPSO, tendo um leve acréscimo nas estações a 500 m e o maior número de táxons na estação 10, a 1000 m do FPSO. Este panorama, contudo, não se repetiu para o ano de 2021, uma vez que a maior riqueza se deu no raio de 500 m e a da estação 1 (raio de 200m) foi maior que a riqueza da estação de controle.

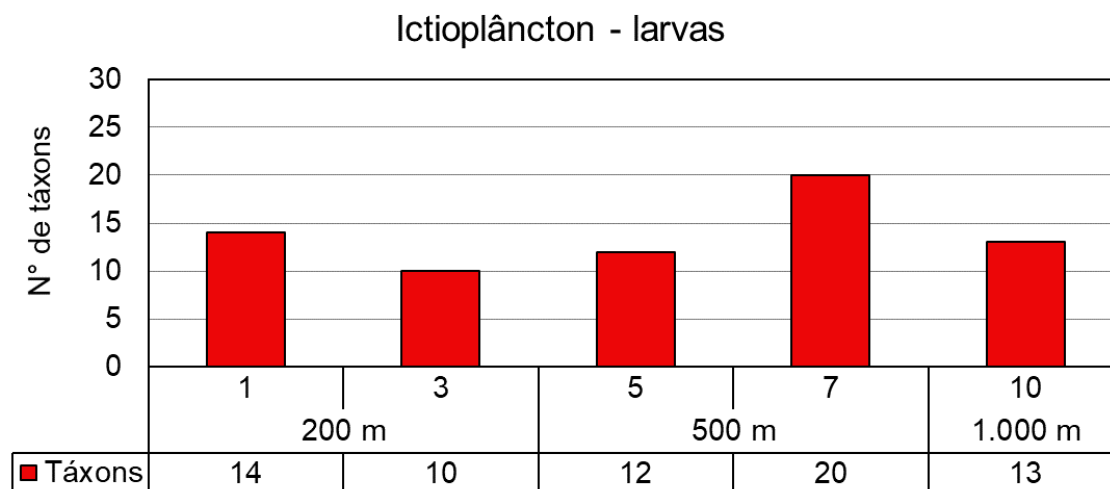


Figura 55: Número de táxons de larvas de peixes em cada estação no entorno do FPSO Espírito Santo durante a 11ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos.

A análise da frequência de ocorrência mostra que entre os 31 táxons identificados, 9 (29%) foram considerados frequentes (de 2 a 3 amostras FO entre 40 e 70%) e 15 (48%) como pouco frequentes (apenas uma amostra, FO \leq 20%). Na **Tabela 22** são apresentados os sete táxons que foram classificados como muito frequentes (4 a 5 amostras, FO acima de 70%). Dentre as espécies muito frequentes, destacaram-se os táxons *Cyclothone* spp.; *Vinciguerria nimbaria*, *Lestidium atlanticum* e Myctophidae encontrados em todas as amostras, sendo *Vinciguerria nimbaria* recorrente entre as campanhas de monitoramento.

Tabela 22: Táxons do ictioplâncton (larvas de peixe) muito frequentes (FO>70%) das amostras durante a atual campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos.

Família	Táxons/Estação	FO
Gonostomatidae	<i>Cyclothone</i> spp.	100%
Phosichthyidae	<i>Vinciguerria nimbaria</i>	100%
Paralepididae	<i>Lestidium atlanticum</i>	100%
Myctophidae	Myctophidae	100%
Phosichthyidae	Phosichthyidae	80%
Phosichthyidae	<i>Pollichthys maui</i>	80%
Myctophidae	<i>Hygophum reinhardtii</i>	80%

5.5.3.2. Análise Quantitativa

Ovos de peixe foram encontrados em todas as estações amostradas, tendo a densidade oscilado entre 1,51 (estação 5) a 7,67 ovos.100m⁻³ (estação 1). Em campanhas oceanográficas de verão e inverno na região de Cabo Frio (isóbata entre 100 e >2.000 m),



Lopes (2006) encontrou valores médios iguais a 12,43 e 0,35 ovos.100m⁻³, respectivamente, incluindo valor mínimo igual a zero ovos.100m⁻³ nas duas estações do ano. Já Franco; Muelbert (2003) encontraram abundância de ovos variando entre 0,08 e 0,71 ovos.100m⁻³ na quebra da plataforma do Sul do Brasil, com valor médio igual a 0,16 ovos.100m⁻³. Logo, as variações na abundância de ovos de ictioplâncton observadas na atual campanha revelam um padrão natural, não podendo estar associada a possíveis mudanças provenientes do descarte de água produzida pelo FPSO Espírito Santo (**Figura 56**).

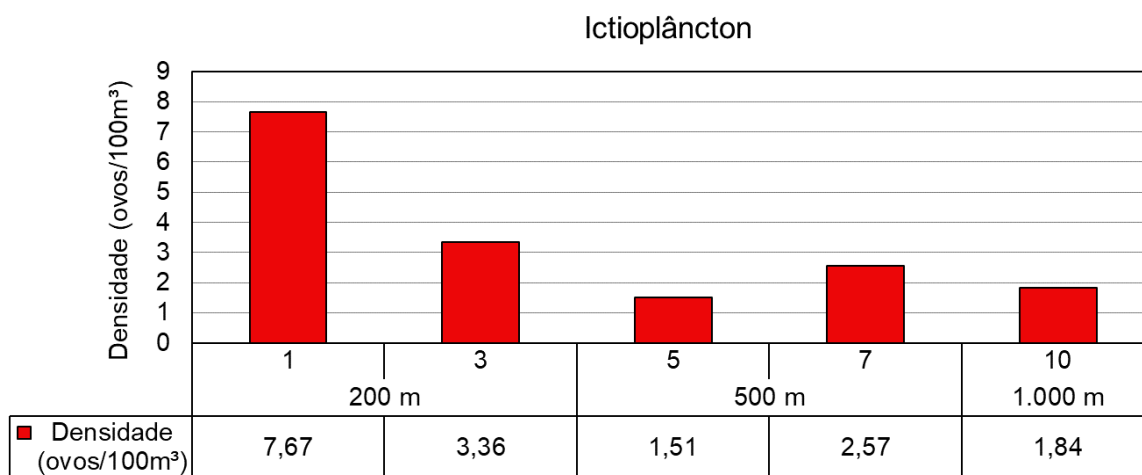


Figura 56: Densidade de ovos de peixes (ovos.100m⁻³) coletados no entorno do FPSO Espírito Santo durante a 11ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos.

As densidades de larvas de peixes variaram de 14,12 larvas.100m⁻³ (estação 5) a 27,94 larvas.100m⁻³ (estação 7), conforme mostra a Figura 57. Não é possível observar um padrão de distribuição em relação ao ponto de descarte do FPSO, tendo como exemplo as estações 1 e 3 (raio de 200 m) ter apresentado maior densidade que a estação 10 (controle). Destaca-se que a estação 7 (500 m) teve a maior densidade.

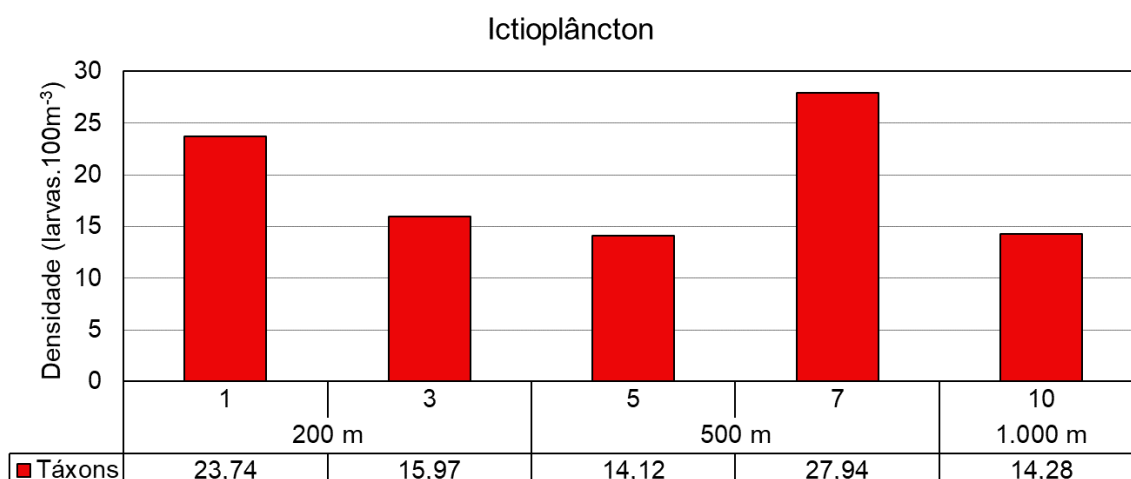


Figura 57: Densidade de larvas de peixes (larvas.100m⁻³) coletados no entorno do FPSO Espírito Santo durante a 11ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos.

A **Tabela 23** resume a abundância de ovos e larvas do ictioplâncton observadas nas campanhas realizadas ao longo do Monitoramento Ambiental no Parque das Conchas. Os valores de densidades de ovos de peixe oscilaram bastante ao longo das campanhas de monitoramento, indo desde valores mínimos de zero ovos.m⁻³ (2014, 2015, 2016, 2017, 2019 e 2020) até a ordem de 1.800 ovos.m⁻³ (3ª campanha). Estas oscilações são comuns na comunidade planctônica, que pode ser influenciada por diversos fatores, como hidrodinâmica, sazonalidade e períodos reprodutivos específicos (LOPES, 2006). Quanto às densidades de larvas de peixe, os resultados ao longo das campanhas oscilaram menos que a densidade de ovos, apresentando ordens de grandeza similares. A presente campanha apresentou valores mais altos que os da campanha passada, mas uma amplitude similar.

Tabela 23: Densidade das larvas e ovos do ictioplâncton encontrados ao longo das campanhas do Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas.

Campanha	Densidade de Larvas (larvas.100m ⁻³)		Densidade de Ovos (ovos.100m ⁻³)	
	Mín	Máx	Mín	Máx
2011	7,07	17,37	0,89	222,69
2012	24,25	66,56	0,56	15,55
2013	15,88	42,25	5,3	1.840,53
2014	5,32	27,62	0	9,88
2015	30,52	68,94	0	22,62
2016	21,99	54,89	0	2
2017	6,32	66,14	0	1,7
2018	23,13	42,05	4	29
2019	8,69	38,97	0	0,19



Tabela 23: Densidade das larvas e ovos do ictioplâncton encontrados ao longo das campanhas do Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas.

Campanha	Densidade de Larvas (larvas.100m ⁻³)		Densidade de Ovos (ovos.100m ⁻³)	
	Mín	Máx	Mín	Máx
2020	5,85	18,00	0	22,95
2021	14,12	27,94	1,51	7,67

A **Tabela 24** e **Figura 58** mostram a distribuição espacial das famílias mais abundantes, onde a categoria “outros” engloba as famílias que apresentaram contribuição para a campanha inferior à 3%. As famílias de destaque foram Myctophidae e Phosichthyidae, com contribuição relativa, para a campanha, de 41,89% e 23,85%, respectivamente (somadas correspondendo a 65,74%).

Tabela 24: Densidade de larvas de peixes (larvas.100m⁻³) por família em cada estação no entorno do FPSO Espírito Santo durante a 11ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos.

Família	Distância					Mín.	Máx.	Média	Desvio Padrão
	200 m		500 m		1.000 m				
	1	3	5	7	10				
Gonostomatidae	3,65	1,26	0,50	2,21	1,38	0,50	3,65	1,80	1,20
Phosichthyidae	4,38	3,36	5,04	5,51	4,61	3,36	5,51	4,58	0,81
Paralepididae	1,46	1,26	2,02	4,04	0,46	0,46	4,04	1,85	1,35
Myctophidae	11,69	6,30	5,04	12,13	5,07	5,04	12,13	8,05	3,57
Não identificadas	0,37	2,94	0,00	0,74	0,00	0,00	2,94	0,81	1,23
Outros (<3%)	2,19	0,84	1,51	3,31	2,76	0,84	3,31	2,12	0,98

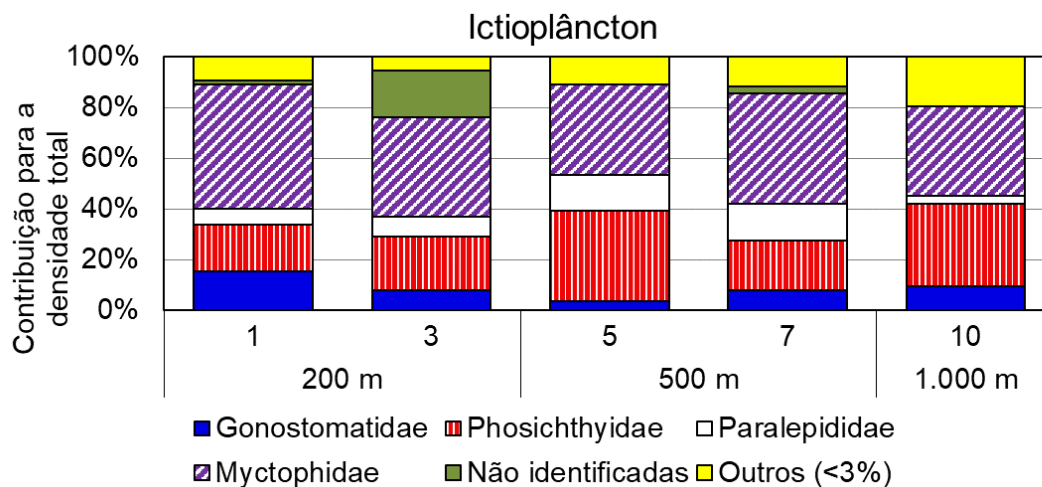


Figura 58: Percentual de larvas de peixes (%) no entorno do FPSO Espírito Santo durante a 11ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos.

A dominância da família Myctophidae vem sendo recorrente entre as campanhas. As larvas de mictofídeos são as mais abundantes em vários estudos desenvolvidos na costa brasileira e também em outras regiões oceânicas ao redor do mundo (HULLEY, 1981; RICHARDS, 1984; OLIVAR, 1988; FLORES-COTO; ORDOÑEZ-LÓPEZ, 1991; DOYLE *et al.*, 1993; OLIVAR; SHELTON, 1993; RICHARDS *et al.*, 1993; NONAKA *et al.*, 2000; NEIRA, 2005; BONECKER *et al.*, 2006; CASTRO *et al.*, 2010). A presença da família Myctophidae em campanhas oceanográficas é comum em amostras de ambiente oceânico *offshore* (CASTRO *et al.*, 2010). Os mesmos autores destacaram que os mictofídeos servem como alimento para algumas espécies com importância comercial como os atuns e os bonitos (CASTRO *et al.*, *op. cit.*). Destaca-se que foram encontradas na atual campanha larvas dos seguintes mictofídeos *Centrobranchus nigroocellatus*, *Hygophum reinhardtii*, *Myctophum obtusirostre*, *Diaphus* sp., *Lepidophanes* sp. e *Lepidophanes guentheri*, com destaque em densidade para as larvas de *Hygophum reinhardtii*.

5.5.3.3. Estrutura da Comunidade

Os valores de diversidade e equitabilidade variaram entre 1,92 (estação 1) e 2,23 bits.ind⁻¹ (estação 7) e entre 0,73 (estação 1) e 0,86 (estação 5), respectivamente (**Figura 59**). A média para a diversidade foi de 2,08 bits.ind⁻¹ ± 0,14 e para equitabilidade foi de 0,81 ± 0,06. Os valores de diversidade e equitabilidade variaram pouco ao longo das estações.

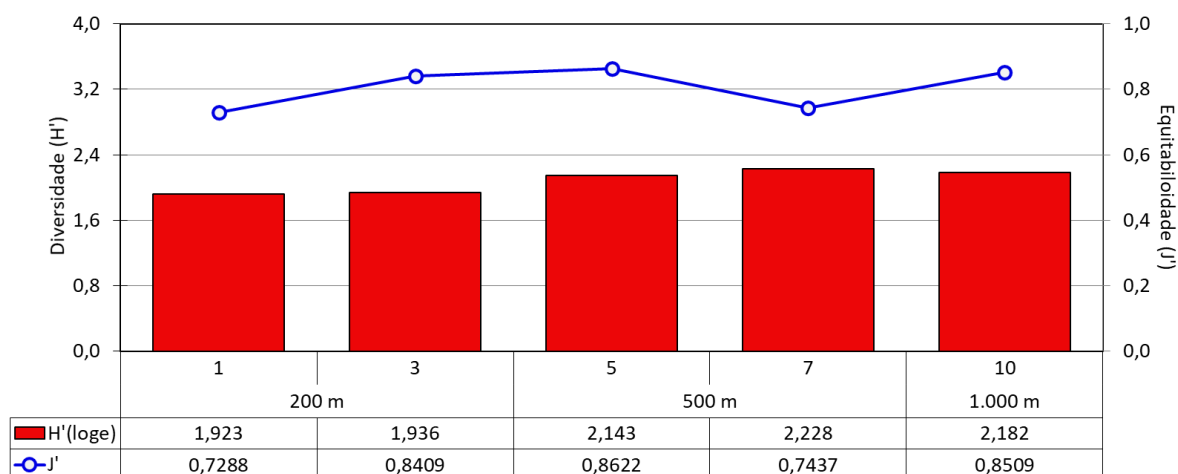


Figura 59: Índice de diversidade e de equitabilidade da comunidade ictioplanctônica das cinco estações monitoradas na 11ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos

Para auxiliar a interpretação da estrutura da comunidade ictioplanctônica, foi realizada uma análise de agrupamento através do índice de similaridade de Bray–Curtis, que é apresentada na **Figura 60**. A análise de agrupamento mostrou a formação de dois clados principais com cerca de 55% de similaridade, um abrangendo as estações 3 e 10 e o outro as demais estações. Este panorama dos pontos 3 e 10 pode ser explicado por essas estações terem apresentado baixos valores de riqueza e densidade. Além disso, ambas não apresentaram representantes da família Evermannellidae.

Ressalta-se que no segundo clado formado a estação 5 ficou à parte das estações 1 e 5. Este cenário pode ser devido aos seus menores valores absolutos de densidade e riqueza frente à todas as estações. Destaca-se que as estações apresentaram certa similaridade, sem qualquer indicativo de agrupamento por raio amostral, uma vez que os clados formados apresentaram representantes de diversas distâncias da FPSO Espírito Santo. Isto indica uma certa homogeneidade da comunidade.

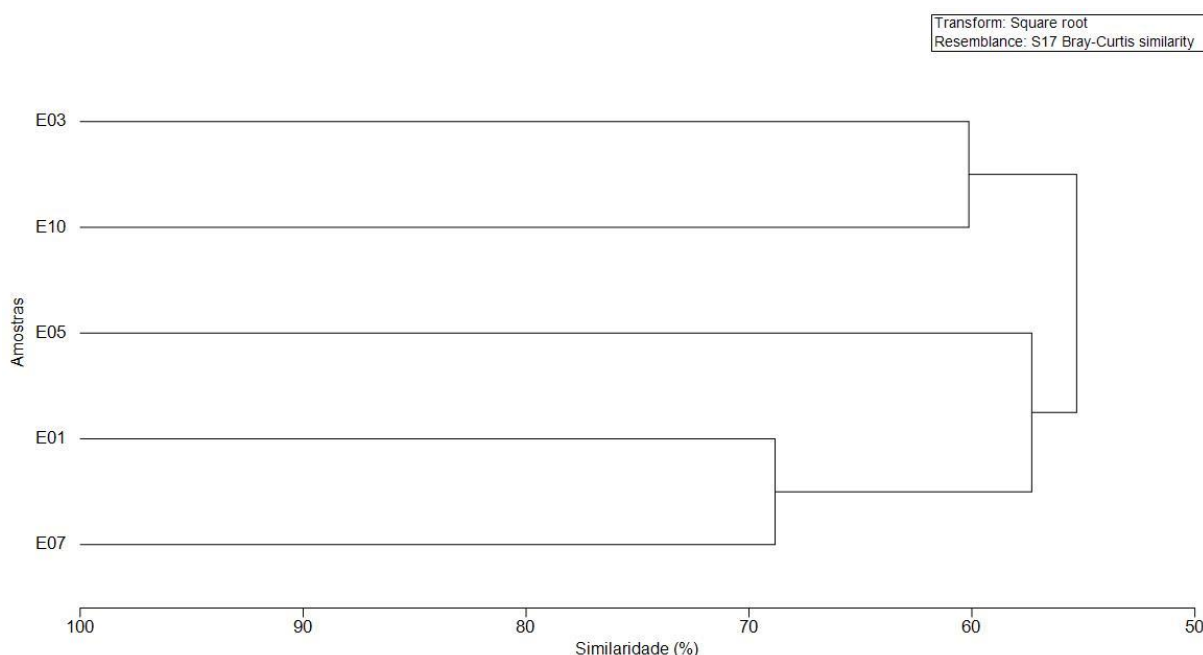


Figura 60: Análise de agrupamento das amostras de ictioplâncton através do índice de similaridade de Bray-Curtis nas cinco estações monitoradas durante a 11ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos.

5.6. ANÁLISE INTEGRADA

Para a análise integrada do compartimento água, os dados de zoo e ictioplâncton não foram inseridos na análise, uma vez que foram amostrados em arrasto oblíquo, não podendo ser relacionados a uma profundidade específica.

Ressalta-se que somente os descritores químicos com resultados representativos e acima do limite de quantificação ou detecção foram utilizados nas análises estatísticas subsequentes (**Tabela 25**). Dentre as variáveis biológicas, foram utilizados os resultados de abundância dos organismos identificados.

Tabela 25: Variáveis abióticas e suas respectivas abreviaturas utilizadas na análise integrada dos dados da 11ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos.

Variáveis	Códigos
Oxigênio Dissolvido	OD
pH	pH
Ferro total	Fe total
Vanádio	V
Arsênio	As
Boro	B



Tabela 25: Variáveis abióticas e suas respectivas abreviaturas utilizadas na análise integrada dos dados da 11ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos.

Variáveis	Códigos
Bário	Ba
Zinco	Zn
Urânio	U
Nitrogênio amoniacal	NH3
Nitrito	NO2
Carbono Orgânico Total	COT
Fluoreto	F
Clorofila	Clor

Para a análise integrada, foram realizadas duas análises, uma considerando apenas os parâmetros físico-químicos, e a outra considerando estes parâmetros e os dados biológicos. Assim, quando se integrou estes resultados, apenas foram considerados os valores das estações 1, 3, 5, 7 e 10. Além disso, foram avaliados os grupos de estações por raio.

Deste modo, considerando os parâmetros abióticos, a análise integrada foi realizada através de análise multivariada. Assim foi aplicada a Análise de Ordenação de Coordenadas Principais (sigla em inglês – PCO), para qual os dois principais eixos representaram apenas 32,27% das diferenças observadas entre as estações e profundidades (**Figura 61**).

Foi observada baixa representatividade nesta análise (<50%), não sendo identificada, de forma clara, uma separação das amostras nos dois planos relacionadas às profundidades de coleta (SUP, ACTC e TC), bem como relacionadas às estações e raios, havendo um espalhamento das amostras no plano das análises, refletindo o observado nos itens **Erro! Fonte de referência não encontrada.**, 5.2 e 5.3, onde, de um modo geral, não foram observadas diferenças entre as estações de coleta para os parâmetros analisados, exceto clorofila.

Além disso, quando se aplicou o teste PERMANOVA para identificar se a profundidade, a espacialidade das estações e/ou ambos influenciaram na distribuição das amostras, esses fatores não apresentaram diferença significativa (profundidade: $p = 0,462$; espacialidade: $p = 0,319$; profundidade *versus* espacialidade: $p = 0,248$), indicando assim que do ponto de vista físico-químico tanto a coluna d'água quanto as estações apresentaram características semelhantes.

Assim, considerando os raios de estações, os quais 200 e 500 m representam a zona de mistura e 1.000 m a montante do ponto de lançamento do efluente a área controle, a não identificação de diferença significativa considerando a espacialidade das estações indica que do ponto de vista estatístico o ambiente é semelhante e o descarte não tem influenciado nas características do ambiente, revelando assim, que a água de produção ao atingir o ambiente marinho, imediatamente, sofre um processo de diluição e dispersão, não alterando de modo significativo as características da água no entorno do FPSO Espírito Santo.

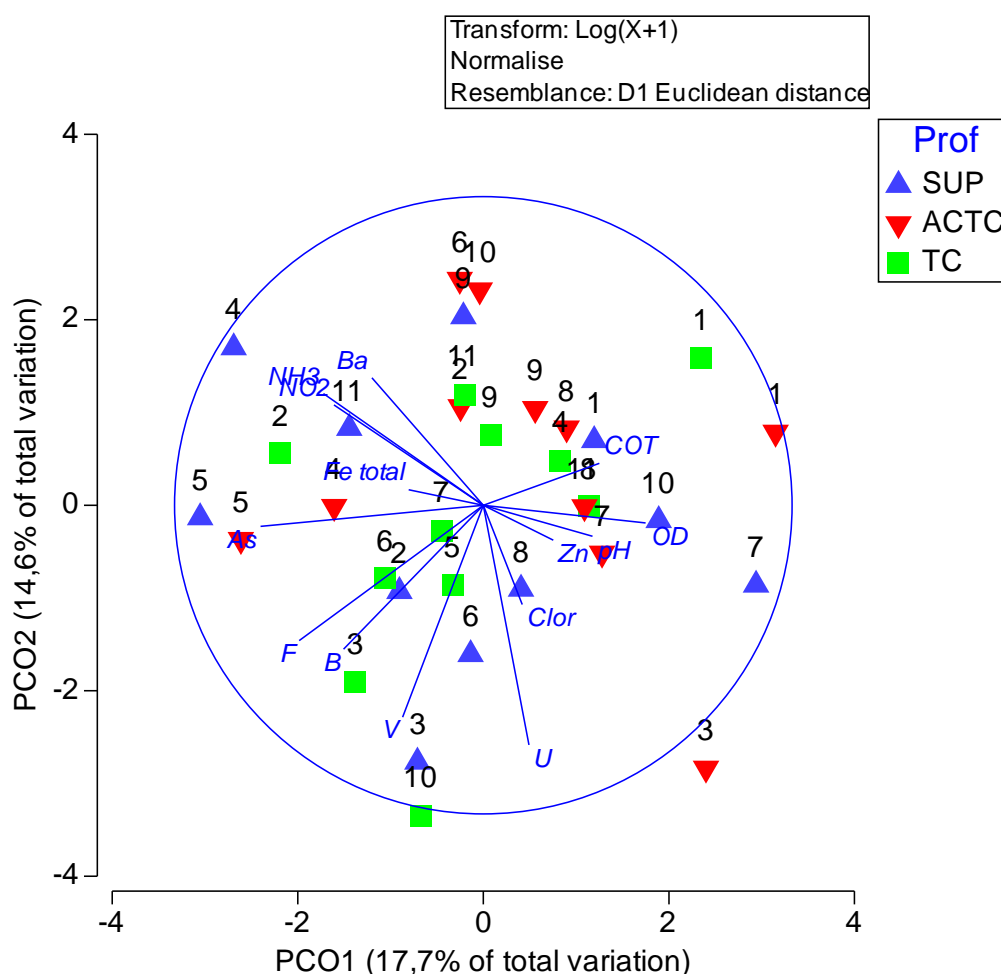


Figura 61: Análise de Ordenação de Coordenadas Principais (PCO) aplicada aos dados físico-químicos com resultados representativos e acima do limite de quantificação ou detecção.

Realizando a análise integrada a partir dos resultados de abundância da comunidade planctônica, primeiramente foi feita a análise de nMDS (**Figura 62**). O stress de 0,07 indicou uma distribuição dos dados em duas dimensões não tão representativa, não sendo possível observar três grupos correspondentes às profundidades de SUP, ACTC e TC, com amostras

se misturando entre os grupos. Além disso, não foi possível verificar uma discriminação entre os raios de estação.

Adicionalmente, a “análise de bolhas” incluída ao nMDS, considerando a espécie de microfitoplâncton mais abundante observada nesta campanha (Gymnodiniales 3A), também não conseguiu discriminar os grupos de amostras tanto por profundidade de coleta quanto por estação, indicando os fatores de estrato de coleta e espacialidade não foram determinantes para agrupar as amostras, demonstrando maior semelhança entre as mesmas.

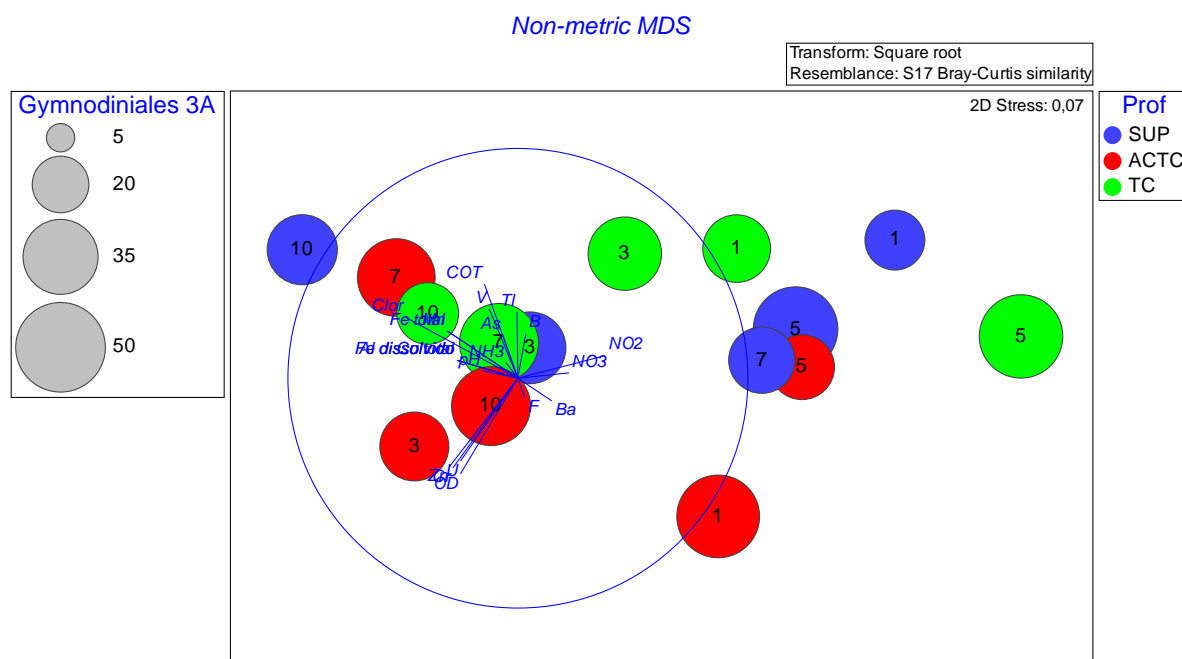


Figura 62: Análise n-MDS aplicada aos resultados de abundância da comunidade planctônica e dados físico-químicos.

Aplicando a análise de PCO para os dados biológicos, os dois principais eixos representaram 70,91%, sendo possível observar um espalhamento das amostras no plano (**Figura 63**). Quando se aplicou o teste PERMANOVA para identificar se os fatores profundidade, espacialidade das estações e/ou ambos influenciaram na distribuição das amostras, assim como verificado para os dados abióticos, nenhum dos três fatores indicaram diferenciação significativa das amostras (profundidade: $p = 0,745$; espacialidade: $p = 0,204$; profundidade *versus* espacialidade: $p = 0,878$), indicando assim que do ponto de vista biótico não foi observada diferença significativa tanto entre as estações quanto entre estratos.

A análise de BIOENV, que objetiva indicar quais parâmetros melhor contribuíram no comportamento dos dados biológicos, indicou que OD tendeu a influenciar na comunidade biológica, tendo influenciado as amostras das estações 1, 3 e 10 do estrato ACTC.

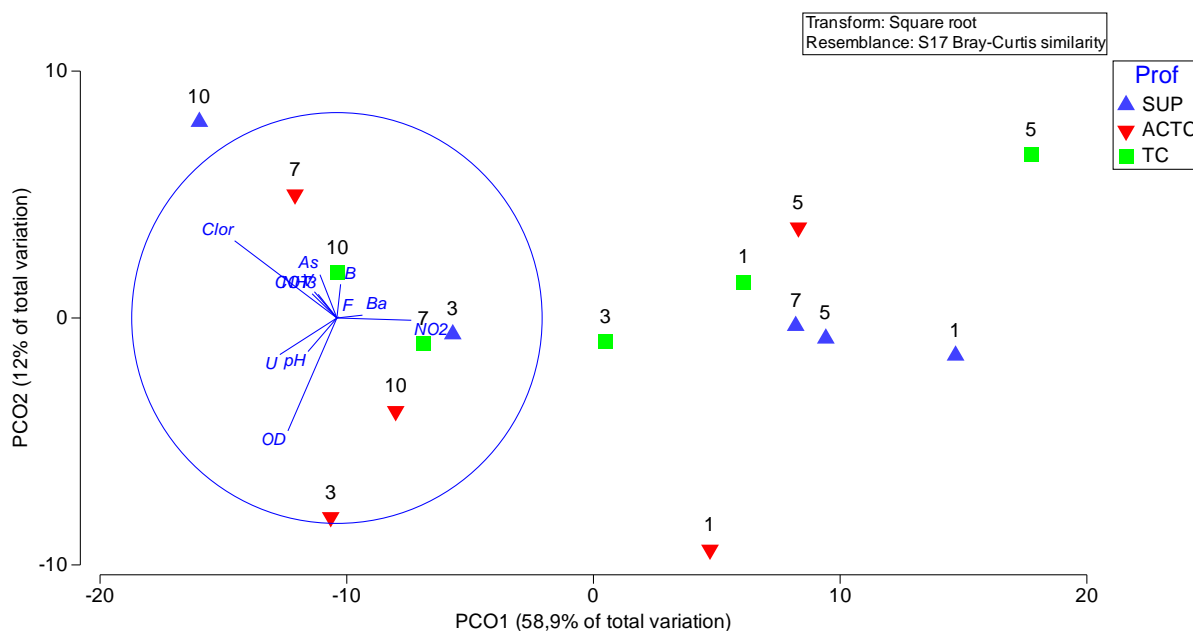


Figura 63: Ordenação de Coordenadas Principais (PCO) aplicada aos dados da comunidade planctônica e físico-químicos.

Por outro lado, realizando as análises de relação (disLM, **Tabela 26**) entre os parâmetros abióticos pH, OD, V, As, Ba, U, nitrogênio amoniacal, nitrito, COT, fluoreto e clorofila, apenas esse último apresentou relação no comportamento dos resultados da abundância da comunidade planctônica, especialmente nas amostras que este parâmetro foi quantificado (estação 7 – ACTC, estação 10 – SUP e estação 10 – TC). Deste modo, os resultados estatísticos observados não indicaram, de um modo geral, que os fatores físico-químicos, especialmente aqueles que podem ser considerados poluentes, têm influenciado a comunidade fitoplanctônica da região no entorno do FPSO Espírito Santo.

Tabela 26: Resultados da análise DISTLM. Valores em negrito indicam correlações significativas (<0,05).

Variáveis	Pseudo-F	p
pH	0,3901	0,8670
OD	1,2341	0,2710
V	0,6094	0,6340
As	0,2353	0,9630
B	0,5717	0,6690
Ba	0,3830	0,8440
U	0,8004	0,4870
NH3	0,2667	0,9670
NO2	1,2628	0,2420



Tabela 26: Resultados da análise DISTLM. Valores em negrito indicam correlações significativas (<0,05).

Variáveis	Pseudo-F	p
COT	0,4174	0,8130
F	0,0081	1,0000
Clor	3,2114	0,0250

6. CONCLUSÃO

A análise de amostras de água e plâncton no campo Parque das Conchas, no entorno do FPSO Espírito Santo, permitiu avaliar a qualidade da água e caracterizar a comunidade planctônica na área com a finalidade de verificar a possibilidade de influência do descarte de água produzida pela unidade e o enquadramento das águas quanto ao requerido pela Resolução CONAMA 357/05.

As perfilagens de salinidade e temperatura demonstraram, até a profundidade máxima monitorada, presença da Água Tropical (AT) e da Água Central do Atlântico Sul (ACAS), massas d'água típicas da bacia de Campos. Foi observada uma camada de mistura profunda que chegou a aproximadamente 150 m, o que refletiu nos dados de nutrientes, que apareceram em baixas concentrações, reforçando o padrão oligotrófico da área. Através das concentrações obtidas, não foi possível verificar aumentos de salinidade nas camadas superficiais que pudessem ser associadas ao descarte de água produzida pelo FPSO.

Os valores de pH, em geral, estiveram dentro do intervalo estabelecido pela Resolução CONAMA 357/05 para águas salinas classe 1. Contudo, uma amostra da estação controle apresentou resultado que ultrapassou ligeiramente o limite máximo, porém tais resultados são considerados típicos de regiões oceânicas (REZENDE *et al.*, 2006).

Foi observada ampla variação das concentrações de oxigênio dissolvido, tendo alguns resultados estado abaixo do limite máximo estabelecido pela legislação ambiental supracitada para águas salinas classe 1. Por outro lado, todos os resultados foram considerados típicos de ambiente marinho tropical, segundo o reportado por NIENCHESKI *et al.* (1999) e VALENTIN *et al.* (2006).

As concentrações de COT foram comuns a área estudada e estiveram de acordo com o observado ao longo do monitoramento e com o estabelecido pela Resolução CONAMA 357/05 para águas salinas classe 1.

Como indicativo da boa qualidade da água na área estudada, cita-se a não verificação de diversos contaminantes com potencial nocivo à biota, como o cianetos, HPA, HTP, BTEX,



índice de fenóis, óleos e graxas, surfactantes, PCB's, tributilestanho, além dos metais berílio, cádmio, chumbo, cobre dissolvido, mercúrio, prata e selênio. Dos demais metais analisados, de um modo geral, estes estiveram abaixo dos limites máximos estabelecidos pela Resolução CONAMA 357/05 para águas salinas classe 1, bem como com o observado nas campanhas anteriores, tendo apenas o zinco ultrapassado, em duas amostras, o limite máximo estabelecido por esta resolução, os quais foram considerados valores espúrios na análise de *boxplot*, sendo importante sua avaliação nas próximas campanhas

Ressalta-se que a ausência de efeito nocivo à biota foi ratificada pelos resultados dos testes de ecotoxicidade, que não demonstraram efeito crônico ou agudo. Os resultados de radioisótopos demonstraram concentrações abaixo do limite de quantificação do método tanto para ^{226}Ra quanto para ^{228}Ra . A não quantificação reportada para a atual campanha é um cenário comum verificado ao longo do monitoramento.

Quanto à análise da comunidade planctônica no entorno do FPSO, observou-se resultados condizentes para a área de estudo, indicando que não há indícios de alteração/impacto relacionada com o descarte de água produzida. Para o nanoplâncton foram detectados cinco táxons: nanoplâncton não identificado, Diatomácea, Dinoflagelado, Cianobactéria e Cocolitoforídeo. Já para o microfitoplâncton observou-se dominância de dinoflagelados, diatomáceas, e as cianobactérias, destacando a maior presença de dinoflagelados, como nas campanhas anteriores. Para o zooplâncton, o grupo dos copépodes (organismos holoplanctônicos) se destacou. Na análise do ictioplâncton foi observada uma composição comum para área, considerando as campanhas anteriores e registros pretéritos dos táxons nas águas brasileiras.

É possível concluir que esta 11ª Campanha de Monitoramento do campo Parque das Conchas indicou que a qualidade da água no entorno do FPSO Espírito Santo não demonstra alteração (variação) diretamente associada às atividades desta instalação *offshore* (**Tabela 27**). Os resultados discutidos foram condizentes ao ambiente oceânico e, em geral, similares às campanhas anteriores e também aos obtidos em outros estudos da Bacia de Campos.



Tabela 27: Avaliação dos Objetivos, Metas, Indicadores e Resultados do PMA.



Objetivo	Meta	Indicadores	Resultados
<p>- Verificar <i>in situ</i> o impacto do descarte de água produzida, considerando o prognóstico de modelagem e a avaliação de impactos ambientais do EIA;</p> <p>- Verificar o atendimento à CONAMA nº393/07 no que se refere ao enquadramento como “Águas Salinas Classe 1” da água do mar no entorno do FPSO Espírito Santo.</p>	<p>Garantir a qualidade de água no entorno do FPSO Espírito Santo, após a zona de mistura, atende ao enquadramento como Águas Salinas – Classe 1 de acordo com os limites definidos pelas resoluções CONAMA 357/05 e 393/07, e que eventuais parâmetros que excedam esses limites, não tenham origem no descarte de água produzida do FPSO Espírito Santo.</p>	<p>Alterações na qualidade da água, apresentadas pelos parâmetros:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Físico-químicos (temperatura, salinidade, pH e oxigênio dissolvido); - Inorgânicos (nutrientes, cloro residual, sulfetos, cianetos, fluoretos, radioisótopos e metais); - Orgânicos (COT, surfactantes, PCB's, TBT, óleos e graxas, fenóis, HPA's e HTP's); - Testes de Toxicidade <p>Alterações na estrutura e composição planctônica, através de parâmetros como composição, riqueza, densidade e índices de diversidade dos táxons da comunidade.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Os parâmetros físico-químicos apresentaram valores, em geral, compatíveis para as regiões oceânicas e as perfilagens de salinidade e temperatura indicaram massas d'água típicas da plataforma brasileira (AT e ACAS). Os perfis de salinidade não demonstraram incrementos associados à água produzida. - A análise de nutrientes demonstrou características de regiões oligotróficas, como esperado para áreas oceânicas; - Dos metais analisados, apenas duas concentrações de zinco apresentaram concentrações acima do limite estabelecido pela CONAMA 357/05; - Não foram detectadas concentrações efetivas dos compostos orgânicos surfactantes, HPA, HTP, PCB's, BTEX, índices de fenóis, óleos e graxas. - Não foram evidenciados efeitos agudos e crônicos nos testes de toxicidade; - De um modo geral, não foi evidenciado alteração ambiental no entorno do FPSO em função das atividades de descarte de água produzida. <p>- A composição planctônica encontrada foi típica da região oceânica monitorada;</p> <p>- A riqueza taxonômica e os índices de diversidade e equitabilidade apresentaram valores condizentes com os dados pretéritos do monitoramento.</p>



7. EQUIPE TÉCNICA

A equipe técnica responsável pela elaboração deste Relatório é apresentada na **Tabela 28**.

Tabela 28 - Relação da equipe técnica responsável pela elaboração do presente documento.

Nome	Cadastro Técnico Federal (CTF/IBAMA)	Registro	Assinatura
Luisa Santos Machado Oceanógrafa	7526192	Não aplicável	
Luiz Carlos Ramos da Silva Filho Oceanógrafo Msc. Planejamento Ambiental	5006019	Não aplicável	



REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALBAINA, A; IRIGOIEN, X. Fine scale zooplankton distribution in the Bay of Biscay in spring 2004. *Journal of Plankton Research*, v. 29, p.851-870, 2007

ANP – AGÊNCIA NACIONAL DE PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS. Boletim da Produção de Petróleo e Gás Natural, 2020. Disponível em: <https://www.gov.br/anp/pt-br/centrais-de-conteudo/publicacoes/boletins-anp/bmp/2020/2020-06-boletim.pdf>

APHA, AWWA, AEF, 2005. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 21st ed. Washington, DC.

ASIS, J. J. C; CAMPOS, W. L.; NABUAB, F. M. Abundance, composition and distribution of phytoplankton in Calamianes, Palawan. *Science Diliman*. V. 18:2. 1-9p. 2006.

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. Museu Nacional Série de livros n. 21, Rio de Janeiro, p. 165-185.

BERGESCH, M.; ODEBRECHT, C. & MOESTRUP, O. 2008. Nanoflagellates form 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.

BICUDO, C. E. & MENEZES, M., 2006. Gêneros de algas Continentais do Brasil - chave para identificação e descrições. Editora RIMA. 502 p.

BOLTOVSKOY, D., 1981. Atlas de zooplancton del Atlántico Sudoccidental y métodos de trabajo con el zooplancton marino. INIDEP, Mar del Plata, 936p.

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 n. 19. Rio de Janeiro. 216 p.

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. Museu Nacional Série de livros n. 21, Rio de Janeiro, 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. Museu Nacional Série de livros n. 21, Rio de Janeiro, p. 203-213.

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, S. L. C.; VALENTE, A.; DIAS, C. O.; FERNANDES, L. D. A.; ARRUDA, M.; ALPINO, P.; COSTA, R. F. C. & CARVALHO, P. F., 2014a. Catálogo digital de zooplâncton da região da Baía de Campos. Disponível em: <http://www.biologia.ufrj.br/LIZI/>. Acessado em: junho de 2014.



BONECKER, A.C.T.; NAMIKI, C.A.P.; CASTRO, M.S. & CAMPOS, P.N., 2014b. Catálogo digital de larvas de peixes da região da Bacia de Campos. Disponível em: <http://www.biologia.ufrj.br/LIZI/>. Acessado em: junho de 2014.

BONECKER, A.C.T.; NAMIKI, C.A.P.; CASTRO, M.S.; & CAMPOS, P.N. 2014. Catálogo dos estágios iniciais de desenvolvimento dos peixes da bacia de Campos. [online]. Curitiba: Sociedade Brasileira de Zoologia. Zoologia: guias e manuais de identificação séries. Disponível em SciELO Books. 295 p.

BONECKER, A.C.T.; CASTRO, M.S.; NAMIKI, C.; BONECKER, F.T.; BARROS, F.B.A.G.; MONTEIRO-RIBAS, W.M., 2006. Ictioplâncton. In: VALENTIN, J.L. (Ed.). Características da região central da Zona Econômica Exclusiva brasileira (Salvador, BA, ao Cabo de São Tomé, RJ). Brasília: Ideal Gráfica e Editora (Série Documentos REVIZEE/SCORE Central), p. 141-159.

BOULOBASSI, 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.

BRANDINI, F.P.; LOPES, R.M.; GUTSEIT, K. S.; SPACH, H.L & SASSI, R. 1997. Planctonologia na Plataforma Continental do Brasil - Diagnose e Revisão Bibliográfica. Publicação do Ministério do Meio Ambiente, CIRM e Fundação de Estudos do Mar. 196 p.

BRETAS, E., 2011. Avaliação toxicológica da água produzida de uma plataforma off shore de gás natural. *Revista Ceciliana* Jun 3(1): 50-53,

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.

CAMPOS, M.A.G. 2000. As apendiculárias da região compreendida entre Cabo Frio (RJ) e Cabo de Santa Marta Grande (SC). USP. São Paulo. Tese de Mestrado.

CAPONE, D. G.; ZEHR, J. P.; PAERL, H. W.; BERGMAN, B. & CARPENTER, E. J. 1997. *Trichodesmium*, A Globally Significant Marine Cyanobacterium. *Science*, 276: 1221-1229.

CARPENTER, E.J.; SCRANTON, M. I.; NOVELLI, P.C. & MICHAELS, A. 1987. Validity Of N₂ Fixation Rate Measurements In Marine Oscillatoria (*Trichodesmium*) *J. Plank. Res.*, 9: 1047-1056

CASTRO, B. M., MIRANDA, L. B. Physical Oceanography of the Western Atlantic Continental Shelf Located between 4°N and 34°S Costal Segment (4,W). Chapter 8. Instituto Oceanográfico, Universidade de São Paulo. *The Sea*, V. 11, N.1, P. 209-251, 1998.

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.

CHAMP, M. A., 2000. A review of organotin regulatory strategies, pending actions, related costs and benefits. *Science of the Total Environment* 2581, 21-71.

CHRÉTIENNOT-DINET, M. J., 1990. Atlas du phytoplancton Marin. Chlorarachnoiphycees, Chlorophycees, Chrysophycees, Cryptophycees, Euglenophycees, Eustigmatophycees, Prasinophycees, Prymnésiophycees, Rhodophycees et Tribophycees. Paris, Centre National de la Recherche Scientifique, v. 3.



CIOTTI, A. M.; GONZALEZ-RODRIGUES, E.; ANDRADE, L.; PARANHOS, R.; CARVALHO, W. F. 2007. Clorofila-a, Medidas Bio-ópticas e Produtividade Primária. In: Características hidrológicas da região central da Zona Econômica Exclusiva Brasileira (Salvador, BA, ao Cabo de São Tomé, RJ) / Jean Louis Valentin, organizador. Brasília: MMA 61-72 pp (Série Documentos REVIZEE –SCORE Central, 2).

CLARKE, K. R. & WARWICK, R. M., 1994. Change in marine communities: an approach to statistical analysis and interpretation. Plymouth Marine Laboratory, Plymouth, 144 p.

COYLE, K.O.; HUNT JR, G.L. Seasonal differences in the distribution, density and scale of zooplankton patches in the upper mixed layer near the western Aleutian Islands. *Plankton Biol. Ecol.* 47 (1): 31-42, 2000.

CUPELO, A. C. G., 2000. As frações do pico-, nano- e microplâncton na profundidade do máximo de clorofila na costa central do Brasil (13,5° - 23° S). Dissertação de Mestrado. Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo. 131 p.

CUPP, E. E., 1943. Marine plankton diatom of the West coast of North America. *Bull. Scripps Inst. Oceanogr. Berkeley, CA: Univ. Calif. techn. ser.*, v. 6, no. 1, 238 p.

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 n. 21, Rio de Janeiro, p. 23-101.

DUGDALE, R. C. & GOERING, J. J., 1967. Uptake of new and regenerated forms of nitrogen in primary productivity. *Limnology and Oceanography*, 12: 196-206

EKAU, W. & Y. MATSUURA. 1996. Diversity and distribution of ichthyoplankton in the continental shelf waters of East Brazil, p. 135-147. In: W. EKAU & B. KNOPPERS (Eds). Sedimentation process and productivity in the continental shelf waters off East and Northeast Brazil. Joint Oceanographic Projects. JOPS II, Cruise Report and First Results. Bremen, Center for Tropical Marine Ecology, 151p.

EMILSON, I. 1961. The Shelf and Coastal Waters Off Southern Brazil. *Bolm. Inst. Oceanogr.*, XI(2), 101-112.

EPPLEY, R.W.; ROGERS, J.N. & MACCARTHY., 1969. Half-saturation constants for uptake of nitrate and ammonium by marine phytoplankton. *Limnology and Oceanography*, 14: 912-920.

Eschmeyer, W.N.; Fricke, R.; van der Laan, R. (Eds)., 2019. Catalog of Fishes. Disponível em <http://researcharchive.calacademy.org/research/ichthyology/catalog/fishcatmain.asp>. Acesso 10/11/2020.

ESNAL, G.B. 1999. Appendicularia. In: BOLTOVSKOY, D. (Ed.) South Atlantic zooplankton. Leiden, Backhuys Publishers, p. 1375-1398.

EYNAUD, F.; GIRAudeau, J.; PICHON, J. J. & PUDSEY, C. J., 1999. Sea-surface distribution of coccolithophores, diatoms, silicoflagellates and dinoflagellates in the South Atlantic Ocean during the late austral summer 1995. *Deep-Sea Research I*, 46: 451-482.

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.



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.

FOLT, C.L.; BURNS, C.W. Biological drivers of zooplankton patchiness. Trends in Ecology & Evolution, Volume 14, Issue 8, 1 August 1999, Pages 300–305.

FRAGOSO, M. R.; PELLEGRINI, J. A. C.; ASSIREU, A. T.; DOS SANTOS, F. A.; MARQUES DA CRUZ, L. M. 2008. Caracterização cinemática e estatística dos vórtices na Bacia Oceânica SE/S do Brasil obtidos por derivadores rastreados por satélite durante a primavera de 2007. Anais do III Congresso de Oceanografia. Fortaleza.

FRANCO, B.F.; MUELBERT, J.H. 2003. Distribuição e composição do ictioplâncton na quebra da Plataforma do Sul do Brasil. Atlântica, 25(1): 75-86.

FRONTIER, S., 1981. Cálculo del error en el recuento de organismos zooplanctónicos. In: Boltovskoy, D. (ed.). Atlas del Zooplankton del Atlántico Sudoccidental y métodos de trabajo con el zooplankton marino. INIDEP, Mar del Plata, Argentina, p. 163-167.

GABIOUX, M 2008. Estudo numérico dos meandros e vórtices da corrente do Brasil entre 22°s e 30°s. Tese (Doutorado em Engenharia Naval e Oceânica). Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ. Rio de Janeiro, RJ.

GARRISON, T. 2010. Fundamentos de Oceanografia. São Paulo. Cengage Learning. 4ª ed. pp. 136.

HALLEGRAEFF, G. M. 1984. Coccolithophorids (calcareous nanoplankton) from Australian waters. Botanica mar. 27: 229-249. HOPKINS, T. L. and BAIRD, R. C. (1973): Diet of the hatchetfish *Sternoptyx diaphana*. Mar. Biol., 21, 34-46.

HASLE, G. A. & SYVERTSEN, E. E., 1997. Marine diatoms. In TOMAS, C. R. (Ed.). Identifying Marine Phytoplankton. U.S.A., Academic Press, 583 p.

HAYS, G. C. 2003. A review of the adaptive significance and ecosystem consequences of zooplankton diel vertical migrations. Hydrobiologia. 503:163- 170.

HEIMDAL, B. R., 1997. Modern Coccolithoforids. In: TOMAS, C. R. (Ed.) Identifying Marine Phytoplankton. U.S.A.: Academic Press, 583 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.

JAHN, R. & KUSBER, W. H. (2005): Reinstatement of the genus *Ceratoneis* Ehrenberg and lectotypification of its type specimen: c. *Closterium* Ehrenberg, Diatom Research, 20:2, 295-304

KATSURAGAWA, M.; MATSUURA, Y.; SUZUKI, K.; DIAS, J. F. & SPACH, H. L., 1993. O ictioplâncton ao largo de Ubatuba, SP: composição, distribuição, e ocorrência sazonal (1985-1988). Publicação especial do Instituto Oceanográfico, 10: 85-121.

KINGSTON, M. B. 2009. Growth and motility of the diatom *Cylindrotheca closterium*: Implications for commercial applications. Journal of the North Carolina Academy of Science 124(4):138-142.



KOMÁREK, J. & ANAGNOSTIDIS, K., 1989. Modern approach to the classification system of cyanophytes (Nostocales). Arch. Hydrobiol. Suppl., v. 82, n. 3, p. 247-345.

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

LONGHURST, A. Seasonal cooling and blooming in tropical oceans. Deep Sea Research Part I: Oceanographic Research, v. 40, p. 2145–2165, 1993.

LOPES, C. L. 2006. Variação espaço-temporal do ictioplâncton e condições oceanográficas na região de Cabo Frio (RJ). Tese (doutorado) Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo, USP. São Paulo – SP. 226p.

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

LUNDGREN, P.; SÖDERBACK, E.; SINGER, A.; CARPENTER, E.J. & BERGMAN, B. 2001. Katagnymene: a novel marine diazotroph. J. Phycol., 37: 1052–1062.

MALONE, T. C., 1971. The relative importance of nanoplankton and netplankton as primary producers in tropical oceanic and neritic phytoplankton communities. Limnology and Oceanography, 16(4): 633-639.

MARGALEF, R. 1972. Regularidades en la distribución de la diversidad del fitoplancton en un área del mar Caribe. Investigacion Pesquera, v. 36, n. 2, p. 241-264.

MARTENS, P. Mesozooplankton in the northern Wadden Sea of Sylt: Seasonal distribution and environmental parameters. Helgoländer Meeresunters, v. 49, p. 553-562, 1995.

MCEWEN, 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 Meteorology, Geophys and Bioklimatology, (Ser. A), 7: 502-527.

MERINO-VIRGILIO, F. del C; OKOLODKOV, Y. B. ; AGUILAR TRUJILLO, A. C.; OSORIO-MORENO, I.; ECTOR, L.; HERRERA-SILVEIRA, J. A. 2014. Florecimientos de *Cylindrotheca closterium* (Bacillariophyceae) en el norte de Yucatán (2001-2014). XXI Congreso Nacional de Ciencia y Tecnología del Mar, Isla Cozumel, Quintana Roo, México, 2014

MORRISSEY, J.F.; SUMICH, J. L. 2012. Introduction To The Biology Of Marine Life, 10th Edition. Jones And Bartlett, Massachusetts.

NELSON, J.S.; GRANDE, T.C.; WILSON, M.V.H., 2016. Fishes of the world. 5a edição. John Wiley & Sons. New Jersey. 752 p.

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.

NIENCHESKI, L.F.; BAUMGARTEN, M.G.Z.; ROSO, R.H.; BASTOS, L.A.P., 1999. Oceanografia química – levantamento bibliográfico e identificação do estado atual do conhecimento. MMA, CIRM, FEMAR, Rio de Janeiro, 171p.



NYBAKKEN, J.W. & BERTNESS, M. D. 2005. Marine Biology. An ecological approach. 6th ed. Pearson Education, San Francisco, CA, USA, 579 pp.

OGP, 2005. Fate and effects of naturally occurring substances in produced water on the marine environment. Report No. 364, pp42.

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. 45 p.

ONBÉ, T., 1999. Ctenopoda and Onychopoda (=Cladocera). In: Boltovskoy, D. (ed.). South Atlantic Zooplankton. Leiden, Backhuys Publishers. p. 797-814.

PASSAVANTE, J.Z.O.; KOENING, M.L.; ESKINAZI-LEÇA, E. 1982. Dinoflagelados da plataforma continental do Ceara. Trabalhos Oceanográficos da Universidade Federal de Pernambuco 17: 47-66.

PEDROSA, P.; PARANHOS, R.; SUZUKI, M.S.; ANDRADE, L.; SILVEIRA, I.C.A.; SCHMIDT, A.C.,K.; FALCÃO, A.P., LAVRADO, H.P.; REZENDE, C.E. 2006. Hidroquímica de massas d'água oceânicas em regiões da margem continental brasileira, Bacia de Campos, Estado do Rio de Janeiro, Brasil. Geochemica Brasiliensis, 20(1):104-122.

PENTEADO, J.C.P.; VAZ, J.M. O legado das bifenilas policloradas (PCBs). Química Nova, v.24, n.3, p.390-398, 2001.

PETROBRAS, 2013. Projeto de Caracterização Regional da Bacia de Campos (PCR – BC/Habitats). Química Ambiental. Relatório Final. Volume 3. 326p.

PETROBRAS/TERRABYTE, 2011. Estudo de Impacto Ambiental (EIA) - Ampliação dos Projetos de Produção e Escoamento de Petróleo e Gás na Área Denominada Parque das Baleias, Bacia de Campos - EIA Complementar. Relatório Técnico. 1847p.

PIKAEV, A. K., 1995. Current state of radiation processing. Russian Chemical Reviews, v.64, n. 6, p. 569-598.

READMAN, J.W.; FILLMANN, G.; TOLOSA, I.; BARTOCCI, J.; VILLENEUVE, J.P.; CATINNI, C.; MEE, L.D. 2002. Petroleum And Pah Contamination Of The Black Sea. Marine Pollution Bulletin 44: 48–62.

REZENDE, C. E.; ANDRADE, L.; SUZUKI, M. S.; TOVAR-FARO, B.; GONZALEZ, A. S. M. & PARANHOS, R. 2006. Hidroquímica. In: Características hidrológicas da região central da Zona Econômica Exclusiva Brasileira (Salvador, BA, ao Cabo de São Tomé, RJ) / Jean Louis Valentin, organizador. Brasília: MMA 31-60 pp (Série Documentos REVIZEE – SCORE Central, 2).

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.

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.

Sánchez-Velasco, L.; Avalos-Garcia, C.; Rentería-Cano, M. & Shirasago, B., 2004. Fish larvae abundance and distribution in the central Gulf of California during strong environmental changes (1997-1998 El Niño and 1998-1999 La Niña). Deep-Sea Research II, v. 51, p. 711-722.



SEGUI, P. N., 2009. Bioatenuação da geração de sulfeto, por meio da utilização de nitrato, em água produzida proveniente da extração de petróleo. Dissertação (Mestrado em Engenharia), Universidade Federal do Espírito Santo - UFES, Vitória. 101 f.

SIGNORINI, S. R. 1978. On the circulation and volume transport of the Brazil Current between the Cape of São Tomé and Guanabara Bay. Deep Sea Res., Vol. 25(5). 481-490p.

SHELL, 2015. SHELL BRASIL. Disponível em: <http://www.shell.com.br/sobre-a-shell/nossos-negocios/parque-das-conchas.html>. Acessado em outubro de 2015.

SHELL/AECOM. 2011a. Relatório Final da 7ª Campanha do Projeto de Monitoramento Ambiental, Campo De Parque Das Conchas – FPSO Espírito Santo. Relatório Técnico. 107 p.

SHELL/AECOM. 2011b. Relatório Final da 8ª Campanha do Projeto de Monitoramento Ambiental, Campo De Parque Das Conchas – FPSO Espírito Santo. Relatório Técnico. 107 p.

SHELL/AECOM. 2013. Relatório da 9ª Campanha do Projeto de Monitoramento Ambiental, Campo de campo de Parque Das Conchas – FPSO Espírito Santo. Relatório Técnico. 91p.

SHELL/AECOM. 2014. Relatório da 11ª Campanha do Projeto de Monitoramento Ambiental, Campo de campo de Parque Das Conchas – FPSO Espírito Santo. Relatório Técnico. 116p.

SHELL/AECOM. 2015. Relatório da 11ª Campanha do Projeto de Monitoramento Ambiental, Campo de campo de Parque Das Conchas – FPSO Espírito Santo. Relatório Técnico. 108p.

SHELL/AECOM. 2016. Relatório da 12ª Campanha do Projeto de Monitoramento Ambiental, Campo de campo de Parque Das Conchas – FPSO Espírito Santo. Relatório Técnico. 106p.

SHELL/AECOM. 2017. Relatório da 13ª Campanha do Projeto de Monitoramento Ambiental, Campo de campo de Parque Das Conchas – FPSO Espírito Santo. Relatório Técnico. 99p.

SHELL/AECOM. 2018. Relatório da 15ª Campanha do Projeto de Monitoramento Ambiental, Campo de campo de Parque Das Conchas – FPSO Espírito Santo. Relatório Técnico. 98p.

SHELL/WITTOBRIENS. 2019. Relatório da 14ª Campanha do Projeto de Monitoramento Ambiental, Campo de campo de Parque Das Conchas – FPSO Espírito Santo. Relatório Técnico. 95p.

SILVEIRA, I.C.A. O sistema corrente do Brasil na Bacia de Campos, RJ [Tese de Livre Docência]. São Paulo: Universidade de São Paulo, 2007.

SILVEIRA, I.C.A; SCHMIDT, A.C.K; CAMPOS, E.J.D.; GODOI, S.S. & IKEDA, Y. 2000. A Corrente Do Brasil Ao Largo Da Costa Leste Brasileira. Rev. Bras. Oceanogr., 48(2): 171–183.

SOEST, R.W.M. 1981. A monograph of the order Pyrosomatida (Tunicata, Thaliacea). Journal of Plankton Research, 3(4): 603-631.

SOURNIA, A., 1978. Phytoplankton Manual. Monography Oceanographical Methodology, v. 6, p. 69-74.

STEIDINGER, K. A. & TANGEN, K., 1997. Dinoflagellates. In: Identifying Marine Phytoplankton. Tomas, C.R. (ed.). U.S.A., Academic Press, 583 p.



STRAMMA L & ENGLAND M. 1999. On the water masses and mean circulation of the South Atlantic Ocean. *J. Geophys. Res.*, 104(C9): 20863-20883.

SVERDRUP, H.U., JOHNSON, M.W. & FLEMING, R.H. 1942. *The Oceans: their physics, chemistry and general biology*. Englewood Cliffs, Prentice- Hall Inc. 1087 p.

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*, Stuttgart, 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 Tome, RJ). Brasília, MMA. 168 p.

THRONDSSEN, J., 1978. Preservation and storage. In: SOURNIA, A. (Ed.) *Phytoplankton Manual*. Monogr. Oceanogr. Methodol, 6: 69-74.

Throndsen, J., 1997. The Planktonic Marine Flagellates. In: TOMAS, C.R. (Ed.). *Identifying Marine Phytoplankton*. U.S.A.: Academic Press, 583 p.

URIARTE, I; VILLATE, F. Differences in the abundance and distribution of copepods in two estuaries of the Basque coast (Bay of Biscay) in relation to pollution. *Journal of Plankton Research*, 27: 863-874. 2005

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

VALENTIN, J.L. 1995. Agrupamento e ordenação, In: *Oecologia Brasiliensis: Tópicos em tratamento de dados biológicos* (P.R. Peres-Neto, J.L. Valentin & F.A.S. Fernandez Eds.) Vol. II: 27-55.

VALENTIN, J.L.; MACEDO-SAIDAH, F.E.; TENENBAUM, D. R. & SILVA, N.M.L. 1991z. A diversidade específica para a análise das sucessões fitoplanctônicas. Aplicação ao Ecossistema da Ressurgência de Cabo Frio (RJ). *Neritica*, v. 6, n. 1-2, p. 7-26.

Valentin, J.L.; Paranhos, R.P.R.; Faro, B.C.M.T. & Gonzalez, A.S.M. 2006. Massas D'água. In: Valentin, J.L. (Ed.) *Características Hidrobiológicas Da Região Central Da Zona Econômica Exclusiva Brasileira*. Ideal Gráfica E Editora, Brasília, Série Documentos REVIZEE – Score Central, p. 21-29.

VALENTINI, J.L. 2000. *Ecologia numérica: uma introdução à análise multivariada de dados ecológicos*. Rio de Janeiro: Interciência. 117 p.

VEGUERIA, 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*, 62 , p.29-38.

VILLAREAL, T.A. & CARPENTER, E.J. 1990. Diel buoyancy regulation in the marine diazotrophic cyanobacterium *Trichodesmium thiebautii*. *Limnology and Oceanography*, v. 35, n. 8, p. 1832-1837.

YONEDA, N.T. 1999. Área temática: Plâncton. Centro de estudos do Mar, UFPR.



WOOD, E. J. F., 1968. Dinoflagellates of the Caribbean Sea and adjacent areas. Miami, University of Miami Press. Coral Gables. 143 p