

RELATÓRIO FINAL DA 16ª CAMPANHA DE MONITORAMENTO AMBIENTAL (PMA) DO CAMPO DE BIJUPIRÁ E SALEMA (BACIA DE CAMPOS) – FPSO FLUMINENSE

Campanha de 2019

Desenvolvido para: Shell Brasil Petróleo Ltda.



Rev. 00 – Setembro, 2019.



www.wittobriens.com.br | Rua da Glória, 306 - 13º Andar | Glória - RJ

T: +55 (021) 3032-6750 / 3032-6762



CONTROLE DE REVISÕES

Rev.	Data	Descrição (motivo da revisão)
00	Setembro/2019	Documento original



SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	1
2. OBJETIVOS E METAS.....	2
3. ÁREA DE ESTUDO	2
3.1. MALHA AMOSTRAL.....	3
4. MÉTODOS.....	6
4.1. QUALIDADE DA ÁGUA.....	7
4.1.1. MÉTODOS DE CAMPO	7
4.1.2. MÉTODOS DE ANÁLISE	10
4.1.2.1. ANÁLISES LABORATORIAIS	10
4.1.2.2. ANÁLISES DOS DADOS DE QUALIDADE DA ÁGUA	12
4.2. BIOTA.....	13
4.2.1. MÉTODOS DE CAMPO	13
4.2.2. MÉTODOS DE ANÁLISE	15
5. RESULTADOS.....	18
5.1. PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS.....	18
5.1.1. TEMPERATURA , SALINIDADE E DENSIDADE	18
5.1.2. OXIGÊNIO DISSOLVIDO	24
5.1.3. POTENCIAL HIDROGENIÔNICO (PH)	25
5.2. PARÂMETROS INORGÂNICOS	26
5.2.1. NITROGÊNIO E FÓSFORO.....	26
5.2.2. METAIS.....	31
5.2.3. CIANETO LIVRE	35
5.2.4. FLUORETOS	35
5.2.5. SULFETOS.....	36
5.2.6. CLORO RESIDUAL TOTAL	37
5.2.7. RADIOISÓTOPOS.....	37
5.3. PARÂMETROS ORGÂNICOS	38
5.3.1. CARBONO ORGÂNICO TOTAL (COT)	38
5.3.2. SURFACTANTES	39
5.3.3. BIFENILAS POLICLORADAS (PCBs).....	40
5.3.4. TRIBUTILESTANHO	40
5.3.5. HIDROCARBONETOS E FENÓIS.....	41
5.3.6. ÓLEOS E GRAXAS	44



5.4. ECOTOXICIDADE	44
5.5. BIOTA.....	46
5.5.1. FITOPLÂNCTON	46
5.5.1.1. COMPOSIÇÃO ESPECÍFICA.....	46
5.5.1.2. RIQUEZA	47
5.5.1.3. ANÁLISE QUANTITATIVA	52
5.5.1.4. ESTRUTURA DA COMUNIDADE FITOPLANCTÔNICA	57
5.5.2. ZOOPLÂNCTON.....	60
5.5.2.1. CARACTERIZAÇÃO DA COMUNIDADE.....	60
5.5.2.2. ANÁLISE QUANTITATIVA	65
5.5.2.3. ESTRUTURA DA COMUNIDADE	67
5.5.3. ICTIOPLÂNCTON	69
5.5.3.1. CARACTERIZAÇÃO DA COMUNIDADE.....	69
5.5.3.2. ANÁLISE QUANTITATIVA	71
5.5.3.3. ESTRUTURA DA COMUNIDADE	74
5.6. ANÁLISE INTEGRADA	75
6. CONCLUSÃO.....	83
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	85
8. EQUIPE TÉCNICA	95



LISTA DE ANEXOS

ANEXO A – Laudo analítico I - química

ANEXO B – Laudo analítico II - toxicidade

ANEXO C – Laudo biológico – fitoplâncton

ANEXO D – Laudo biológico e Relatório de Tombo – zooplâncton

ANEXO E – Laudo biológico e Relatório de Tombo – ictioplâncton

ANEXO F – ABIO e Cartas de Aceite



LISTA DE FIGURAS

<i>Figura 1 – Localização dos Campos de Bijupirá & Salema, Bacia de Campos (Datum SIRGAS 2000).</i>	<i>3</i>
<i>Figura 2 – FPSO Fluminense durante a 16ª Campanha de Monitoramento Ambiental – bordo boreste, lado de descarte da água produzida.....</i>	<i>4</i>
<i>Figura 3 – Esquema da malha amostral do compartimento água, conforme previsto no PMA - Projeto de Monitoramento Ambiental nos Campos de Bijupirá & Salema no entorno do FPSO Fluminense.....</i>	<i>5</i>
<i>Figura 4 – Embarcação Waterbuck utilizada durante a 16ª Campanha de Monitoramento Ambiental nos Campos de Bijupirá & Salema, Bacia de Campos. Fonte: www.nauticexpo.com</i>	<i>7</i>
<i>Figura 5 – Lançamento de CTD durante a 16ª Campanha do Projeto de Monitoramento Ambiental nos Campos de Bijupirá & Salema.....</i>	<i>8</i>
<i>Figura 6 - Lançamento de garrafa oceanográfica (GO-FLO) durante a 16ª Campanha do Projeto de Monitoramento Ambiental nos Campos de Bijupirá & Salema.....</i>	<i>8</i>
<i>Figura 7 – Equipamentos utilizados na medição dos parâmetros físico-químicos in situ e na filtração durante a 16ª Campanha do Projeto de Monitoramento Ambiental nos Campos de Bijupirá & Salema.</i>	<i>9</i>
<i>Figura 8 – Exemplo de representação de dados em um gráfico Box plot.</i>	<i>13</i>
<i>Figura 9 – Em sequência, rede de plâncton do tipo bongô durante a 16ª Campanha do Projeto de Monitoramento Ambiental nos Campos de Bijupirá & Salema.</i>	<i>14</i>
<i>Figura 10 – Perfis de temperatura nas estações monitoradas durante a 16ª Campanha de Monitoramento Ambiental do FPSO Fluminense, campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos. – profundidades amostradas.</i>	<i>20</i>
<i>Figura 11 – Perfis de salinidade nas estações monitoradas durante a 16ª Campanha de Monitoramento Ambiental do FPSO Fluminense, campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos. – profundidades amostradas.</i>	<i>21</i>
<i>Figura 12 – Perfis de densidade nas estações monitoradas durante a 16ª Campanha de Monitoramento Ambiental do FPSO Fluminense, campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos. – profundidades amostradas.</i>	<i>22</i>
<i>Figura 13 – Diagrama TS dos dados amostrados nas estações no entorno do FPSO Fluminense durante a 16ª campanha de Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos.....</i>	<i>23</i>
<i>Figura 14 – Distribuição das concentrações de Oxigênio Dissolvido (OD) nas estações no entorno da FPSO Fluminense durante a 16ª campanha de Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos.....</i>	<i>24</i>
<i>Figura 15 – Concentrações de Oxigênio Dissolvido (OD) observadas nas dez últimas Campanhas de Monitoramento Ambiental realizadas no campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos.</i>	<i>25</i>
<i>Figura 16 – Valores de pH nas estações no entorno do FPSO Fluminense durante a 16ª campanha de Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos.....</i>	<i>26</i>
<i>Figura 17 – Resultados de pH observados nas dez últimas Campanhas de Monitoramento Ambiental realizadas no do campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos.....</i>	<i>26</i>
<i>Figura 18 – Distribuição das concentrações de nitrato, nitrito e nitrogênio amoniacal nas estações no entorno do FPSO Fluminense durante a 16ª campanha de Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos.....</i>	<i>28</i>



Figura 19 – Concentrações de nitrato e nitrito amoniacal, observadas nas dez últimas Campanhas de Monitoramento Ambiental realizadas no campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos.	29
Figura 20 – Concentrações de nitrogênio amoniacal, observadas nas dez últimas Campanhas de Monitoramento Ambiental realizadas no campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos.	30
Figura 21 – Distribuição das concentrações de fosfato nas estações no entorno do FPSO Fluminense durante a 16ª campanha de Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos.	30
Figura 22 – Concentrações de fosfato observadas nas dez últimas Campanhas de Monitoramento Ambiental realizadas no campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos.	31
Figura 23 – Distribuição das concentrações de boro nas estações no entorno do FPSO Fluminense durante a 16ª campanha de Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos.	34
Figura 24 – Concentrações de boro observadas nas dez últimas Campanhas de Monitoramento Ambiental realizadas no campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos.	34
Figura 25 – Distribuição das concentrações de zinco nas estações no entorno do FPSO Fluminense durante a 16ª campanha de Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos.	35
Figura 26 – Distribuição das concentrações de fluoreto nas estações no entorno do FPSO Fluminense durante a 16ª campanha de Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos.	36
Figura 27 – Concentrações de fluoreto observadas nas dez últimas Campanhas de Monitoramento Ambiental realizadas no campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos.	36
Figura 28 – Distribuição das concentrações de 226Ra nas estações no entorno do FPSO Fluminense durante a 16ª campanha de Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos.	38
Figura 29 – Distribuição das concentrações de Carbono Orgânico Total (COT) nas estações no entorno do FPSO Fluminense durante a 16ª campanha de Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos.	39
Figura 30 – Concentrações de COT observadas nas dez últimas Campanhas de Monitoramento Ambiental no campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos.	39
Figura 31 – Distribuição das concentrações de surfactantes aniônicos nas estações no entorno do FPSO Fluminense durante a 16ª campanha de Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos.	41
Figura 32 - Contribuição percentual das classes taxonômicas do microfitoplâncton identificadas nas estações de amostragem no entorno do FPSO Fluminense durante a 16ª campanha de Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos.	47
Figura 33 – Número de táxons do microfitoplâncton em cada profundidade nas cinco estações monitoradas durante a 16ª campanha de Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos.	48
Figura 34 - Contribuição percentual da riqueza de táxons por categoria taxonômica nas cinco estações e em cada profundidade monitorada durante a 16ª campanha de Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos.	49
Figura 35 - Densidade celular (cel/L) do nanofitoplâncton no entorno do FPSO Fluminense durante a 16ª campanha de Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos.	54



Figura 36 - Densidade celular do microfitoplâncton (cel/L) nas cinco estações monitoradas durante a 16ª campanha de Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos.	54
Figura 37 – Contribuição percentual das categorias taxonômicas na densidade do microfitoplâncton no entorno da FPSO Fluminense durante a 16ª campanha de Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos.	55
Figura 38 – Índice de diversidade (H') e de equitabilidade (J') da comunidade fitoplanctônica das cinco estações monitoradas na 16ª campanha de Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos.	58
Figura 39 – Análise de agrupamento das amostras através do índice de similaridade de Bray–Curtis nas cinco estações monitoradas durante a 16ª campanha de Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos.	60
Figura 40 - Contribuição média percentual das categorias taxonômicas do zooplâncton identificadas nas cinco estações monitoradas durante a 16ª campanha de Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos.	61
Figura 41 – Número de táxon do zooplâncton nas cinco estações monitoradas durante a 16ª campanha de Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos.	62
Figura 42 - Densidade do zooplâncton nas cinco estações monitoradas durante a 16ª campanha de Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos.	65
Figura 43 - Abundância relativa (%) dos grupos dominantes coletados nas cinco estações monitoradas durante a 16ª campanha de Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos.	66
Figura 44 - Abundância (%) dos copépodes dominantes coletados nas cinco estações monitoradas durante a 16ª campanha de Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos.	67
Figura 45 - Índice de diversidade e de equitabilidade da comunidade zooplanctônica das cinco estações monitoradas na 16ª campanha de Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos.	68
Figura 46 - Análise de agrupamento das amostras através do índice de similaridade de Bray–Curtis nas cinco estações monitoradas durante a 16ª campanha de Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos.	69
Figura 47 - Contribuição percentual do número de táxons por grupos do ictioplâncton durante a 16ª campanha de Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos. *Soma de táxons de famílias com no máximo 2 táxons cada, além dos anquiliformes e das larvas não identificados.	70
Figura 48 – Número de táxons em cada estação no entorno do FPSO Fluminense durante a 16ª campanha de Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos.	71
Figura 49 – Densidade de larvas de peixes (larvas/100m ³) coletados no entorno do FPSO Fluminense durante a 16ª campanha de Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos.	72
Figura 50 – Percentual de larvas de peixes (%) no entorno do FPSO Fluminense durante a 16ª campanha de Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos.	74



<i>Figura 51 - Índice de diversidade e de equitabilidade da comunidade ictioplanctônica das cinco estações monitoradas na 16ª campanha de Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos.</i>	74
<i>Figura 52 - Análise de agrupamento das amostras de ictioplâncton através do índice de similaridade de Bray–Curtis nas cinco estações monitoradas durante a 16ª campanha de Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos.</i>	75
<i>Figura 53 - Ordenação das variáveis abióticas em relação aos fatores 1 e 2 extraídos na análise de componentes principais (ACP) em função das diferentes profundidades da coluna d'água – referente à 16ª campanha de Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos.</i>	78
<i>Figura 54 – Distribuição tridimensional dos principais fatores gerados na ACPs - referente à 16ª campanha de Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos, com ênfase no eixo referente ao Fator 3.</i>	79
<i>Figura 55 - Ordenação das variáveis abióticas e bióticas em relação aos fatores 1-2 extraídos na análise de componentes principais (ACP) em função das diferentes profundidades da coluna d'água – referente 16ª campanha de Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos.</i>	81
<i>Figura 56 – Distribuição tridimensional dos principais fatores gerados na ACPs - variáveis abióticas e bióticas - referente à 16ª campanha de Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos, com ênfase no eixo referente ao Fator 3.</i>	82



LISTA DE TABELAS

<i>Tabela 1: Coordenadas geográficas, distâncias e profundidades dos pontos de amostragem durante a 16ª Campanha do Projeto de Monitoramento Ambiental do FPSO Fluminense nos Campos de Bijupirá & Salema, Bacia de Campos (Datum SIRGAS2000).</i>	<i>6</i>
<i>Tabela 2: Metodologia de acondicionamento e preservação das amostras para a avaliação dos parâmetros físico-químicos durante a 16ª Campanha do Projeto de Monitoramento Ambiental nos Campos de Bijupirá & Salema.....</i>	<i>9</i>
<i>Tabela 3: Métodos empregados na análise dos parâmetros físico-químicos das amostras coletadas durante a 16ª Campanha de Monitoramento Ambiental no entorno do FPSO Fluminense.....</i>	<i>11</i>
<i>Tabela 4: Códigos utilizados na 16ª Campanha para individualizar os organismos do microfitoplâncton de acordo com a forma e maior dimensão celular.</i>	<i>16</i>
<i>Tabela 5: Metais que apresentaram concentrações abaixo do Limite de Quantificação (LQ) nas estações no entorno do FPSO Fluminense durante a 16ª campanha de Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos.</i>	<i>32</i>
<i>Tabela 6: Concentrações quantificáveis de hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (HPAs, µg/L) na amostra da estação 7 – TC, obtida no entorno do FPSO Fluminense durante a 16ª campanha de Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos.....</i>	<i>42</i>
<i>Tabela 7: Concentrações quantificáveis de hidrocarbonetos alifáticos (µg/L) nas estações no entorno do FPSO Fluminense durante a 16ª campanha de Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos.....</i>	<i>43</i>
<i>Tabela 8: Resultados do teste de ecotoxicidade aguda nas estações no entorno do FPSO Fluminense durante a 16ª campanha de Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos.</i>	<i>45</i>
<i>Tabela 9: Resultados do teste de ecotoxicidade crônica no entorno do FPSO Fluminense durante a 16ª campanha de Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos.</i>	<i>45</i>
<i>Tabela 10: Número de táxons do microfitoplâncton e estatística descritiva das cinco estações monitoradas durante a 16ª campanha de Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos.....</i>	<i>48</i>
<i>Tabela 11: Táxons do fitoplâncton muito frequentes durante a 16ª campanha de Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos.....</i>	<i>50</i>
<i>Tabela 12: Estatística descritiva do número de táxons das estações monitoradas durante as campanhas de Monitoramento Ambiental do entorno do FPSO Fluminense durante os anos de 2011 a 2019.</i>	<i>51</i>
<i>Tabela 13: Densidade celular (cel/L) total, do microfitoplâncton e do nanofitoplâncton das cinco estações monitoradas durante a 16ª campanha de Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos.....</i>	<i>52</i>
<i>Tabela 14: Densidade do fitoplâncton total (10⁶cel/L) registradas nas Campanhas de Monitoramento Ambiental realizadas no entorno do FPSO Fluminense.</i>	<i>53</i>



<i>Tabela 15: Densidade celular (cel/L) do microfitoplâncton total e das categorias taxonômicas identificadas nas cinco estações monitoradas durante 16ª campanha de Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos.</i>	<i>55</i>
<i>Tabela 16: Dez táxons de maior densidade celular (cel/L) dentre o microfitoplâncton identificado nas cinco estações monitoradas durante a 16ª campanha de Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos. Os valores de densidade apresentados referem-se à soma dos resultados das amostras (estações/profundidades).</i>	<i>56</i>
<i>Tabela 17: Valores de diversidade e equitabilidade da comunidade fitoplanctônica nas últimas Campanhas de Monitoramento Ambientais realizadas no entorno do FPSO Fluminense.</i>	<i>59</i>
<i>Tabela 18: Táxons muito frequentes (FO>70%) dos principais grupos durante a 16ª campanha de Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos (considerados apenas os níveis família, gênero e espécie).</i>	<i>62</i>
<i>Tabela 19: Táxons muito frequentes (FO>70%) nas seis últimas Campanhas de Monitoramento Ambiental realizadas no entorno do FPSO Fluminense (considerados apenas espécies).</i>	<i>63</i>
<i>Tabela 20: Densidade zooplanctônica (ind/m³) registradas nas Campanhas de Monitoramento Ambiental realizadas no entorno da plataforma FPSO Fluminense.</i>	<i>65</i>
<i>Tabela 21: Densidade zooplanctônica total e por grupos (com participação >1%) (ind/m³) durante a 16ª campanha de Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos.</i>	<i>66</i>
<i>Tabela 22: Táxons de maior densidade na comunidade zooplanctônica coletada durante a 16ª campanha de Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos.</i>	<i>67</i>
<i>Tabela 23: Valores de diversidade e equitabilidade da comunidade zooplanctônica nas seis últimas Campanhas de Monitoramento Ambiental realizadas no entorno do FPSO Fluminense.</i>	<i>68</i>
<i>Tabela 24: Táxons do ictioplâncton (larvas de peixe) muito frequentes (FO>70%) das amostras durante a atual campanha de Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos.</i>	<i>71</i>
<i>Tabela 25: Densidade das larvas e ovos do ictioplâncton encontrados ao longo das campanhas do Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema.</i>	<i>72</i>
<i>Tabela 26: Densidade de larvas de peixes (larvas/100m³) por família em cada estação no entorno do FPSO Fluminense durante a 16ª campanha de Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos.</i>	<i>73</i>
<i>Tabela 27: Variáveis abióticas e bióticas e respectivas abreviaturas utilizadas na análise integrada dos dados da 16ª campanha de Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos.</i>	<i>76</i>
<i>Tabela 28: Análise de Componentes Principais (ACPs) das variáveis químicas analisadas nas amostras de água da 16ª campanha de Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos.</i>	<i>77</i>
<i>Tabela 29: Análise de Componentes Principais (ACPs) das variáveis químicas e biológicas analisadas nas amostras de água da 16ª campanha de Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos.</i>	<i>80</i>
<i>Tabela 30: Avaliação dos Objetivos, Metas, Indicadores e Resultados do PMA.</i>	<i>84</i>
<i>Tabela 30 - Relação da equipe técnica responsável pela elaboração do presente documento.</i>	<i>95</i>



1. INTRODUÇÃO

O atual relatório apresenta e discute os resultados da 16ª campanha oceanográfica de Monitoramento Ambiental realizada no entorno da unidade de produção FPSO Fluminense, conforme previsto pelo Projeto de Monitoramento Ambiental (PMA) do Sistema de Produção e Escoamento de Petróleo e Gás no campo de Bijupirá & Salema – Bacia de Campos, no âmbito da Renovação da Licença de Operação (RLO) Nº 336/2003. Este relatório está em conformidade com o Plano de trabalho consolidado para o Projeto de Monitoramento Ambiental em resposta ao Parecer Técnico COPROD/CGMAC/DILIC Nº 061/18 por meio da correspondência SBEP-SBEP-2250-2018, de 13 de Abril de 2018.

De acordo com as 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 Fluminense, faz-se necessária a realização de campanhas de monitoramento anuais no entorno da unidade. No ano de 2001 foi realizada a primeira campanha de monitoramento de Bijupirá & Salema, com o objetivo de efetuar uma caracterização ambiental da região e definir uma linha de base (PMA *Baseline*). Em agosto de 2003 a produção com o FPSO Fluminense teve início e, a partir de então, foram realizadas as campanhas de monitoramento com periodicidade anual.

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 Fluminense 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 Fluminense será realizada a partir da comparação dos resultados da presente campanha com aqueles verificados na 7ª, 8ª, 9ª, 10ª, 11ª, 12ª, 13ª, 14ª e 15ª campanhas (SHELL/AECOM, 2011a, 2011b, 2013, 2014, 2015, 2016, 2017 e 2018). As referidas campanhas ocorreram em maio de 2010, maio de 2011, junho de 2012, fevereiro de 2013, março de 2014,



janeiro de 2015, fevereiro/março de 2016, março de 2017 e dezembro de 2018 respectivamente. A atual campanha ocorreu entre março e abril de 2019.

2. OBJETIVOS E METAS

Os objetivos e metas previstos pelo Projeto de Monitoramento Ambiental do Sistema de Produção e Escoamento de Petróleo e Gás Natural dos Campos de Bijupirá & Salema – 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 nº357/05, além de verificar o enquadramento do corpo hídrico requerido pela Resolução CONAMA nº393/07.

Meta:

- Garantir que a qualidade de água no entorno do FPSO Fluminense, 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 Fluminense.

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 47% da produção nacional de óleo e 21% da produção nacional de gás (ANP, 2018).

Os campos de Bijupirá & Salema, onde está localizado o FPSO Fluminense (**Figura 1**), estão inseridos na Bacia de Campos. A Shell é a operadora dos campos, com 80% de participação, e tem a Petrobras como parceira (SHELL, 2015). O Campo de Bijupirá está localizado aproximadamente a 145 km a leste do município de Macaé- RJ, abrangendo uma área de 32,3 Km², enquanto o de Salema está a 140 km deste, com uma área de 8,4 Km² (**Figura 1**). A profundidade média local é de aproximadamente 750 m em Bijupirá e de 600 m em Salema, possuindo corrente predominante no sentido SW, que acompanha a Corrente do Brasil.

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).

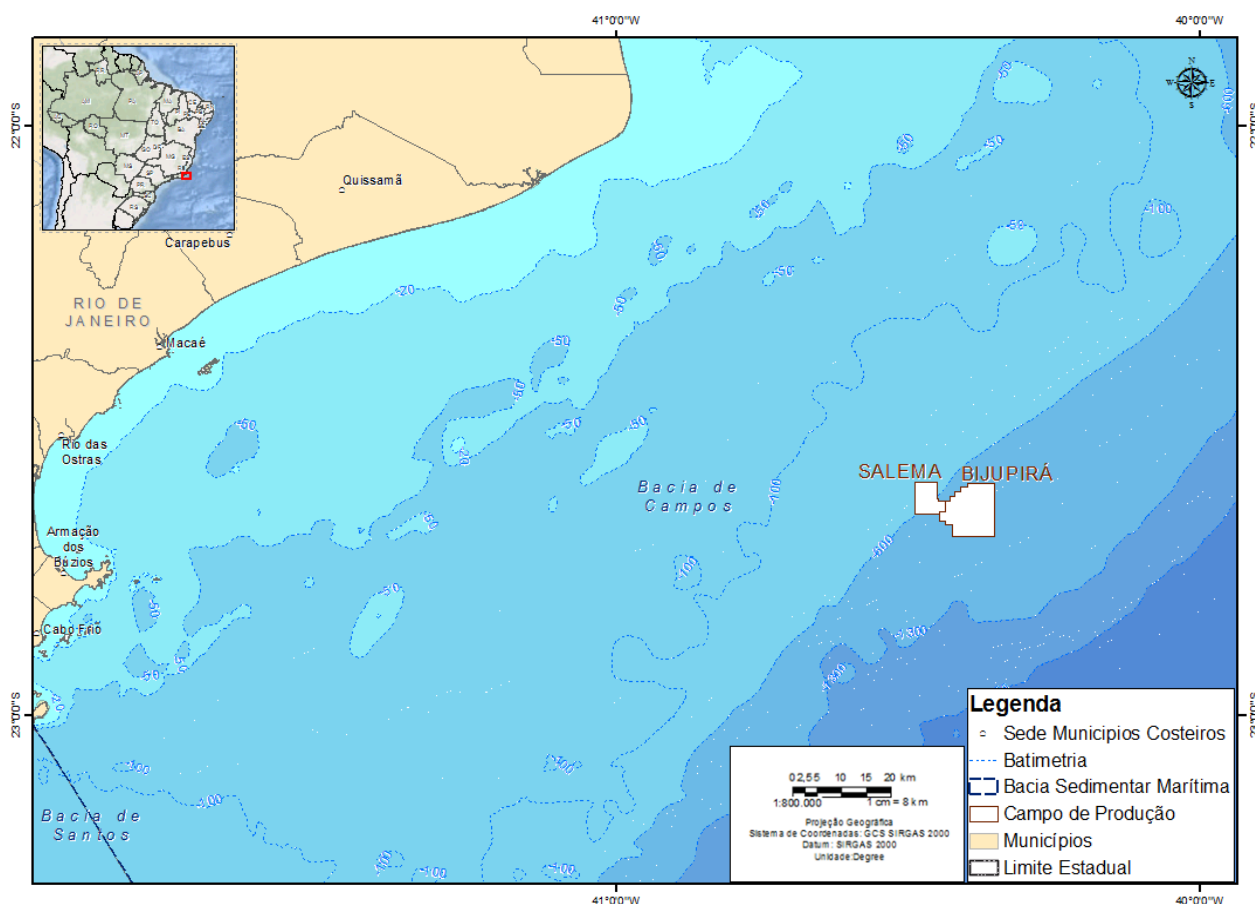


Figura 1: Localização dos Campos de Bijupirá & Salema, Bacia de Campos (Datum SIRGAS 2000).

3.1. MALHA AMOSTRAL

Para a definição da malha amostral para avaliação da qualidade da água no entorno do FPSO Fluminense, 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. Destaca-se que o FPSO estava descartando por boreste, à meia nau (Figura 2).



Figura 2: FPSO Fluminense durante a 16ª Campanha de Monitoramento Ambiental – bordo bombordo, lado de descarte da água produzida.

A partir desse ponto de referência foram estabelecidas radiais a 200m e a 500m considerando que a pluma de descarte de água produzida tem sua dispersão influenciada pelo próprio FPSO Fluminense. Essa influência se dá de duas maneiras: (i) pelo alinhamento da 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 20m e uma borda acima da coluna d'água de cerca de 30m (a depender do lastro e do volume de óleo armazenado internamente). A concentração de estações à bombordo 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 distribuídas em três radiais (200, 500 e 1.000m) de distância do ponto de descarte da água produzida. As duas estações a 1.000m do ponto de foram as estações controle. As profundidades de coleta variaram entre sub-superfície, ± 20 m (acima da termoclina) e ± 40 metros (termoclina). As coletas na superfície, em conformidade com o Projeto, avaliaram a mesma camada de lançamento da água produzida; a profundidade intermediária ajudaria 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. Ressalta-se que a profundidade chamada de acima da termoclina correspondeu a 20 m na maioria das estações, porém em algumas se utilizou 15 ou 25m, por pequenas variações observadas no início da termoclina entre as estações.

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 16ª Campanha de Monitoramento Ambiental no entorno do FPSO Fluminense, conforme apresentado no PMA, enquanto que as coordenadas geográficas efetivamente realizadas são apresentadas na **Tabela 1**.

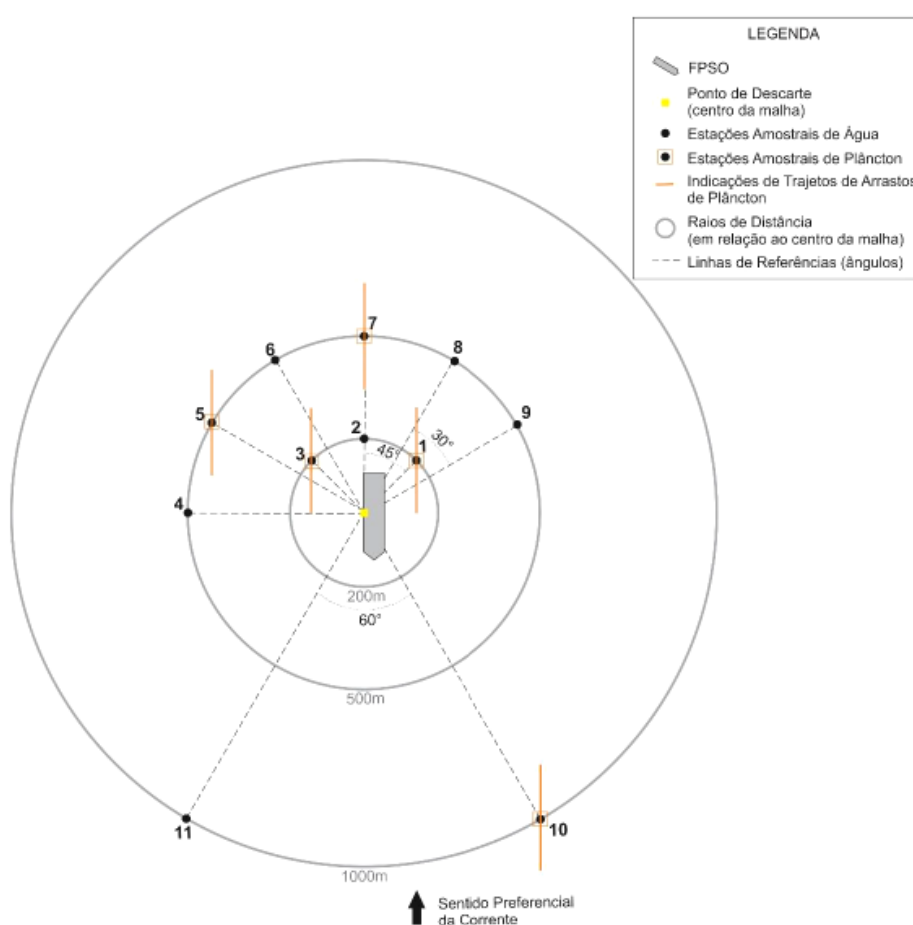


Figura 3: Esquema da malha amostral do compartimento água, conforme previsto no PMA - Projeto de Monitoramento Ambiental nos Campos de Bijupirá & Salema no entorno do FPSO Fluminense.



Tabela 1: Coordenadas geográficas, distâncias e profundidades dos pontos de amostragem durante a 16ª Campanha do Projeto de Monitoramento Ambiental do FPSO Fluminense nos Campos de Bijupirá & Salema, Bacia de Campos (Datum SIRGAS2000).

Estação de coleta	Data	Latitude	Longitude	Distância do ponto de descarte do FPSO	Profundidade de coleta (m)		
					SUP*	ACTC**	TC***
1	01/04/2019	22°38,846'S	040°25,631'W	200m	10	15	30
2	01/04/2019	22°38,890'S	040°25,810'W	200m	10	20	40
3	02/04/2019	22°39,102'S	040°25,847'W	200m	5	10	16
4	01/04/2019	22°39,129'S	040°25,947'W	500m	10	20	40
5	01/04/2019	22°39,091'S	040°25,987'W	500m	10	15	35
6	01/04/2019	22°38,819'S	040°25,919'W	500m	10	15	35
7	31/03/2019	22°38,826'S	040°25,926'W	500m	10	15	30
8	31/03/2019	22°38,749'S	040°25,799'W	500m	10	20	40
9	01/04/2019	22°38,837'S	040°25,358'W	500m	10	15	30
10	01/04/2019	22°38,964'S	040°25,054'W	1000m	5	10	16
11	01/04/2019	22°39,283'S	040°25,209'W	1000m	5	10	20

* Sub-superfície ** Acima da Termoclina *** Termoclina

4. MÉTODOS

As coletas da 16ª Campanha do Projeto de Monitoramento Ambiental nos Campos de Bijupirá & Salema foi realizada entre os dias 31 de março e 02 de abril de 2019, a bordo da embarcação Waterbuck (Figura 4), contemplando 11 estações amostrais.



Figura 4: Embarcação Waterbuck utilizada durante a 16ª Campanha de Monitoramento Ambiental nos Campos de Bijupirá & Salema, Bacia de Campos.

Fonte: www.nauticexpo.com

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 SEABIRD, 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 m/s. O equipamento foi configurado, antes de cada lançamento, para amostragem contínua a uma taxa de 1 Hz. Os dados brutos foram processados de forma a se apresentar somente os dados de descida do aparelho, de 3 metros até o máximo de profundidade alcançada em cada ponto. A densidade foi calculada utilizando o método polinomial descrito no documento técnico da UNESCO (FOFONOFF et al., 1983).



Figura 5: Lançamento de CTD durante a 16ª Campanha do Projeto de Monitoramento Ambiental nos Campos de Bijupirá & Salema.

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 sub-amostragens 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 16ª Campanha do Projeto de Monitoramento Ambiental nos Campos de Bijupirá & Salema.

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 durante a 16ª Campanha do Projeto de Monitoramento Ambiental nos Campos de Bijupirá & Salema.

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

apresenta o descritivo das sub-amostragens 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 16ª Campanha do Projeto de Monitoramento Ambiental nos Campos de Bijupirá & Salema.

Análises	Frasco – Volume - Preservante	Acondicionamento	Laboratório Responsável
SVOC (incluindo HPA e fenóis)	âmbar - 1L - Sem preservante	Refrigeração	Eurofins / Innolab
HTP	âmbar - 1L - Sem preservante	Refrigeração	
Tributilestanho	âmbar - 1L - Sem preservante	Refrigeração	
PCBs	âmbar - 1L - Sem preservante	Refrigeração	
Cianeto	pet - 250ml - NaOH	Refrigeração	
Fenóis Totais	pet - 250ml - H2SO4	Refrigeração	
VOC (incluindo BTEX)	2 vials - 40ml cada - HCl	Refrigeração	
Óleos e Graxas	âmbar - 1L - HCl	Refrigeração	
Metais dissolvidos	pet - 250ml - HNO3	Refrigeração	
Metais Totais	pet - 250ml - HNO3	Refrigeração	
Cloro e Surfactantes	pet - 250ml - Sem preservante	Refrigeração	
Sulfetos	pet - 40ml - Ac/Zn	Refrigeração	
COT	âmbar - 60ml - HCL	Refrigeração	



Tabela 2: Metodologia de acondicionamento e preservação das amostras para a avaliação dos parâmetros físico-químicos durante a 16ª Campanha do Projeto de Monitoramento Ambiental nos Campos de Bijupirá & Salema.

Análises	Frasco – Volume - Preservante	Acondicionamento	Laboratório Responsável
Clorofila	Filtro GF/F 47mm		Unidade Multiusuário de Análises Ambientais (UMAA) Universidade Federal do Rio de Janeiro
Fluoreto	pet - 250ml - Sem preservante	Refrigeração	
Nutrientes (Nitrato, Nitrito, Nitrogênio Amoniacal e Fosfato)	pet - 200ml - filtração	Congelamento	
Radioisótopos	âmbar - 1L - Sem preservante	Refrigeração	LabÁguas
Ecotoxicidade Crônica e Aguda	Frascos polietileno 1L	Congelamento	Labtox

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) (**Erro! Fonte de referência não encontrada.**).

As análises químicas foram realizadas pelo Laboratório da Unidade Multiusuário de Análises Ambientais (UMAA) Universidade Federal do Rio de Janeiro (nutrientes, clorofila-a, sulfetos e COT), LABÁGUAS – Laboratório de Caracterização de Águas PUC-Rio (análises de radioisótopos) e pela Eurofins/Innolab (demais análises químicas).



Tabela 3: Métodos empregados na análise dos parâmetros físico-químicos das amostras coletadas durante a 16ª Campanha de Monitoramento Ambiental no entorno do FPSO Fluminense.

Parâmetro	Método Analítico	Limite de Quantificação (LQ)
BTEX (VOC)	USEPA 8260C	2,0 µg.L ⁻¹
Carbono Orgânico Total (COT)	Oxidação Catalítica. Analisador Elementar de Carbono Sievers InnovOx	0,0040 mg.L ^{-1*}
Cianeto livre	USEPA 9056A	0,001 mg.L ⁻¹
Cloro residual total	SM 4500 – Cl – G	0,010 mg.L ⁻¹
Clorofila-a	Deteção de fluorescência (AMINOT & CHAUSSEPIED, 1983)	0,002 µg.L ^{-1*}
Fenóis Totais	SM 5530C	0,002 mg.L ⁻¹
Fluoreto Total	USEPA 9056A	0,014 mg.L ^{-1*}
Ecotoxicidade Crônica e Aguda	ABNT-NBR 15.308:2011 / 15.350:2012	-
HPA (16 prioritários + HPA Total)	USEPA 8270 D	0,010 µg.L ⁻¹
HTPs (C10 a C29, pristano, fitano, n-alcanos, MCNR, HRP e HTP Total)	USEPA 8015 C	2 µg.L ⁻¹
Fosfato	Auto-analisador FOSS (Application Note 5201 Acc To ISO 13395-1996)	0,00031 mg.L ^{-1*}
Nitrato	Auto-analisador FOSS (Application Note 5201 Acc To ISO 13395-1996)	0,0014 mg.L ^{-1*}
Nitrito	Auto-analisador FOSS (Application Note 5200 Acc To ISO 13395-1996)	0,0003 mg.L ^{-1*}
Nitrogênio Amoniacal	Auto-analisador FOSS (Application Note 5220 Acc To ISO 11732:2005)	0,0007 mg.L ^{-1*}
Alumínio Dissolvido	USEPA 6010 C	0,030 mg.L ⁻¹
Cobre Dissolvido	USEPA 6010 C	0,003 mg.L ⁻¹
Ferro Dissolvido	USEPA 6010 C	0,030 mg.L ⁻¹
Arsênio Total	USEPA 6010 C	0,006 mg.L ⁻¹
Bário Total	USEPA 6010 C	0,015 mg.L ⁻¹
Berílio Total	USEPA 6010 C	0,003 mg.L ⁻¹
Boro Total	USEPA 6010 C	0,010 mg.L ⁻¹
Cádmio Total	USEPA 6010 C	0,003 mg.L ⁻¹
Chumbo Total	USEPA 6010 C	0,006 mg.L ⁻¹
Cobre Total	USEPA 6010 C	0,003 mg.L ⁻¹
Cromo Total	USEPA 6010 C	0,006 mg.L ⁻¹
Ferro Total	USEPA 6010 C	0,030 mg.L ⁻¹
Manganês Total	USEPA 6010 C	0,006 mg.L ⁻¹
Mercúrio Total	USEPA 1631E	0,0002 mg.L ^{-1*}
Níquel Total	USEPA 6010 C	0,003 mg.L ⁻¹
Prata Total	USEPA 6010 C	0,003 mg.L ⁻¹
Selênio Total	USEPA 6010 C	0,006 mg.L ⁻¹
Tálio Total	USEPA 6010 C	0,030 mg.L ⁻¹
Urânio Total	USEPA 6010 C	0,006 mg.L ⁻¹
Vanádio	USEPA 6010 C	0,015 mg.L ⁻¹
Zinco Total	USEPA 6010 C	0,006 mg.L ⁻¹
Óleos e Graxas	SM 5520 D	3 mg.L ⁻¹
Surfactantes (substâncias tensoativas que reagem com o azul de metileno)	SM 5540 - C	0,03 mg.L ⁻¹
Sulfeto de Hidrogênio	GRASSHOFF(1976)	0,0016 mg.L ^{-1*}
Tributilestanho	USEPA 8321 B	0,010 µg.L ^{-1*}
PCBs	USEPA 8082A:2007	0,005 µg.L ⁻¹
Radioisótopos	Ra-226 – SM 7500 D	Ra-226 – 0,01 Bq.L ⁻¹

*expresso como limite de detecção (LD) em concentração molecular



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 n° 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, 500 e 1.000 m 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).

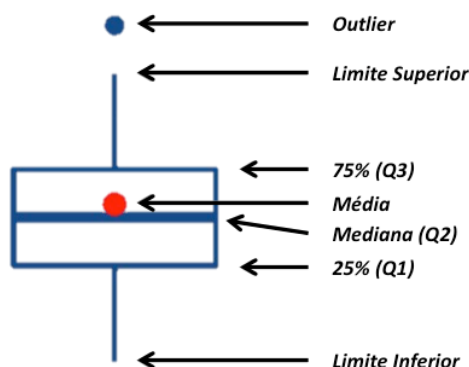


Figura 8: Exemplo de representação de dados em um gráfico *Box plot*.

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 Spline)

Ao fim do relatório, há uma avaliação integrada dos dados físico-químicos e biológicos avaliados na 16ª campanha de Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema. É apresentada uma análise multivariada (análise de componentes principais - ACP) realizada a partir dos resultados dos parâmetros abióticos com resultados significativos, ou seja, acima do LQ na maioria das amostras. O software utilizado para a análise estatística multivariada foi o Statistica.

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 (sub-superfície, 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% (THRONSEN, 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 μ m de abertura (Figura 9). Foi acoplado um fluxômetro (General Oceanics®), previamente aferido, no centro do aro para estimar o volume de água filtrada (m³) 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 Fluminense (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 μ m 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 45º e 60º. 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.

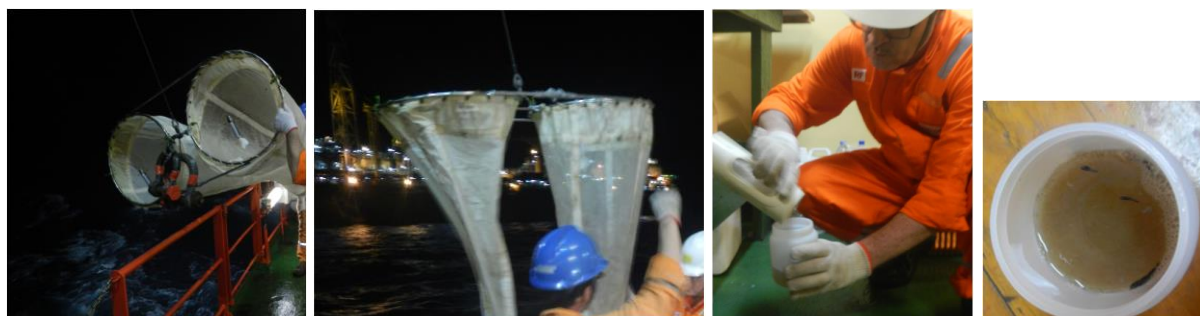


Figura 9: Em sequência, rede de plâncton do tipo bongô durante a 16ª Campanha do Projeto de Monitoramento Ambiental nos Campos de Bijupirá & Salema.



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 Coleman NID-100 e Nikon TS100, 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; BICUDO & MENEZES, 2006; BERGESH et al., 2008), sendo assim, os organismos foram categorizadas 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, sedimentadas por 72h, segundo o método de UTERMÖHL (1958). As amostras foram avaliadas em microscópio invertido Nikon TS100, 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. 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 (de acordo com a Erro! Fonte de referência não encontrada.). 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), WOOD (1968), TAYLOR (1976) e STEIDINGER & TANGEN (1997). Os sistemas de classificação para circunscrição e arranjo taxonômico em nível de divisões, classes e famílias utilizados foram: ROUND et al. (1990) para as diatomáceas, FENSOME et al. (1993) para os dinoflagelados; KOMÁREK & ANAGNOSTIDIS (1989 e 2005) para as cianobactérias; HEIMDAL (1997) para os cocolitoforídeos.



Tabela 4: Códigos utilizados na 16ª Campanha para individualizar os organismos do microfitoplâncton de acordo com a forma e maior dimensão celular.

CÓDIGOS DOS MORFOTIPOS DO MICROFITOPLÂNCTON		
Diatomáceas	FORMA	
	1	Lanceolada
	4	Linear
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 $H' = - \sum p_i \log_2 p_i$, 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 5.

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 5.

Zooplâncton

Os organismos zooplanctônicos 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, Decapoda (Crustacea), Chaetognatha, Appendicularia, Salpida e Doliolida, 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; GURNEY (1924), POHLE *et al.* (1999), FERNANDES *et al.* (2006) para Decapoda; AVILA *et al.* (2006) para Chaetognatha; BONECKER & CARVALHO (2006) para Appendicularia; BONECKER & QUINTAS (2006a) para Doliolida e BONECKER & QUINTAS (2006b) para Salpida. A referência BONECKER *et al.* (2014) foi utilizada para a identificação de todos os grupos citados acima. Os demais grupos foram todos quantificados.

A abundância do zooplâncton coletado foi padronizada em indivíduo por metro cúbico de água filtrada (ind. m^{-3}). Os volumes de água filtrada na rede foram estimados através do cálculo da expressão: “ $V=a.n.c$ ”, onde: V = volume de água filtrada (m^3); a = área da boca da rede (m^2); n = número de rotações do fluxômetro (rot) e c = fator de aferição do fluxômetro após calibração do aparelho ($m.rot^{-1}$).

Para o cálculo da diversidade foi utilizado o índice de Shannon e a equitabilidade de Pielou, conforme fórmulas já descritas no fitoplâncton.

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 reduzir a variância interna dos dados e ressaltar os descritores pertinentes aos objetivos desse estudo, os valores de densidades foram transformados pelo $\log^{(x+1)}$. 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 5.

Ictioplâncton

Os ovos e as larvas de peixes foram totalmente triados e contados com auxílio de microscópio estereoscópio (Olympus SZ51). O número de indivíduos coletados foi extrapolado para um volume padrão de $100 m^3$.

O volume de água filtrada foi calculado através da fórmula: “ $V = a.n.c$ ”, onde: V = volume de água filtrada pela rede (m^3), a = área da boca da rede (m^2), 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 $100 m^3$ utilizando-se a fórmula: $Y = (x.V^{-1}).100$, onde: Y = número de ovos ou larvas de peixes por $100 m^3$, x = número de ovos ou larvas coletadas na amostra e V = volume de água filtrada pela rede (m^3).



A identificação do ictioplâncton foi realizada com auxílio de microscópio estereoscópio Zeiss modelo Stemi SV6, até o menor nível taxonômico possível. As larvas de peixes foram identificadas considerando alguns parâmetros merísticos e morfométricos, tais como: número de miômeros, padrão de pigmentação, posição do ânus e das nadadeiras. Nessa etapa utilizou-se bibliografia especializada tais como: Richards (2006a, 2006b), Bonecker & Castro (2006), FAHAY (2007), BONECKER *et al.* (2012). As larvas danificadas foram agrupadas em não identificadas.

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 5. 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 16ª Campanha de Monitoramento Ambiental no campo de Bijupirá e Salema, na Baía de Campos. Destaca-se que ao longo da discussão são apresentadas comparações com os resultados das últimas campanhas deste PMA (7ª a 15ª Campanha) e com áreas similares. Os laudos analíticos são disponibilizados no ANEXO A (resultados químicos), ANEXO B (resultados de toxicidade), ANEXO C (resultados de fitoplâncton), ANEXO D (resultados de zooplâncton) e ANEXO E (resultados de ictioplâncton). Os ANEXOS D e E também apresentam as informações de Tombo do zooplâncton e do ictioplâncton, respectivamente. Já o ANEXO F 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 nas **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 entre 16 (estações 3 e 10) e 40 m (estações 2, 4 e 8). 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, onde ocorre a 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, sendo posicionadas na profundidade do início desta variação as amostras denominadas como termoclina (TC). 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, seguidos de um decréscimo dos valores a partir do início da termoclina (ou haloclina, no caso da variação vertical de salinidade). Considerando-se as profundidades amostradas, os valores de temperatura variaram desde 24,7°C (estação 2 – TC) a 27,5°C (estação 10 – SUP e ACTC), enquanto que a salinidade variou entre 36,9 (estações 2 e 7 – TC) e 37,34 (estação 10 – SUP e ACTC e estação 11 - SUP).

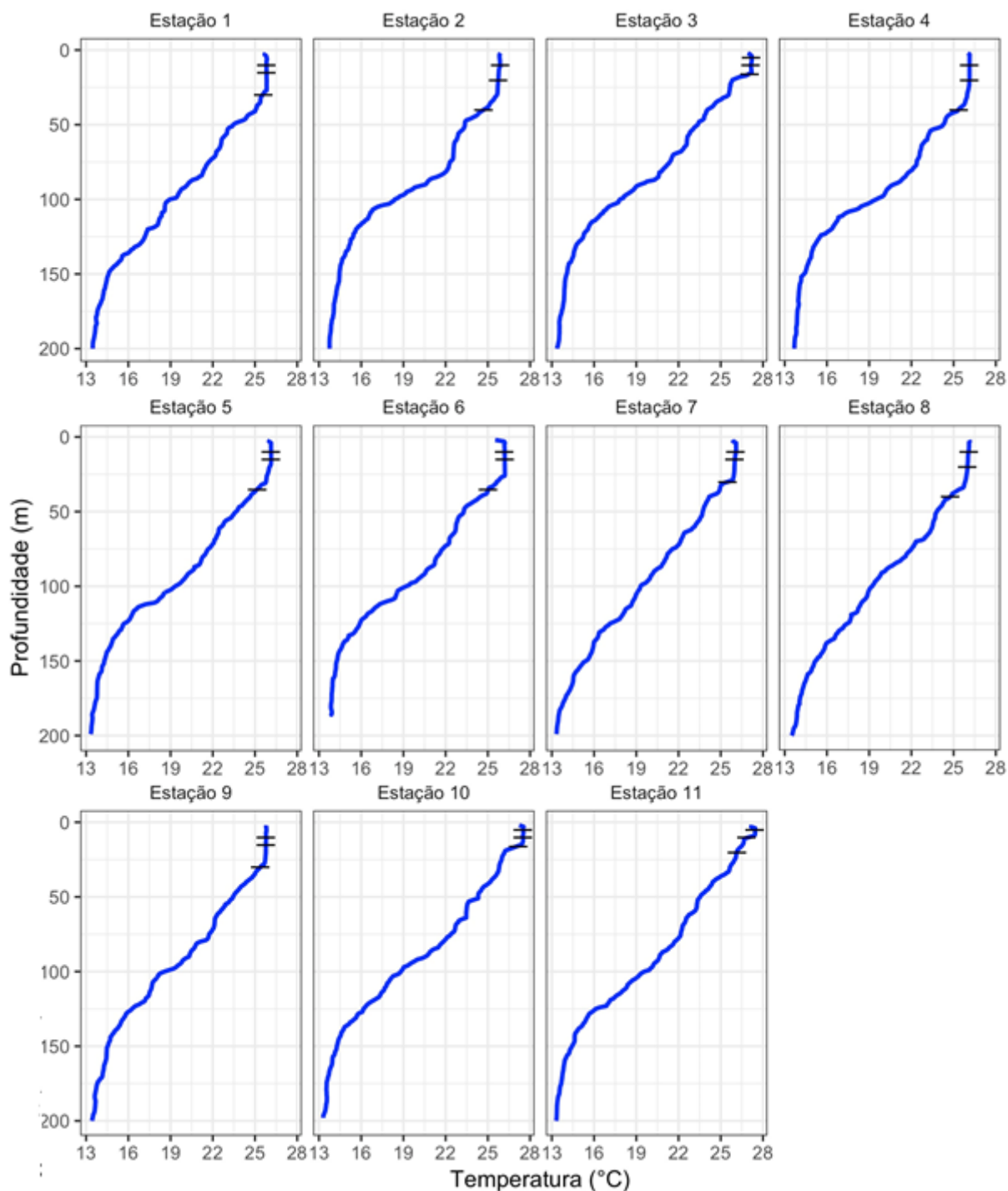


Figura 10: Perfis de temperatura nas estações monitoradas durante a 16ª Campanha de Monitoramento Ambiental do FPSO Fluminense, campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos. – profundidades amostradas.

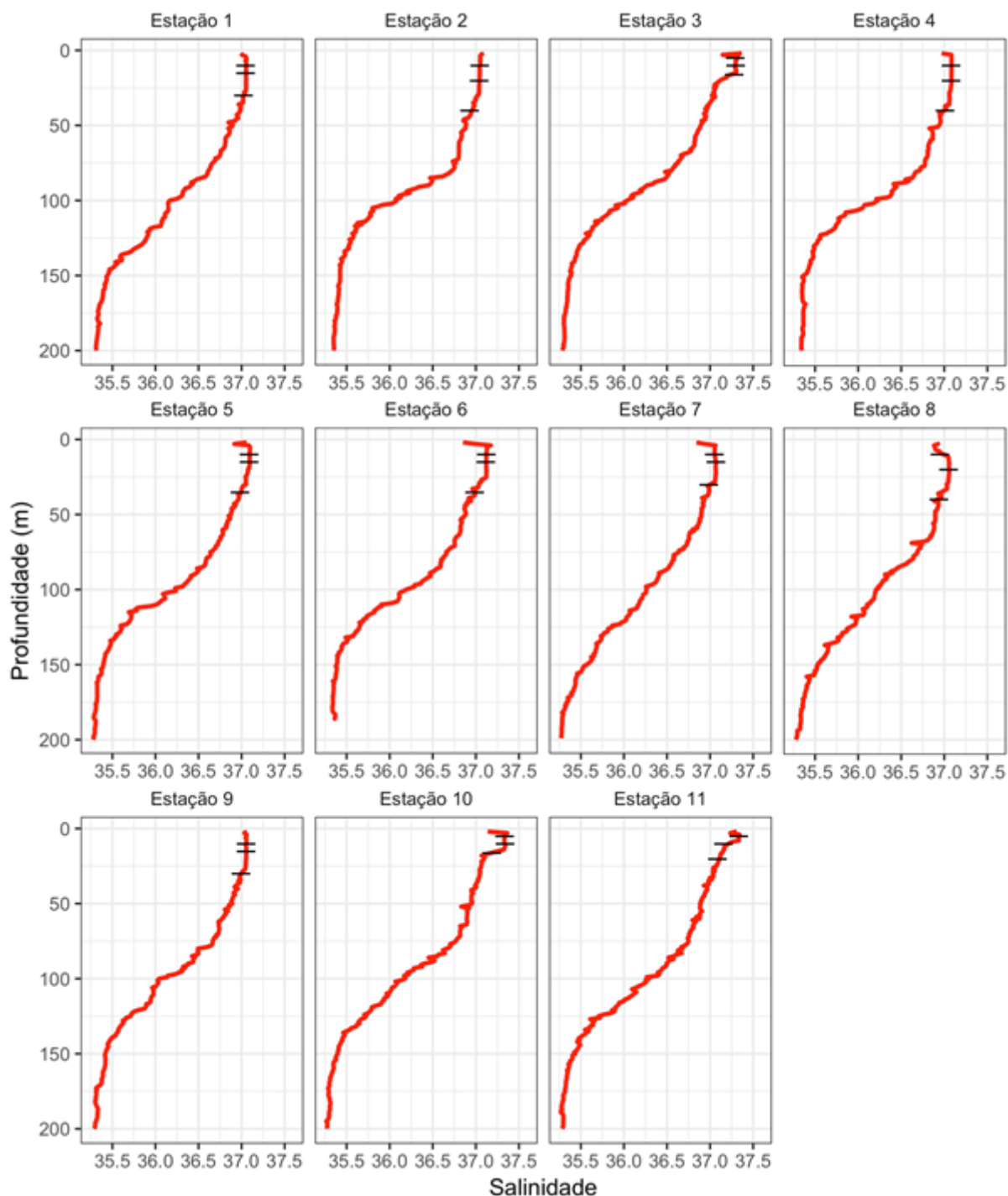


Figura 11: Perfis de salinidade nas estações monitoradas durante a 16ª Campanha de Monitoramento Ambiental do FPSO Fluminense, campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos. – profundidades amostradas.

Apesar de maiores salinidades contribuírem para o aumento da densidade da água, 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 23,34 (estação 10 - SUP) a 25,06 (estação 2 - TC).

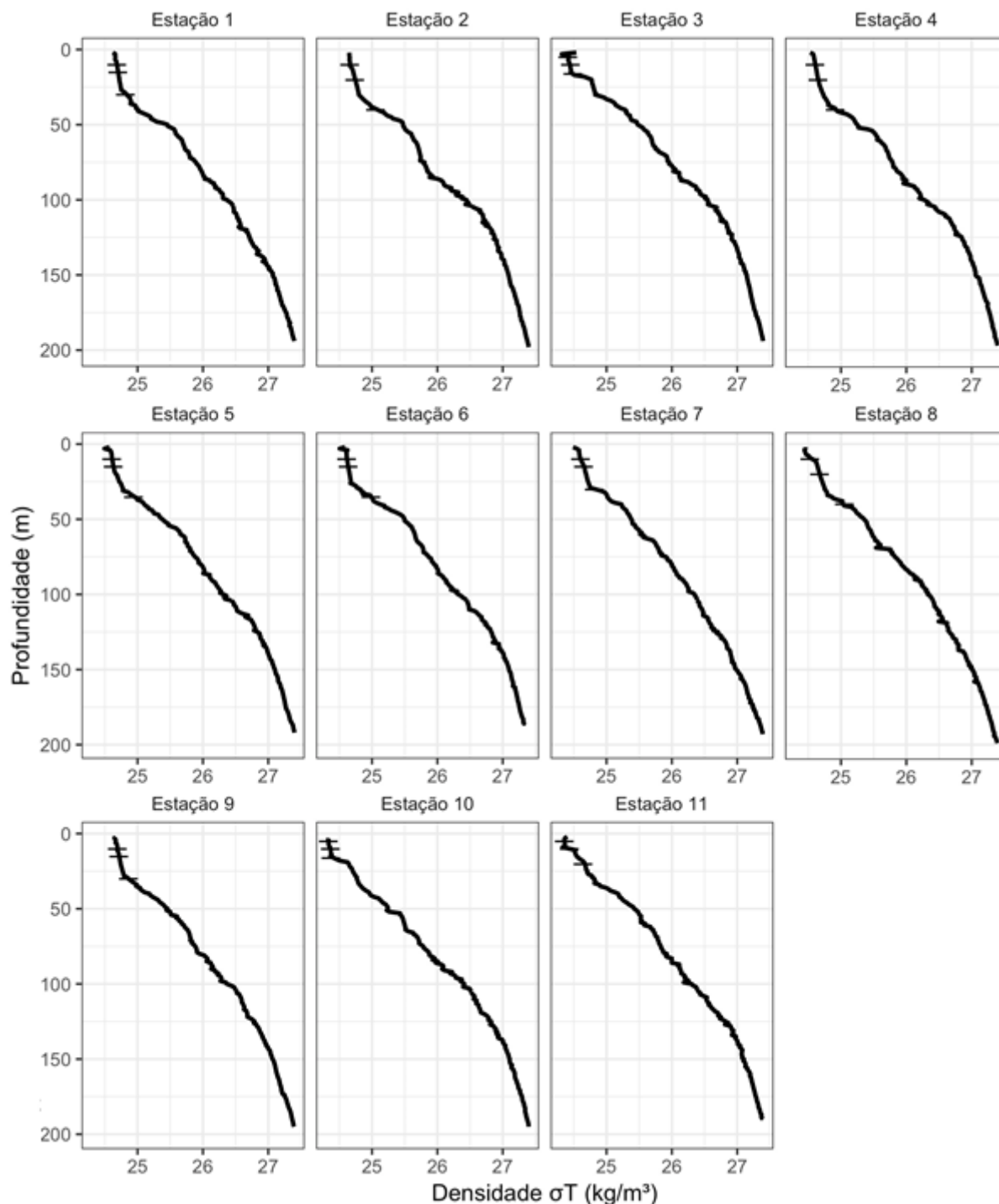


Figura 12: Perfis de densidade nas estações monitoradas durante a 16ª Campanha de Monitoramento Ambiental do FPSO Fluminense, campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos. – profundidades amostradas.



Massas d'água

A partir dos resultados de temperatura e salinidade obtidos é possível identificar as massas d'água que dominam a região, bem como suas características termohalinas (**Figura 13**). Na camada superficial até profundidades entre 87 e 97 m foi verificada a presença de Água Tropical (AT), definida por valores maiores de 20°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 tornaram-se gradativamente mais frias e menos salinas. Em profundidades entre 100 e 120 m evidenciou-se a transição da AT para a 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 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).

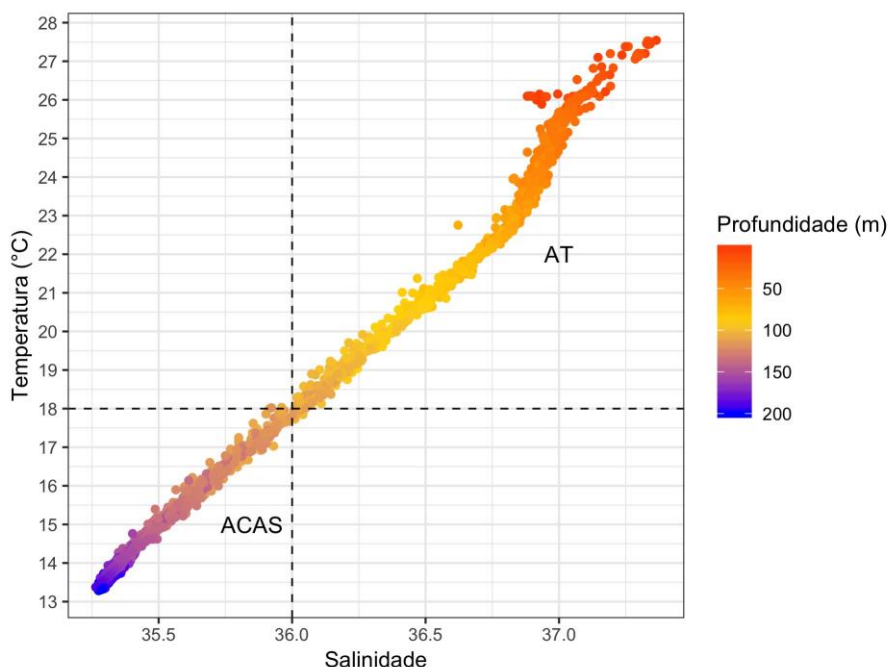


Figura 13: Diagrama TS dos dados amostrados nas estações no entorno do FPSO Fluminense durante a 16ª campanha de Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos.



É importante 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 Fluminense nesta 16ª campanha variaram entre 5,96 (estação 3 - TC) e 6,95 mg/L (estação 9 - SUP), tendo apenas o resultado mínimo citado, detectado na profundidade da termoclina, apresentado valor em níveis levemente inferiores ao limite mínimo estipulado pela Resolução CONAMA 357/05 para águas salinas classe 1 (6 mg/L), como pode ser verificado na **Figura 14**. As concentrações de oxigênio dissolvidos detectadas na presente 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, e por Valentin et al (2006), com intervalo entre 4,71 e 8,92 mg/L. De acordo com o teste de Kruskal-Wallis ($p < 0,05$), foram verificadas diferenças significativas entre os resultados obtidos apenas entre os raios de 200 e 500 m ($p = 0,0115$), onde foram observadas, em geral, as menores e maiores concentrações respectivamente. Não observou-se diferenças entre estes raios e o de 1.000 m, considerado como controle por se encontrar no sentido contrário da corrente e a 1000 m de distância do ponto de descarte.

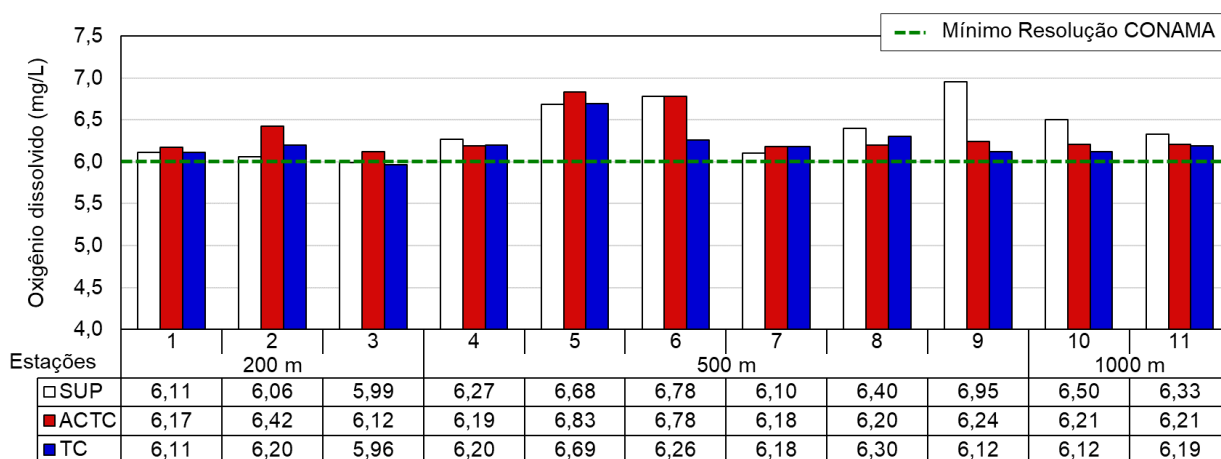


Figura 14: Distribuição das concentrações de Oxigênio Dissolvido (OD) nas estações no entorno da FPSO Fluminense durante a 16ª campanha de Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos.

Em comparação com as campanhas anteriores, os resultados de OD da presente campanha apresentaram resultados dentro do intervalo apresentado nas campanhas anteriores (**Figura 15**). Por outro lado, quando realizou-se o teste de variância Kruskal-Wallis para verificar se houve diferença significativa entre a presente campanha e as demais, o mesmo indicou tais diferenças ($p < 0,05$) entre os resultados da campanha



de 2019 em relação às campanhas de 2010 ($p=0,0041$), 2011 ($p<0,0001$), 2012 ($p<0,0001$), 2013 ($p<0,0001$), 2014 ($p<0,0001$) e 2015 ($p=0,0195$), possivelmente, porque estas campanhas pretéritas apresentaram maiores valores medianos e de amplitude.

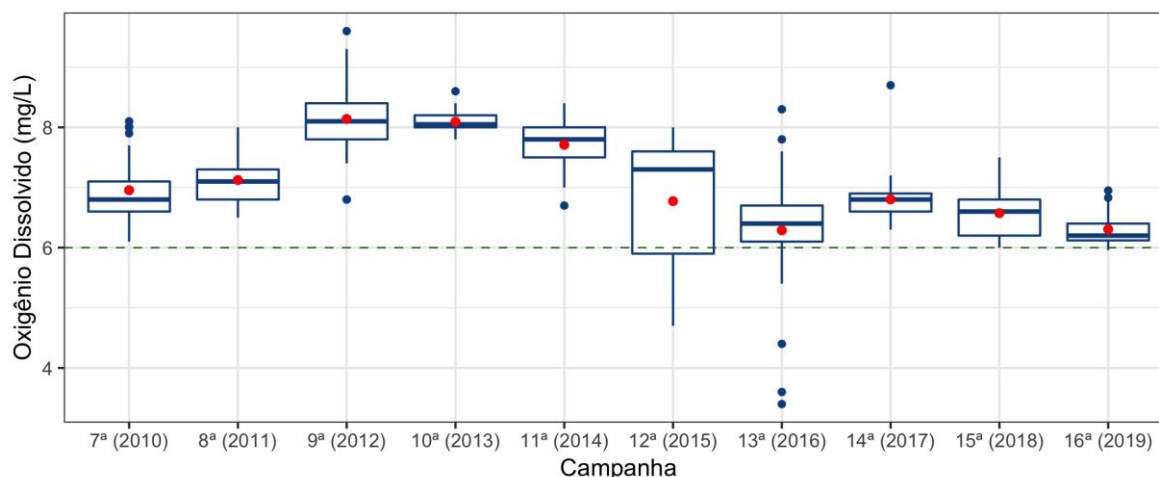


Figura 15: Concentrações de Oxigênio Dissolvido (OD) observadas nas dez últimas Campanhas de Monitoramento Ambiental realizadas no campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos.

5.1.3. Potencial Hidrogeniônico (pH)

Os valores de pH obtidos no entorno do FPSO Fluminense na campanha de 2019 variaram de 8,31 (estação 7 – ACTC) a 8,58 (estação 8 - TC). 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, de forma que os valores obtidos na estação 6 – TC e nas três amostras da estação 8 ultrapassaram este intervalo (**Figura 16**). No entanto, estes resultados levemente superiores ao limite da legislação ambiental não se mostram como indicativo de impacto decorrente da atividade de produção, ressaltando-se que os resultados das estações localizadas no raio de 200 m, mais próximas do FPSO, apresentaram valores inferiores a 8,5. Rezende et al. (2006) identificou na região central da Zona Econômica Exclusiva (entre Salvador, BA, e Cabo de São Tomé, RJ) valores de pH de até 8,52, tendo sido considerado este como típico de 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 em alterações nos níveis desse parâmetro abiótico (Rezende et al., 2006; Niencheski et al., 1999). Os resultados obtidos no entorno do FPSO Fluminense não mostraram diferenças significativas (Kruskal-Wallis, $p<0,05$) entre os três raios amostrados ($p=0,2487$).

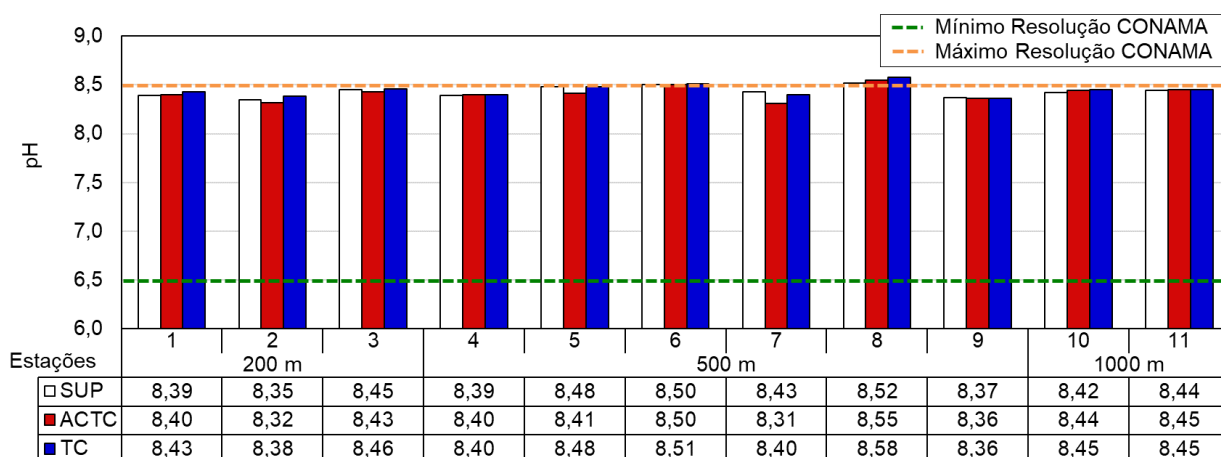


Figura 16: Valores de pH nas estações no entorno do FPSO Fluminense durante a 16ª campanha de Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos.

Os resultados obtidos na presente campanha mostraram-se dentro do intervalo observado nas campanhas anteriores (Figura 17). Quando os atuais valores foram comparados com obtidos nas campanhas anteriores, foram identificadas diferenças significativas (Kruskal-Wallis, $p < 0,05$) entre 2019 e a maioria das campanhas anteriores, a exceção foi em relação à campanha de 2011, isso porque foi a campanha que apresentou mediana mais próxima.

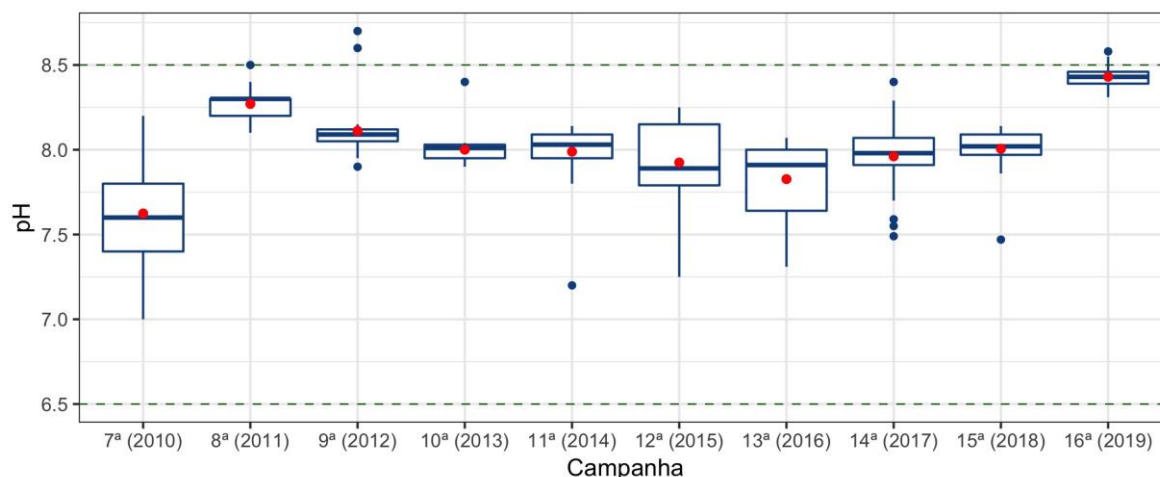


Figura 17: Resultados de pH observados nas dez últimas Campanhas de Monitoramento Ambiental realizadas no do campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos.

5.2. PARÂMETROS INORGÂNICOS

5.2.1. Nitrogênio e Fósforo

As concentrações de nitrogênio amoniacal no entorno do FPSO Fluminense variaram desde concentrações não detectáveis (<LD) a 0,0011 mg/L (estações 1 e 4 – SUP e estações 7 e 10 – ACTC), enquanto que os



resultados de nitrito apresentaram variação desde <LD a 0,0013 mg/L. (estação 3 – SUP) Já para nitrato, a variação das concentrações ocorreu entre 0,004 mg/L (estações 2 e 3 – SUP) a 0,07 mg/L (estação 2 – TC), como observado na **Figura 18**. Todos os resultados obtidos na presente campanha mantiveram-se de acordo com os limites estabelecidos pela Resolução CONAMA 357/05 para águas salinas classe 1 (até 0,4 mg/L para nitrogênio amoniacal e nitrato e até 0,07 mg/L para nitrito). Apenas os resultados de nitrito apresentaram diferenças significativas entre os três raios de amostragem (Kruskal-Wallis, $p < 0,05$), sendo observadas concentrações no raio de 200 m significativamente superiores àqueles obtidos nos raios de 500 m e 1.000 m ($p < 0,0001$).

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).

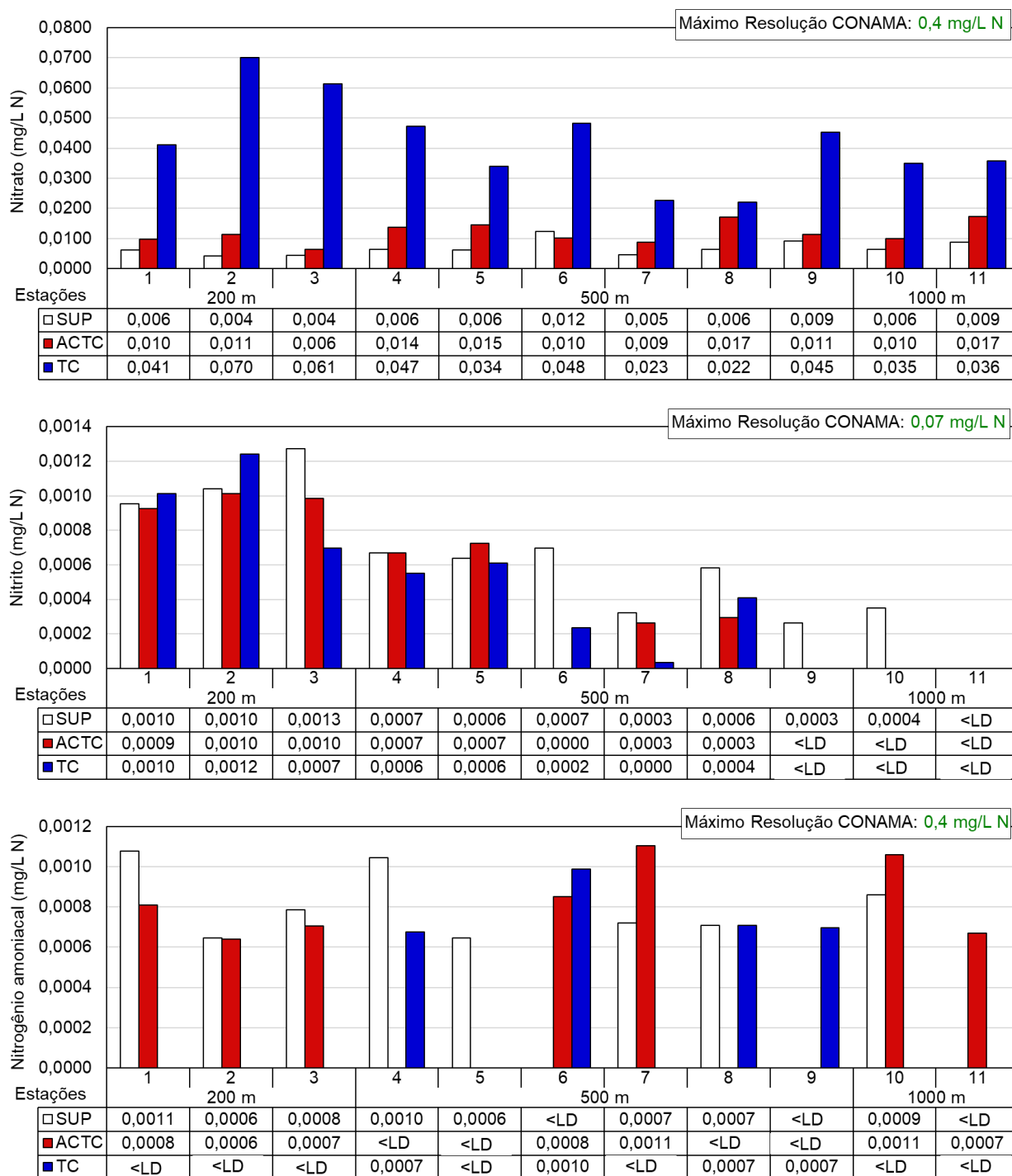


Figura 18: Distribuição das concentrações de nitrato, nitrito e nitrogênio amoniacal nas estações no entorno do FPSO Fluminense durante a 16ª campanha de Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos.

Com exceção das concentrações de nitrato das campanhas de 2010 e 2011, que apresentaram valores atipicamente elevados e interpretados como imprecisões analíticas, provavelmente relacionados com a influência salina no cromatograma, todos os demais resultados se mostraram de acordo com os limites estabelecidos pela legislação ambiental (**Figura 19**). Os resultados de nitrogênio amoniacal (**Figura 20**)



obtidos na presente campanha (2019) apresentaram diferenças significativas (Kruskal-Wallis, $p < 0,05$) em relação às campanhas de 2010, 2011, 2012, 2015 e de 2017 ($p = 0,0475$, para as cinco campanhas), enquanto que para nitrito observou-se diferenças significativas em relação às campanhas de 2010 ($p = 0,0017$), 2011 ($p = 0,0017$), 2012 ($p < 0,0001$), 2013 ($p = 0,1365$) e 2017 ($p = 0,0017$). Com relação a nitrato, foram verificadas diferenças significativas entre os resultados da presente campanha e os das campanhas de 2010 ($p = 0,0068$), 2015 ($p < 0,0001$) e 2016 ($p = 0,0206$).

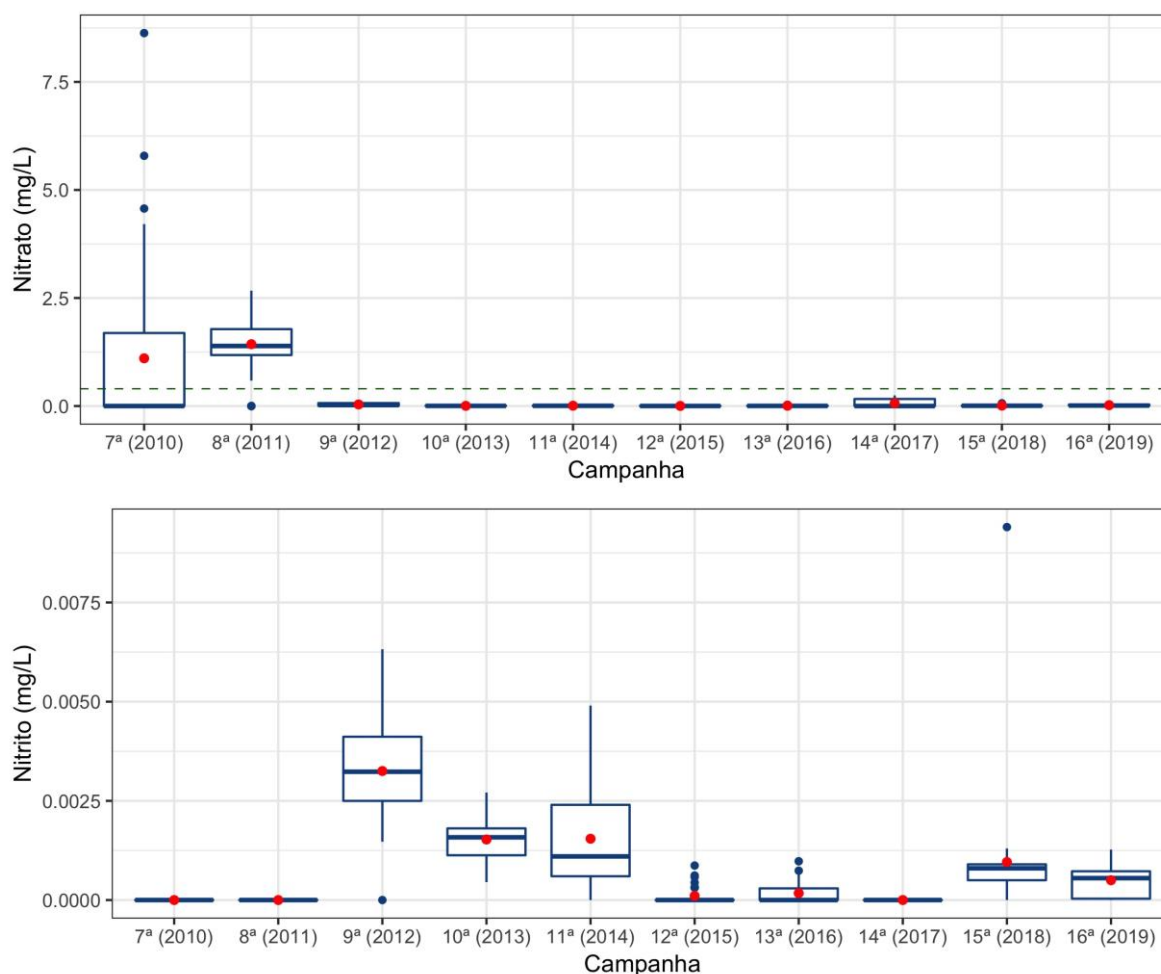


Figura 19: Concentrações de nitrato e nitrito amoniacal, observadas nas dez últimas Campanhas de Monitoramento Ambiental realizadas no campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos.

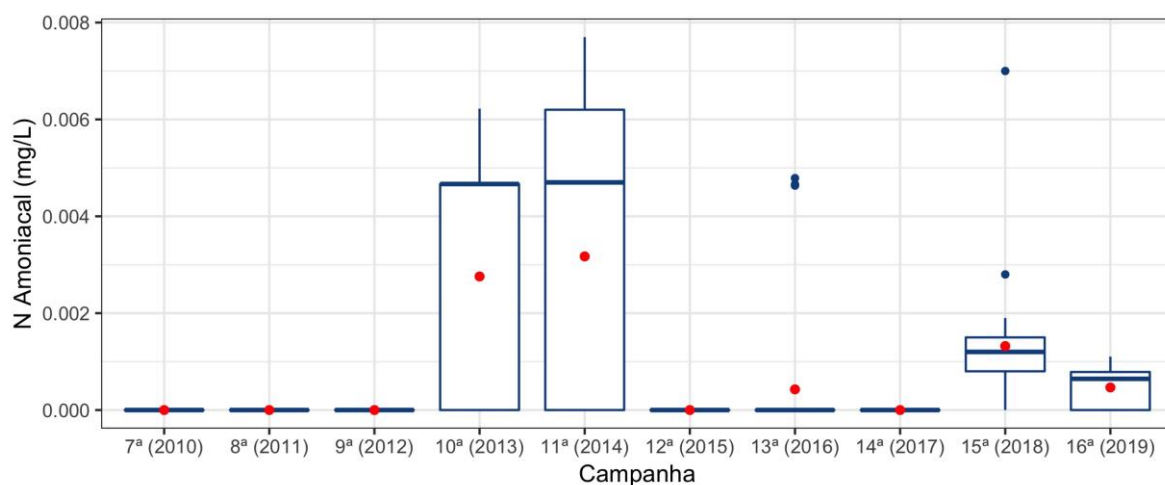


Figura 20: Concentrações de nitrogênio amoniacal, observadas nas dez últimas Campanhas de Monitoramento Ambiental realizadas no campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos.

Para fosfato, fração correspondente ao fósforo inorgânico dissolvido na água (ortofosfatos e polifosfatos, formas predominantes nas águas oceânicas), as concentrações verificadas na presente campanha variaram desde valores não detectáveis a 0,0006 mg/L, valor obtido nas profundidades ACTC e TC da estação 4 (**Figura 21**), não tendo sido identificadas diferenças significativas (Kruskal-Wallis, $p < 0,05$) entre os resultados obtidos nos raios de 200, 500 e 1.000 m do FPSO. A Resolução CONAMA 357/05 estipula máximo apenas para polifosfatos, correspondente a 0,031 mg/L, o que demonstra que as concentrações estão condizentes com o estipulado pela Resolução. A ocorrência de valores médios mais elevados a 200 m sugere uma aumento nas atividades de remineralização e uma redução fotossintética nessa profundidade (Rezende *et al.*, 2006).

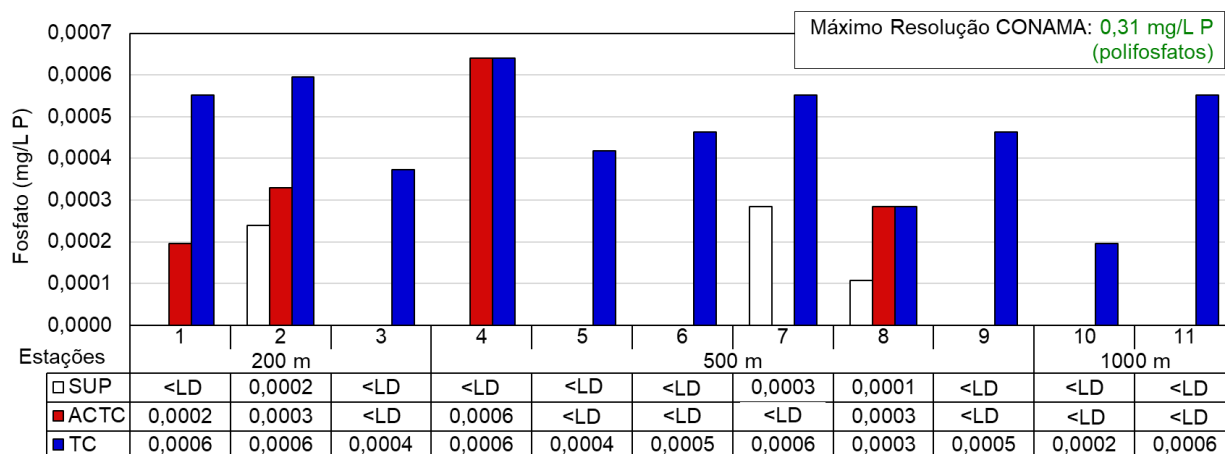


Figura 21: Distribuição das concentrações de fosfato nas estações no entorno do FPSO Fluminense durante a 16ª campanha de Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos.

Os resultados obtidos na presente campanha estão de acordo com a variabilidade observada nas campanhas anteriores (**Figura 22**). Diferenças significativas (Kruskal-Wallis, $p < 0,05$) foram verificadas entre a atual



campanha (2019) e as de 2011 ($p=0,0439$), 2013 ($p=0,0009$), 2017 ($p<0,0001$) e 2018 ($p=0,0003$), com as menores concentrações sendo verificadas nesta campanha.

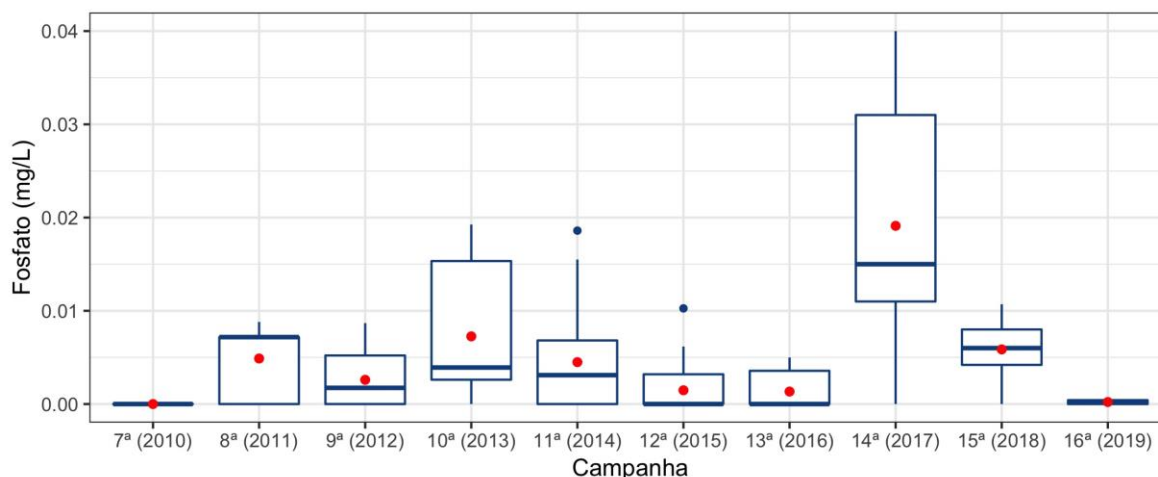


Figura 22: Concentrações de fosfato observadas nas dez últimas Campanhas de Monitoramento Ambiental realizadas no campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos.

5.2.2. Clorofila-a

Os resultados de clorofila-a obtidos na 16ª campanha de monitoramento do FPSO Fluminense variaram de 0,009 $\mu\text{g/L}$ (estação 9 – AC/TC) a 0,130 $\mu\text{g/L}$ (estação 2 – TC). De uma forma geral, observa-se a ocorrência de maiores concentrações de clorofila-a, principalmente na camada TC (**Figura 23**). 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). 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 ($p=0,4923$). As concentrações observadas na presente campanha (média de 0,043 $\mu\text{g/L}$) foram superiores às observadas na campanha realizada em 2018 (média de 0,004 $\mu\text{g/L}$), onde as concentrações variaram de 0,002 a 0,009 $\mu\text{g/L}$.

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 acessada atualmente por imagens de satélite da cor do oceano. Concentrações inferiores a 2,8 $\mu\text{g/L}$, 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).

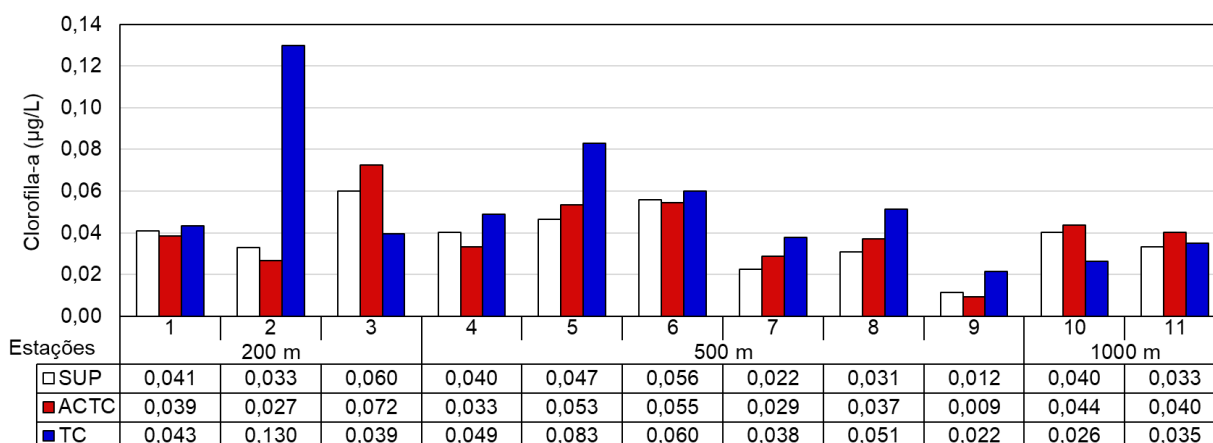


Figura 23: Distribuição das concentrações de clorofila-a nas estações no entorno do FPSO Espírito Santo durante a 9ª campanha de Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos.

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 (Zi). A maioria dos metais analisados não foi encontrado em concentrações quantificáveis (**Erro! Fonte de referência não encontrada.**), sendo referidos em sua maioria como elementos traços, com exceção dos elementos boro e zinco, que apresentaram valores quantificáveis na presente campanha.

Tabela 5: Metais que apresentaram concentrações abaixo do Limite de Quantificação (LQ) nas estações no entorno do FPSO Fluminense durante a 16ª campanha de Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos.

Metais	LQ (mg/L)	Limite máximo Resolução CONAMA nº 357/05 Águas Salinas Classe 1 (mg/L)
Alumínio Dissolvido	0,0300	1,5000
Arsênio Total	0,0060	0,0100
Bário Total	0,0150	1,0000
Berílio Total	0,0030	0,0053
Cádmio Total	0,0030	0,0050
Chumbo Total	0,0060	0,0100
Cobre Total	0,0030	-
Cobre Dissolvido	0,0030	0,0050
Cromo Total	0,0060	0,0500
Ferro Total	0,0300	-
Ferro Dissolvido	0,0300	0,3000
Manganês	0,0060	0,1000



Tabela 5: Metais que apresentaram concentrações abaixo do Limite de Quantificação (LQ) nas estações no entorno do FPSO Fluminense durante a 16ª campanha de Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos.

Metais	LQ (mg/L)	Limite máximo Resolução CONAMA nº 357/05 Águas Salinas Classe 1 (mg/L)
Mercurio Total	0,0002	0,0002
Níquel Total	0,0030	0,0250
Prata Total	0,0030	0,0050
Selênio Total	0,0060	0,0100
Tálio Total	0,0300	0,1000
Urânio Total	0,0060	0,5000
Vanádio Total	0,0150	-

LQ = Limite de Quantificação

Para o elemento boro, as concentrações variaram entre 4,54 (estações 1 e 2 - TC) e 5,9 mg/L (estação 10 – SUP), conforme **Figura 24**. O semimetal boro apresentou concentrações ligeiramente superiores ao nível estabelecido pela Resolução CONAMA 357/05 (5 mg/L) na estação 3 e 9 (ACTC e TC) e nas três profundidades das estações 4, 5, 6, 10 e 11, importante ressaltar que as estações 10 e 11 são consideradas controle, uma vez que estão localizadas a 1.000 m do FPSO Fluminense e no sentido contrário da corrente, fator que impede que os resultados obtidos possam ser relacionados diretamente com a atividade de produção da referida plataforma.

Os resultados obtidos no raio de 200 m apresentaram diferenças significativas (Kruskal-Wallis, $p < 0,05$) entre os demais raios amostrados (500 e 1000 m), onde em 200 m foram encontradas as menores concentrações e nos demais as maiores, corroborando o fato de que não foi possível afirmar que as maiores concentrações de Boro encontradas nesta campanha estiveram relacionadas ao descarte da água produzida, uma vez que as menores concentrações foram detectadas nas estações mais próximas ao descarte dentro da zona de mistura.

Concentrações de boro superiores a 5 mg/L já haviam sido reportadas por Petrobras (2013) nos resultados do Projeto de Caracterização Regional da Bacia de Campos (PCR-BC), no qual os resultados oscilaram entre 0,4-10,9 mg/L, sendo indicado que concentrações deste parâmetro em águas costeiras brasileiras podem ultrapassar este limite estabelecido pela legislação.

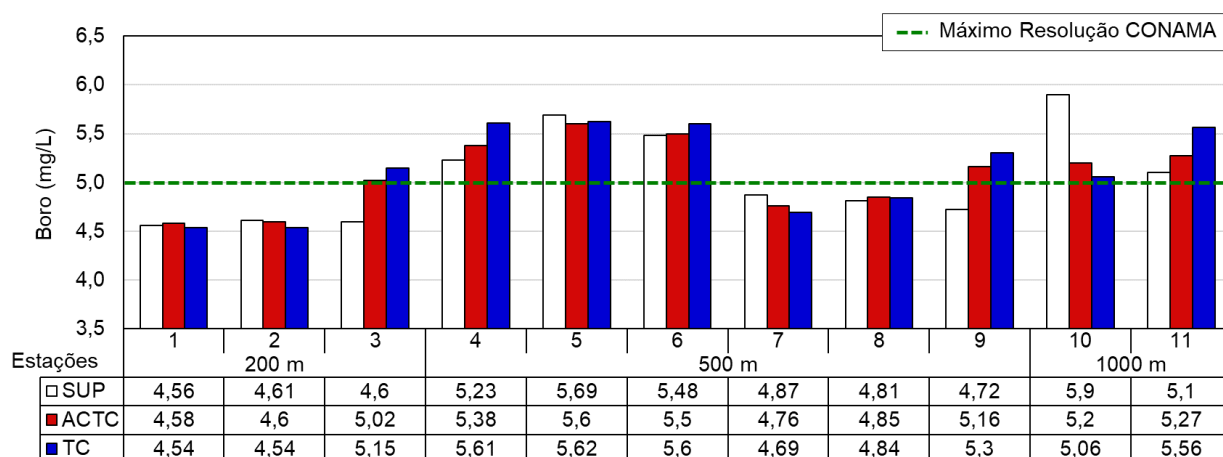


Figura 24: Distribuição das concentrações de boro nas estações no entorno do FPSO Fluminense durante a 16ª campanha de Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos.

Os resultados referentes a boro obtidos na presente campanha (2019) foram significativamente superiores aos observados nas campanhas anteriores (Kruskal-Wallis, $p < 0,05$), com valores de média e mediana superiores ao limite estabelecido pela Resolução CONAMA (**Figura 25**). Tendo em vista a atipicidade do resultado obtido na presente campanha, incluindo os resultados das duas estações controle, mostra-se necessário o acompanhamento deste parâmetro nas campanhas seguintes, de forma a se identificar este evento como realmente atípico ou como um novo padrão para a região.

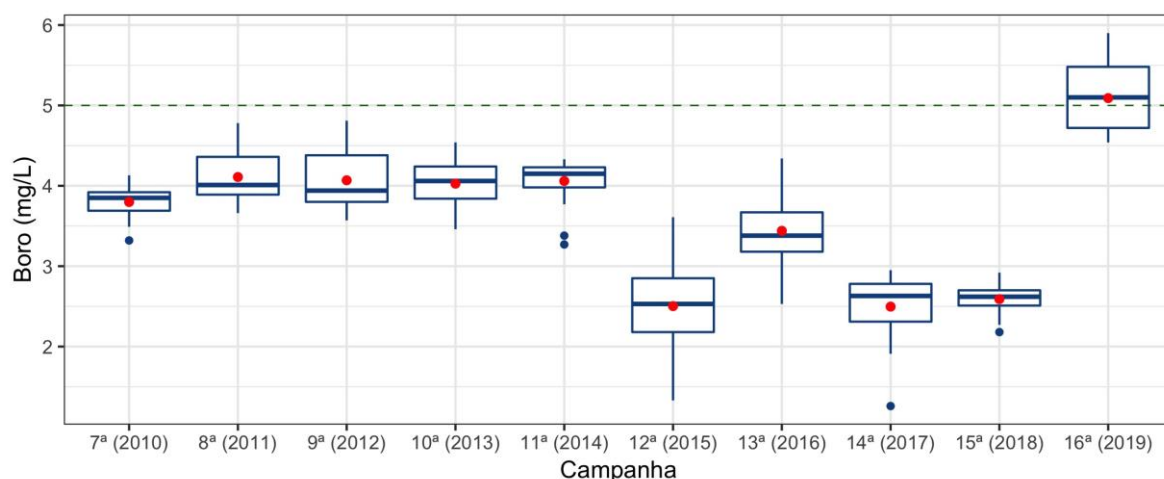


Figura 25: Concentrações de boro observadas nas dez últimas Campanhas de Monitoramento Ambiental realizadas no campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos.

Com relação ao elemento zinco, este apresentou concentrações desde valores abaixo do limite de quantificação de 0,006 mg/L até 0,041 mg/L (estação 5 – ACTC), conforme a **Figura 26**. Estes resultados foram similares aos observados por PETROBRAS (2013) que, caracterizando a Bacia de Campos, detectou



concentrações de zinco entre <LQ e 0,04507 mg/L, tendo as concentrações observado estado dentro do observado 'para a região.

Todos os resultados obtidos mantiveram-se inferiores ao limite estabelecido pela Resolução CONAMA 357/05 (0,09 mg/L) e não foram identificadas diferenças significativas (Kruskal-Wallis, $p < 0,05$) entre os resultados obtidos nos três raios amostrados ($p = 0,8131$). Não foram obtidos resultados de zinco acima do limite de quantificação nas campanhas anteriores, não sendo possível desta forma realizar a análise estatística.

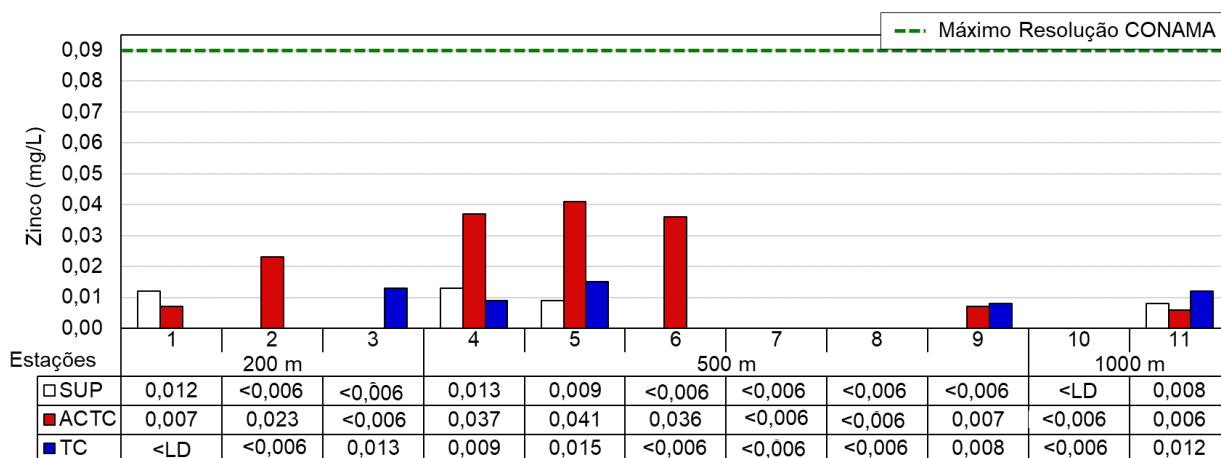


Figura 26: Distribuição das concentrações de zinco nas estações no entorno do FPSO Fluminense durante a 16ª campanha de Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos.

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 a concentração de cianeto esteve abaixo do limite de quantificação (<0,001) em todas as estações. Nas campanhas anteriores também não foram quantificadas concentrações de cianeto no entorno do FPSO Espírito Santo. Salienta-se que o valor do limite de detecção (LD) do método é equivalente ao valor máximo estipulado para águas salinas classe 1 pela Resolução CONAMA 357/05 – 0,001 mg/L.

5.2.5. Fluoretos

Nas estações distribuídas no entorno da FPSO Fluminense foram observadas concentrações variando desde 0,051 mg/L (estação 7 – TC) a 0,12 mg/L (estação 9 – ACTC), sem padrão espacial claro, tanto em relação a coluna d'água quanto em relação a distância da unidade (Figura 27), sendo observadas diferenças significativas (Kruskal-Wallis, $p < 0,05$) apenas entre os raios de 200 e 500 m ($p = 0,0326$). Verifica-se que todas as amostras analisadas estiveram de acordo com o limite máximo requerido pela Resolução CONAMA 357/05



para águas salinas classe 1 (1,4 mg/L). Os resultados de fluoretos obtidos na presente campanha (2019) mostram-se dentro da variabilidade observada nas campanhas anteriores (**Figura 28**). 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. Diferenças significativas (Kruskal-Wallis, $p < 0,05$) em relação à atual campanha foram identificadas em relação aos resultados obtidos em 2010 ($p < 0,0001$), 2016 ($p = 0,0004$), 2017 ($p < 0,0001$) e 2018 ($p < 0,0001$).

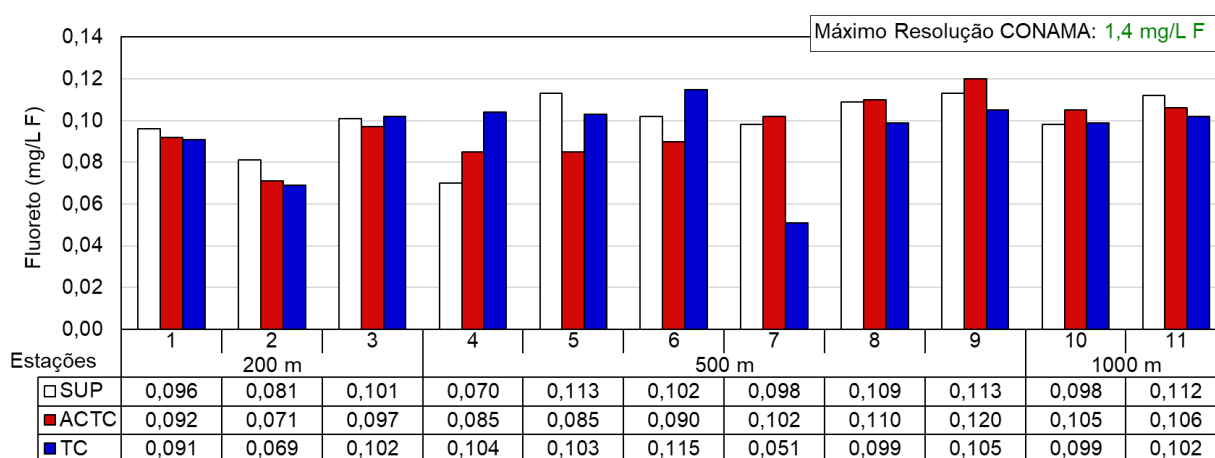


Figura 27: Distribuição das concentrações de fluoreto nas estações no entorno do FPSO Fluminense durante a 16ª campanha de Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos.

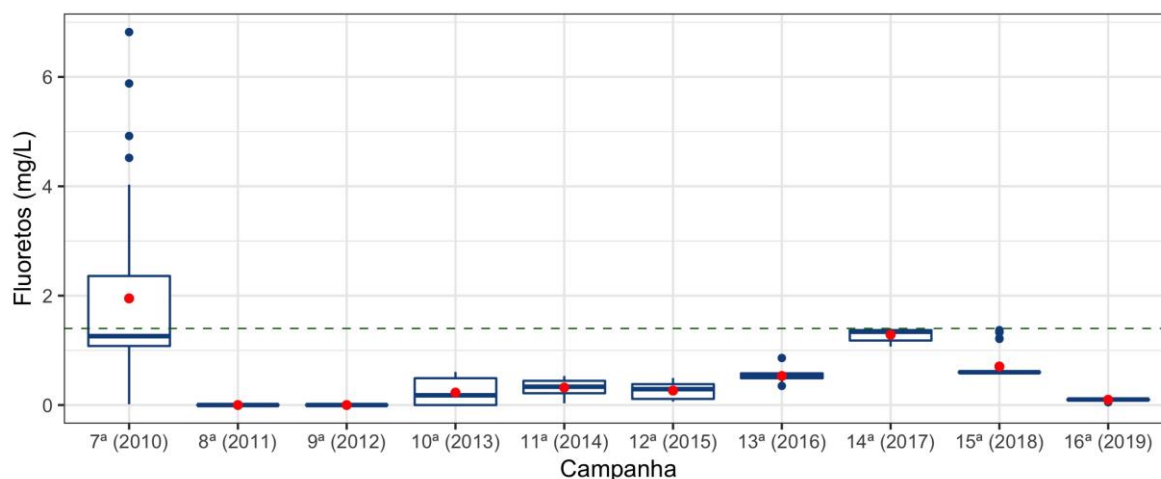


Figura 28: Concentrações de fluoreto observadas nas dez últimas Campanhas de Monitoramento Ambiental realizadas no campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos.

5.2.6. Sulfetos

No presente monitoramento não foram encontradas concentrações de sulfetos acima do limite de quantificação em nenhuma amostra analisada ($LD = 0,0016$ mg/L), como já ocorrido nas campanhas



anteriores no entorno do FPSO Fluminense, mantendo as características da água condizentes com o estipulado pela Resolução CONAMA 357/05 para águas salinas classe 1 (até 0,002 mg/L).

5.2.7. Cloro Residual Total

Na atual campanha foi mensurado o cloro residual total (combinado + livre), sendo o livre correspondente ao cloro na água em forma de ácido hipocloroso e do íon hipoclorito e o combinado correspondente às formas combinadas com amônia. O elemento tem utilização recorrente por sua propriedade bactericida. A análise de cloro residual no entorno do FPSO Fluminense não verificou concentração detectável em nenhuma das estações amostradas (LD=0,003 mg/L), resultados condizentes ao máximo requerido para águas salinas classe 1 pela Resolução CONAMA 357/05 (0,01 mg/L). Nas campanhas anteriores também não foram quantificadas concentrações de cloro residual em nenhuma estação/profundidade.

5.2.8. Radioisótopos

Os radioisótopos Rádio-226 (226Ra) e Rádio-228 (228Ra) 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 40K, 238U e 232Th. 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 Fluminense, concentrações quantificáveis (LQ=0,01 Bq/L) de 226Ra foram quantificadas em seis amostras, em valores que variaram de 0,010 (estações 1 e 6 – ACTC) a 0,020 Bq/L (estação 7 – ACTC), conforme a **Figura 29**. Não foram verificadas diferenças significativas (Kruskal-Wallis, $p < 0,05$) entre as concentrações de 226Ra obtidas nos três raios amostrados no presente monitoramento. Com relação às concentrações de 228Ra, nenhuma apresentou valor superior ao limite de quantificação (0,02 Bq/L) na presente campanha.

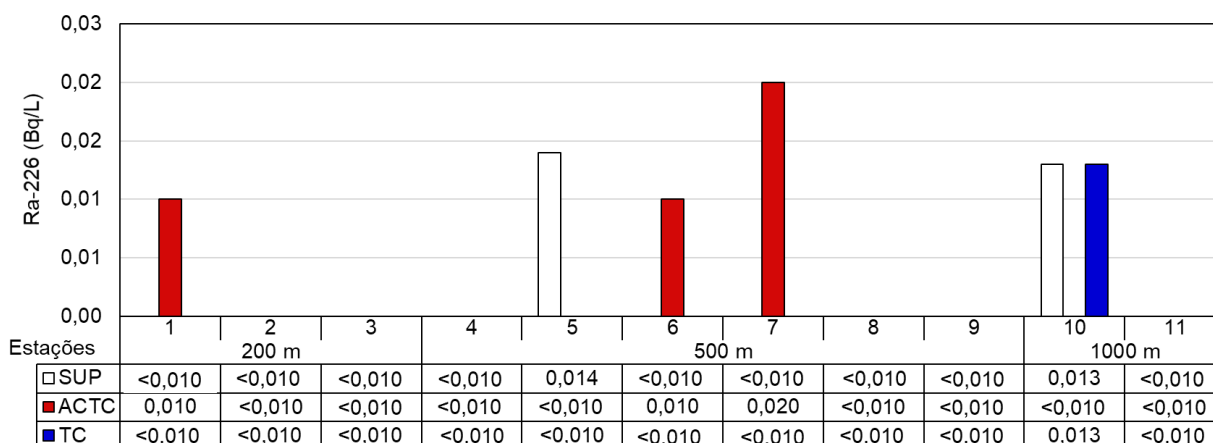


Figura 29: Distribuição das concentrações de ^{226}Ra nas estações no entorno do FPSO Fluminense durante a 16ª campanha de Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos.

A Resolução CONAMA 357/05 não preconiza limites para os radioisótopos. Contudo, destaca-se que Vegueria et al. (2002) mencionaram radioisótopos para água do mar da Bacia de Campos de cerca de 0,015 Bq/L e, analisando amostras de água produzida, citaram concentrações entre 0,012 e 6,0 Bq/L para ^{226}Ra e entre 0,05 e 12,0 Bq/L para ^{228}Ra . Nas campanhas realizadas anteriormente no entorno do FPSO Fluminense, não foram obtidos resultados de ^{226}Ra ou de ^{228}Ra acima do limite de quantificação.

5.3. PARÂMETROS ORGÂNICOS

5.3.1. Carbono Orgânico Total (COT)

As concentrações de carbono orgânico total (COT) observadas no entorno do FPSO Fluminense na presente campanha apresentaram valores que variaram de 0,73 mg/L (estação 6 – ACTC) a 3,54 mg/L (estação 2 – ACTC), como pode ser observado na **Figura 30**. Diferenças significativas (Kruskal-Wallis, $p < 0,05$) entre os raios de amostragem não foram verificadas ($p = 0,0736$).

A Resolução CONAMA 357/05 estabelece o limite de 3 mg/L de COT para águas salinas classe 1, limite ligeiramente ultrapassado em apenas uma das 33 amostras analisadas nesta campanha, tendo o valor encontrado nesta amostra sido considerado um *outlier* (um valor atípico da atual série de dados) na análise de *boxplot* (**Figura 31**)

As concentrações de COT observadas na presente campanha se mantiveram dentro do intervalo de dados observado ao longo do Programa Monitoramento da FPSO Fluminense. Por outro lado, quando foi aplicado o teste de variabilidade, foram identificadas diferenças significativas (Kruskal-Wallis, $p < 0,05$) em relação aos resultados obtidos nas campanhas de 2011, 2012, 2014 e 2015 ($p < 0,0001$ para estes quatro anos), 2017



($p=0,0167$) e 2018 ($p=0,0136$), isso porque nas campanhas citadas, em geral, os valores medianos foram menores, além disso, a amplitude dos dados também foi inferior a observada na presente campanha, com exceção de 2011. Na campanha de 2016 o valor de mediana foi superior ao obtido na presente campanha, indicando resultados em níveis similares aos verificados anteriormente na região (**Figura 31**).

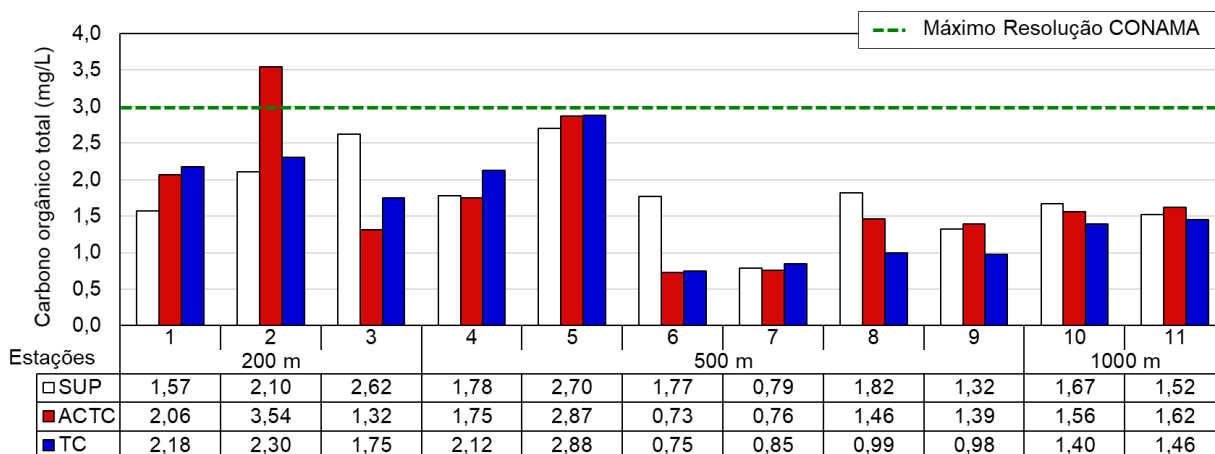


Figura 30: Distribuição das concentrações de Carbono Orgânico Total (COT) nas estações no entorno do FPSO Fluminense durante a 16ª campanha de Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos.

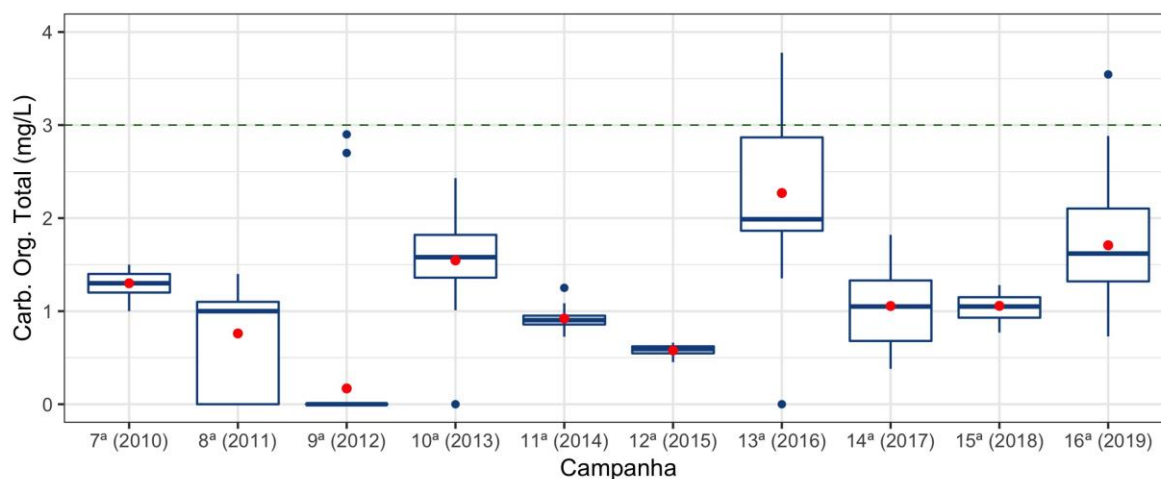


Figura 31: Concentrações de COT observadas nas dez últimas Campanhas de Monitoramento Ambiental no campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos.

5.3.2. Surfactantes

Na presente campanha, nenhuma amostra apresentou concentrações detectáveis ($LD=0,01$ mg/L) de surfactantes, assim como nas campanhas realizadas desde 2010, onde não se obteve concentrações de surfactantes acima do limite de quantificação ($LQ=0,015$ mg/L). A Resolução CONAMA 357/05 estabelece o valor máximo de 0,2 mg/L para águas salinas classe 1.



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 quantificadas concentrações de PCBs ($LQ < 0,003 \mu\text{g/L}$) no presente estudo. Os PCBs também não foram quantificados nas campanhas anteriores, realizadas anualmente desde 2010. Salienta-se que o máximo para PCBs em águas salinas classe 1 segundo a Resolução CONAMA 357/05 é de $0,03 \mu\text{g/L}$.

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.

Concentrações quantificáveis de tributilestanho ($LQ = 0,001 \mu\text{g/L}$) foram verificadas em quatro das 33 amostras coletadas no entorno do FPSO Fluminense na presente campanha, em concentrações que variaram de $0,0011$ (estação 2 - TC) a $0,015 \mu\text{g/L}$ (estação 7 - ACTC), conforme **Figura 32**. A Resolução CONAMA estabelece o limite de $0,01 \mu\text{g/L}$ de tributilestanho para águas salinas classe 1, de forma que somente o resultado máximo obtido na estação 7 ultrapassou ligeiramente o limite da referida resolução.

Este parâmetro não apresentou resultados detectáveis nas campanhas anteriores ($LD = 0,010 \mu\text{g/L}$). Contudo, cabe destacar que o limite de detecção das campanhas anteriores é superior ao limite de quantificação da presente campanha, o que permitiu que algumas concentrações fossem quantificadas. Deste modo, a não detecção ao longo do monitoramento pode estar relacionado ao LD menos conservativo e, mantendo-se o LQ da atual campanha, é possível que o tributilestanho seja detectado futuramente também, sendo importante o acompanhamento deste parâmetro nas próximas campanhas para melhor compreensão dos resultados.

Por outro lado, o valor máximo encontrado que esteve acima do limite estabelecido pela Resolução CONAMA 357/05 pode ser considerado um *outlier*, ou seja, um valor bem diferente do observado na série de dados, uma vez que a maioria das amostras apresentaram concentrações não quantificadas ou bem abaixo do limite, sugerindo uma possível contaminação durante a amostragem ou um erro analítico, apesar de todos os protocolos de qualidade de amostragem e de análise terem sido seguidos, sendo importante o acompanhamento deste parâmetro nas próximas amostragens.

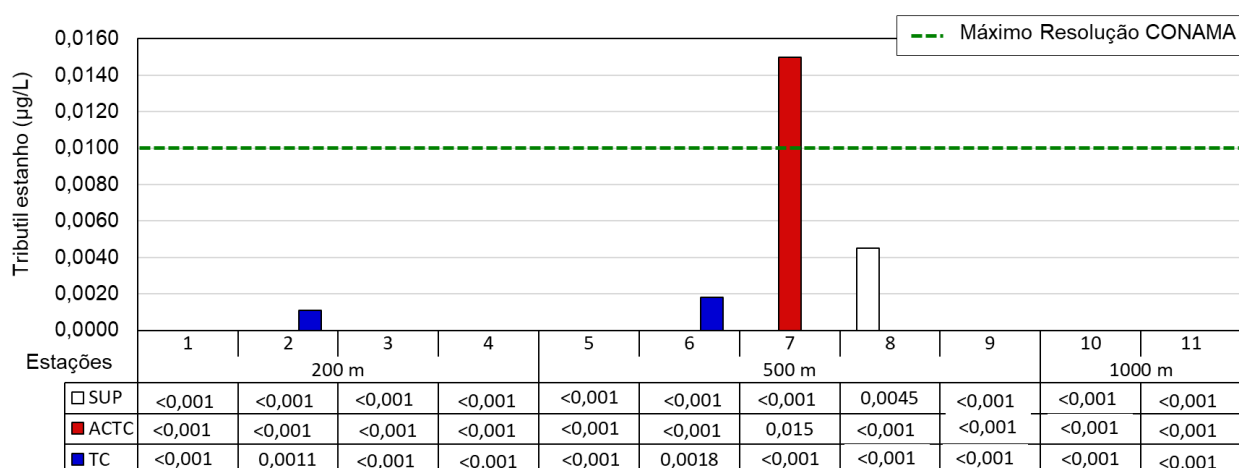


Figura 32: Distribuição das concentrações de tributilestanho nas estações no entorno do FPSO Fluminense durante a 16ª campanha de Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos.

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-alcanos, 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) foram verificadas apenas em uma das 33 amostras analisadas na presente campanha, em somatório de 0,124 µg/L (estação 7 – TC), referente aos compostos fenantreno, fluoranteno, fluoreno e pireno (**Erro! Fonte de referência não encontrada.**). A Resolução CONAMA 357/05 estabelece limite de até 0,018 µg/L 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, que não apresentaram valores detectáveis nesta campanha (LQ = 0,010 µg/LD = 0,003 µg/L). No entanto, é possível verificar que os resultados obtidos foram inferiores aos níveis de efeitos crônicos e/ou agudos propostos por Buchman (2008), indicando desta forma para baixos riscos à biota da região. Cabe ressaltar, no entanto, que a razão fluoranteno/(fluoranteno + pireno) apresentou valores inferiores a 0,4, resultado que, de acordo com YUNKER *et al.* (2002) *apud* MENICONI (2007), é indicativo de uma fonte petrogênica para os HPAs verificados nestas amostras.



Tabela 6: Concentrações quantificáveis de hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (HPAs, µg/L) na amostra da estação 7 – TC, obtida no entorno do FPSO Fluminense durante a 16ª campanha de Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos.

Amostra	500 m	NOAA sQuiRTs (Buchman, 2008)	
	7		
	TC	crônico	agudo
Fenantreno	0,072	4,6	7,7
Fluoranteno	0,01	11	40
Fluoreno	0,012	-	300
Pireno	0,03	-	300
ΣHPAs	0,124	-	300
fluoranteno/(fluoranteno+pireno)	0,25		

A estação 7 está localizada a 500 m de distância do FPSO Fluminense, enquanto que as amostras das estações 1, 2, 3 e 4, localizadas no raio de 200 m, não apresentaram concentrações quantificáveis de HPAs, não sendo possível relacionar este resultado diretamente à referida unidade de produção. Além disso, foi apenas a amostra da termoclina desta estação que apresentou resultado de HPAs com valor quantificável de hidrocarbonetos alifáticos (LQ = 2 µg/L para n-alcanos e LQ = 100 µg/kg para HTP e MCNR).

Os hidrocarbonetos alifáticos ocorrem naturalmente na água do mar em concentrações que variam entre <1 e 10 µg/L, em função da significativa produção biogênica, enquanto que concentrações de n-alcanos de até 16 µg/L são reportadas na literatura como indicativas de uma contribuição antropogênica baixa ou ausente (Petrobras, 2013).

O parâmetro MCNR geralmente considerado 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, 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 (Bouloubassi & Saliot, 1993). Resultados da razão MCNR/HRP superiores a 4 indicam para hidrocarbonetos intemperizado, enquanto que valores inferiores a 4 são indicativos de uma introdução recente de óleo (Readman et al., 2002). Conforme apresentado na **Tabela 7**, não foi obtida concentração quantificável de HRP (Lq=100 µg/L), no entanto é possível identificar que a totalidade de hidrocarbonetos de petróleo da amostra (HTP) é composta por MCNR, o que indica para resíduos degradados que não sugerem um aporte recente.



Tabela 7: Concentrações quantificáveis de hidrocarbonetos alifáticos (µg/L) nas estações no entorno do FPSO Fluminense durante a 16ª campanha de Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos.

Amostra	Estação 7 (500 m)
	TC
n-heptadecano (C17)	2,3
n-octadecano (C18)	2,6
n-Nonadecano (C19)	3,1
pristano	2,1
fitano	<2
Σn-alcanos	8,00
HTP	175
HRP	<100
MCNR	175
MCNR/HRP	-

O projeto de Caracterização Regional da Bacia de Campos (PCR-BC), realizado por Petrobras (2013), indicou na Bacia de Campos a presença de série homóloga de n-alcanos e de MCNR, sugestiva de contaminação por óleo, em mais de 80% das amostras do período seco, com concentrações de até 464,8 µg/L na isóbata de 1.000 m, embora poucas no período chuvoso também tenham apresentado esta feição.

Tendo em vista a ampla dimensão da malha amostral utilizada durante o PCR-BC, os resultados obtidos indicam para origens difusas da contaminação por óleo na Bacia de Campos. Desta forma, os resultados indicativos de contribuição petrogênica identificados na estação 7 (raio de 500 m) podem não estar relacionados diretamente com a atividade de produção do FPSO Fluminense, uma vez que amostras mais próximas desta unidade (raio de 200 m), mais expostas à pluma de água produzida, não apresentaram resultados quantificáveis.

A possibilidade de uma origem diversa do FPSO Fluminense é reforçada pela ausência de resultados similares em campanhas anteriores, realizadas entre 2011 e 2018. Ressalta-se que uma exceção ocorreu na campanha de 2014, onde foram observadas concentrações de HTP em três estações (8, 9 e 11), com valores de concentração para C12 e C13 (que somados corresponderam aos n-alcanos totais), além de outros picos não identificados de compostos resolvidos e não resolvidos (HRP e MCNR, respectivamente). A hipótese de contaminação direta da água do mar por hidrocarbonetos oriundos do descarte da água produzida na campanha de 2014 foi inferida como pouco provável, devido à localização das estações com concentrações quantificadas e aos resultados dos demais parâmetros do monitoramento, como por exemplo, os valores basais de COT e a ausência de HPAs, fenóis e óleos e graxas. Desta forma, mostra-se necessária a continuidade do monitoramento dos hidrocarbonetos no entorno do FPSO Fluminense.



Para a presente campanha foram também analisados os compostos BTEX (benzeno, tolueno, etilbenzeno e xilenos) e fenóis, não sendo verificados valores quantificáveis para estes parâmetros (LQ = 0,001 mg/L para benzeno, tolueno, etilbenzeno e LQ = 0,002 mg/L para xilenos e fenol). Para fins de comparação, a Resolução CONAMA 357 estabelece para os compostos benzeno, tolueno e etilbenzeno os limites de até 700, 215 e 25 µg/L, respectivamente, enquanto que para os fenóis totais o limite superior estabelecido por esta legislação é de 60 µg/L.

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 mg/L, com máximo diário de 42,0 mg/L. No presente estudo (LQ = 3 mg/L), assim como nas campanhas anteriores (LQ = 10 mg/L), não foram verificados óleos e graxas em nenhuma estação, mesmo nas localizadas a 200 m da FPSO Fluminense, 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 Fluminense, por um período de 96 horas em um sistema estático com efeitos sobre a sobrevivência e observada a cada 24 horas. A maior mortalidade foi verificada na estação 1 – TC (raio de 200 m), onde 17,5% dos organismos morreram após a exposição a esta amostra ambiental (**Erro! Fonte de referência não encontrada.**). Cabe ressaltar que nenhuma amostra apresentou resultado com indicativo de toxicidade, pois não apresentaram diferenças significativas (teste de “Steel many-one Rank”) em relação ao resultado dos dois controles empregados, onde a sobrevivência foi de 100% e de 90%.



Tabela 8: Resultados do teste de ecotoxicidade aguda nas estações no entorno do FPSO Fluminense durante a 16ª campanha de Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos.

<i>Mysidopsis juniae</i> - Mortalidade (%)				
Raio / Estação		Sup	ACTC	TC
200 m	1	15	15	17,5
	2	0	5	7,5
	3	0	0	0
	4	12,5	0	0
500 m	5	0	6,7	10
	6	0	0	10
	7	0	0	0
	8	7,5	0	5
	9	0	0	10
1.000 m	10	0	0	0
	11	12,5	10	0

Os testes de toxicidade crônica corroboraram a ausência de toxicidade sobre a biota, como pode ser observado na Erro! Fonte de referência não encontrada.. 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 11 – SUP (93,5%). Ressalta se, no entanto 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 pelos dois controles empregados, quando o percentual de *pluteus* normais foi de 92,8 e de 92,5%. Assim o resultado está em acordo com o preconizado pela Resolução CONAMA 357/05.

Tabela 9: Resultados do teste de ecotoxicidade crônica no entorno do FPSO Fluminense durante a 16ª campanha de Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos.

<i>Echinometra lucunter</i> - Pluteus normais (%)				
Raio / Estação		Sup	ACTC	TC
200 m	1	98,2	98,2	97,8
	2	98,8	98,8	99,8
	3	99,5	98,8	98,2
	4	98,8	98	98
500 m	5	98,2	98	98,5
	6	98,5	99,8	97,2
	7	98,6	94	98,8
	8	98,2	99	98,2
	9	96,5	99,2	98



Tabela 9: Resultados do teste de ecotoxicidade crônica no entorno do FPSO Fluminense durante a 16ª campanha de Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos.

<i>Echinometra lucunter</i> - Pluteus normais (%)				
Raio / Estação		Sup	ACTC	TC
1.000 m	10	97,8	97,5	95,2
1.000 m	11	93,5	94,5	95

5.5. BIOTA

5.5.1. Fitoplâncton

As amostras de fitoplâncton foram coletadas juntamente com as amostras para análises químicas nas mesmas profundidades, porém em cinco estações (estações 1, 3, 5, 7 e 10), distribuídas na malha amostral da 16ª campanha realizada no entorno do FPSO Fluminense. Destaca-se que o inventário florístico com o enquadramento taxonômico e densidade celular de cada organismo é apresentado em anexo.

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. Na atual campanha não foi possível identificar a níveis taxonômicos específicos a fração nanoplânctônica. 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), cianofíceas (Cyanophyta), euglenofíceas (Chlorophyta) e cocolitoforídeos (Chromophyta - Classe Prymnesiophyceae), 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 Fluminense, o microfitoplâncton foi composto por 92 táxons distintos, pertencentes a diferentes grupos do fitoplâncton, sendo a maioria dinoflagelados (44 táxons), seguido pelas diatomáceas (34 táxons), cocolitoforídeos (9 táxons) e cianofíceas (4 táxons), conforme a **Figura 33**. A predominância de diatomáceas e de dinoflagelados na comunidade microfitoplanctônica, totalizando 81% 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 a sua grande participação na produção primária marinha e sua biodiversidade. Já os dinoflagelados formam parte da alimentação de vários organismos planctônicos e consequentemente, 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 sob os demais grupos, seguidos de cocolitoforídeos (contribuição sempre superior a 14%). As cianofíceas contribuíram, em geral, com menos de 7%, assim como nas campanhas pretéritas.

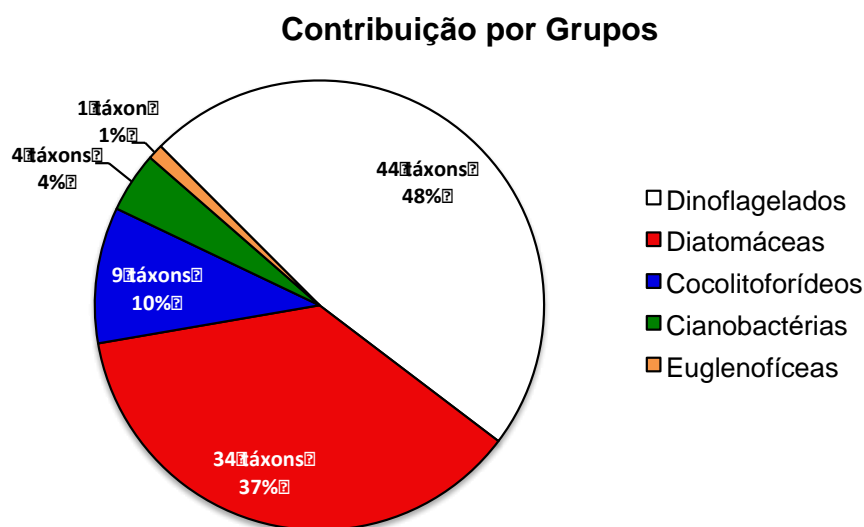


Figura 33: Contribuição percentual das classes taxonômicas do microfitoplâncton identificadas nas estações de amostragem no entorno do FPSO Fluminense durante a 16ª campanha de Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos.

A comunidade microfitoplanctônica 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*; os cocolitoforídeos *Discosphaera tubifer*, *Calciosolenia murrayi* e *Ophiaster hydroideus*; e a cianofícea *Trichodesmium thiebautii* (Wood, 1968; Chrétiennot-Dinet, 1990; Hasle & Syverstsen, 1997; Steidinger & Tangen, 1997; Heimdal, 1997; Capone *et al.*, 1997; Lundgren *et al.*, 2001, Tenenbaum *et al.*, 2006).

5.5.1.2. Riqueza

A **Figura 34** mostra o número de táxons do microfitoplâncton ao longo das estações e profundidades, variando entre 23 táxons na estação 3 - ACTC e 34 táxons na estação 10 – SUP. Os valores de riqueza taxonômica obtidos nas três raio de amostragem (200, 500 e 1.000 m) não apresentaram diferenças significativas (Kruskal-Wallis, $p < 0,05$), com $p = 0,2236$, não sendo, portanto, identificada uma relação entre o número de táxons e a proximidade do FPSO. Na **Tabela 10** 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.

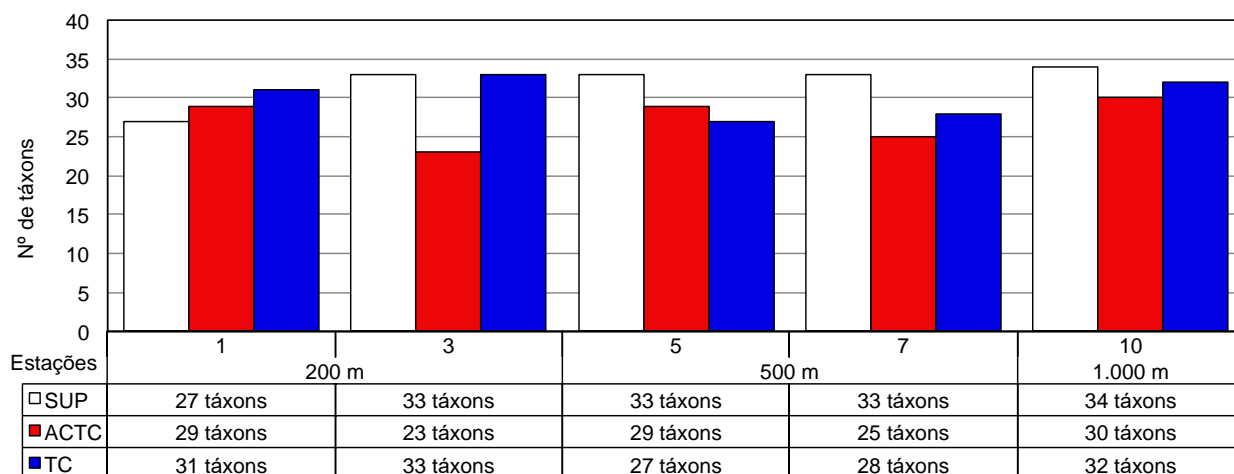


Figura 34: Número de táxons do microfitoplâncton em cada profundidade nas cinco estações monitoradas durante a 16ª campanha de Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos.

Tabela 10: Número de táxons do microfitoplâncton e estatística descritiva das cinco estações monitoradas durante a 16ª campanha de Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos.

Distância	Estação	Código	Diatomáceas	Dinoflagelados	Cianobactérias	Silicoflagelados	Cocolitoforídeo s	Nº de táxons
200 m	1	SUP	14	7	3	2	1	27
		ACTC	16	8	2	3	0	29
		TC	16	11	1	3	0	31
	3	SUP	14	12	4	3	0	33
		ACTC	9	7	4	3	0	23
		TC	16	9	6	2	0	33
500 m	5	SUP	15	11	3	3	1	33
		ACTC	11	11	3	4	0	29
		TC	14	7	2	4	0	27
	7	SUP	16	11	1	4	1	33
		ACTC	11	9	2	2	1	25
		TC	17	5	3	3	0	28
1.000 m	10	SUP	16	10	4	4	0	34
		ACTC	15	9	2	4	0	30
		TC	15	11	2	4	0	32
TOTAL			44	34	9	4	1	92
Mínimo			9	5	1	2	0	23
Máximo			17	12	6	4	1	34
Média			14,33	9,20	2,80	3,20	0,27	29,80
Desvio Padrão			2,29	2,04	1,32	0,77	0,46	3,32
CV%			16%	22%	47%	24%	172%	11%

A Figura 35 mostra a distribuição por grupos ao longo das estações. Percebe-se que as maiores contribuições de dinoflagelados e de diatomáceas ao longo de todas as estações/profundidades, com menor contribuição



de cocolitoforídeos e cianofíceas. A estação 5 (ACTC) apresentou uma participação equivalente de dinoflagelados e de diatomáceas, no entanto nas demais amostras os dinoflagelados foram predominantes, representando mais de 50% dos táxons nas amostras das estações 1 – SUP, 3 – ACTC, 7 e 10 – SUP e ACTC.

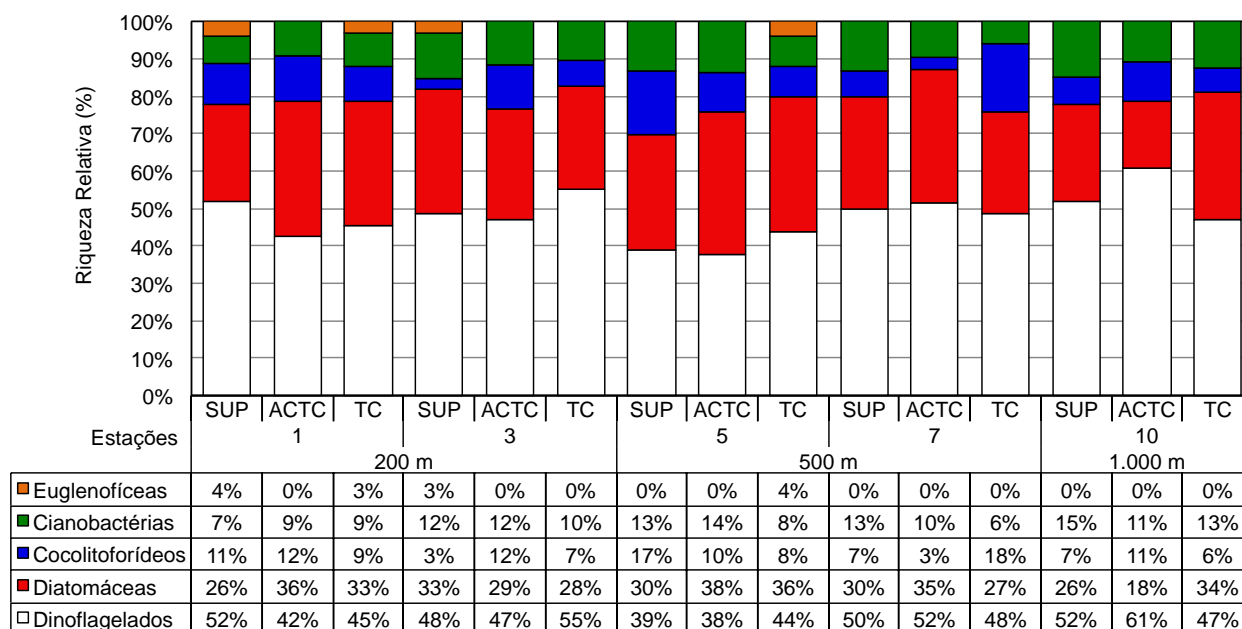


Figura 35: Contribuição percentual da riqueza de táxons por categoria taxonômica nas cinco estações e em cada profundidade monitorada durante a 16ª campanha de Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos.

Dentre os 92 táxons observados na campanha atual, a maioria (61 táxons, 66,3% do total) ocorreu em no máximo 5 amostras, indicando uma frequência de ocorrência esporádica ou pouco frequente. Do total, 29 táxons (31,5% do total) foram exclusivos em apenas uma amostra, distribuídos em diferentes grupos, a saber: as diatomáceas *Skeletonema costatum*, *Cerataulina pelágica*, *Corethron pennatum*, *Dactyliosolen fragilissimus*, *Guinardia delicatula*, *Guinardia striata*, *Rhizosolenia spp.*, *Chaetoceros affinis*, *Leptocylindrus minimus*, *Thalassionemataceae A e B*, Complexo *Tropidoneis* e *Nitzschia spp.*; os dinoflagelados *Gymnodiniales 4B*, *Tripes macroceros*, *Tripes muelleri Bory*, *Protoperidinium cf. Steinii*, *Oxytoxum constrictum*, *Oxytoxum curvatum*, *Oxytoxum cf. Longiceps*, *Oxytoxum cf. Mitra*, *Oxytoxum parvum*, *Oxytoxum scolopax*, *Oxytoxum sphaeroideum*, *Prorocentrum rostratum*, *Goniodoma spp.*, *Pronoctiluca pelágica* e Dinoflagelado tecido NI 3A; além do cocolitoforídeo *Michaelsarsia elegans*.

Um total de 15 táxons (16,3% 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 Erro! Fonte de referência não encontrada. lista estes táxons, onde se verifica que uma parcela importante é identificada pelo morfotipo, caso de dinoflagelados e de diatomáceas. Destacam-se os morfotipos de dinoflagelados *Gymnodiniales 1A* a



4A (dimensão 20 a 50 µm e forma ovóide) e *Heterocapsa* spp. e também as cianofíceas da ordem Nostocales, presentes em 100% das amostras coletadas.

Dentre as diatomáceas mais frequentes, observa-se a espécie *Ceratoneis closterium* que representa um sinônimo taxonômico da espécie *Cylindrotheca closterium*, nomenclatura citada nas campanhas anteriores. Estudos como de Jahn & Kusber (2005) demonstraram que a espécie *Ceratoneis closterium*, identificado em 1839, correspondia a *Cylindrotheca closterium*, identificada em 1964. Por sua vez, Li *et al.* (2007 apud Merino-Virgilio *et al.*, 2014) sugeriu que trata-se de um complexo de espécies crípticas¹. Autores ainda discutem se trata ou não da mesma espécie, sendo que no presente documento é adotada a recomendação mais recente, de utilizar o nome *Ceratoneis*, destacando que representa a mesma espécie citada nas campanhas anteriores. A *C. closterium* é uma espécie de águas neríticas, com hábitos ticopelágicos e meroplânctônicos (Round, 1981 apud Kingston, 2009).

Tabela 11: Táxons do fitoplâncton muito frequentes durante a 16ª campanha de Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos.

Grupo	Táxons mais frequentes (>70%)	Frequência
Diatomáceas	<i>Cylindrotheca closterium</i>	93,3%
	Diatomácea penata 1A	93,3%
	<i>Proboscia alata</i>	86,7%
	Naviculaceae 1A	80,0%
	<i>Pseudo-nitzschia</i> complexo " <i>delicatissima</i> "	73,3%
Dinoflagelados	Gymnodiniales 1A	100,0%
	Gymnodiniales 3A	100,0%
	Gymnodiniales 4A	100,0%
	<i>Heterocapsa</i> spp.	100,0%
	Gymnodiniales 2A	93,3%
	<i>Oxytoxum turbo</i>	80,0%
	Dinoflagelado tecado NI 1A	80,0%
Cianofíceas	Ordem Nostocales	100,0%
	<i>Trichodesmium thiebautii</i>	86,7%
Cocolitoforídeos	Cocolitoforídeo NI	80,0%

A **Tabela 12** sintetiza os resultados obtidos em números de táxons identificados ao longo das nove campanhas de monitoramento. A média da campanha variou bastante, de 21 (2015) a 36 (2012), com os resultados obtidos na presente campanha (média de 30 táxons) similares aos observados em 2016 e 2017

¹ Espécies crípticas - são espécies que, apesar de serem morfologicamente idênticas ou muito parecidas, constituem unidades evolutivas independentes, com isolamento reprodutivo total ou parcial (GALETTI *et al.*, 2008). A distinção dessas espécies necessita de análises mais complexas, como análises genéticas.



(média de 29 táxons, nas duas campanhas). O padrão de predominância do número de táxons de dinoflagelados sob as diatomáceas foi observado ao longo de todas as campanhas de monitoramento.

Tabela 12: Estatística descritiva do número de táxons das estações monitoradas durante as campanhas de Monitoramento Ambiental do entorno do FPSO Fluminense durante os anos de 2011 a 2019.

NÚMERO DE TÁXONS								
Campanhas	Dado	Total	Diat	Dino	Ciano	Cocol	Silico	Eugl
2010	Mínimo	21	7	2	1	1	1	1
	Máximo	33	18	18	3	5	1	1
	Média	26	10	12	2	2	0,1	-
	Desvio-padrão	4	3	4	1	1	0,4	-
2011	Mínimo	23	11	7	1	2	1	1
	Máximo	44	23	14	3	9	2	1
	Média	34	15	10	2	5	1	-
	Desvio-padrão	6	4	2	1	2	1	-
2012	Mínimo	21	11	6	1	2	1	1
	Máximo	56	30	16	4	8	1	1
	Média	36	18	10	2	5	0,6	0,2
	Desvio-padrão	10	5	4	1	2	0,5	0,4
2013	Mínimo	18	9	7	1	1	-	-
	Máximo	51	24	23	3	7	1	1
	Média	35	15	14	2	3	-	-
	Desvio-padrão	9	4	4	0,7	2	-	-
2014	Mínimo	17	7	5	0	1	-	-
	Máximo	25	15	8	3	6	-	-
	Média	22	10,2	6,7	2,1	3	-	-
	Desvio-padrão	2	2	1	1	1	-	-
2015	Mínimo	17	4	5	1	2	-	-
	Máximo	26	11	11	2	7	-	-
	Média		8	8	1	4	-	-
	Desvio-padrão	3	2	2	0,5	1	-	-
2016	Mínimo	20	10	6	1	-	-	-
	Máximo	37	22	16	2	1	5	1
	Média	28,9	15,0	9,0	1,0	0,1	2,8	0,4
	Desvio-padrão	4,30	3,56	2,92	0,41	0,26	1,37	0,51
2017	Mínimo	20	10	6	1	-	-	-
	Máximo	37	22	16	2	1	5	1
	Média	28,9	15,0	9,0	1,0	0,1	208,0	0,4
	Desvio-padrão	4,30	3,56	2,92	0,41	0,26	1,37	0,51
2018	Mínimo	15	2	9	1	1	-	-
	Máximo	26	10	16	2	5	1	-
	Média	22,0	6,0	12,0	1,0	3,0	-	-
	Desvio-padrão	3,00	2,00	2,00	-	1,00	-	-
2019	Mínimo	23	5	9	2	1		0
	Máximo	34	12	17	4	6		1
	Média	29,8	9,2	14,3	3,2	2,8		0,3
	Desvio-padrão	3,32	2,04	2,29	0,77	1,32		0,46



5.5.1.3. Análise Quantitativa

A densidade celular do fitoplâncton total, nanoplâncton e microfitoplâncton por profundidade de cada estação é apresentada na Tabela 13. 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 $3,6 \cdot 10^6$ (estação 10 - TC) a $5,7 \cdot 10^6$ cel/L (estação 3 - TC), com média de $4,6 \cdot 10^6$ cel/L (DP – $0,8 \cdot 10^6$ cel/L). Não foi observada diferença significativa (Kruskal-Wallis, $p < 0,01$) entre a densidade das estações nos raios de 200, 500 e 1.000 m do FPSO ($p = 0,1136$). 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 13: Densidade celular (cel/L) total, do microfitoplâncton e do nanofitoplâncton das cinco estações monitoradas durante a 16ª campanha de Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos.

Distância	Amostra	Camada	DENSIDADE		
			Total	Nanoplâncton	Microfitoplâncton
200 m	1	SUP	5.167.000	5.140.615	26.386
		ACTC	4.775.584	4.745.183	30.401
		TC	3.934.480	3.915.551	18.929
	3	SUP	5.584.961	5.547.677	37.284
		ACTC	5.323.229	5.303.440	19.789
		TC	5.707.446	5.675.611	31.835
500	5	SUP	5.483.697	5.454.634	29.062
		ACTC	4.214.086	4.194.680	19.407
		TC	3.859.982	3.845.769	14.213
	7	SUP	3.822.469	3.791.494	30.974
		ACTC	5.493.065	5.454.634	38.431
		TC	3.958.219	3.938.812	19.407
1.000 m	10	SUP	5.051.238	5.035.942	15.296
		ACTC	3.660.811	3.644.176	16.634
		TC	3.590.200	3.574.394	15.806
Mínimo			3.590.200	3.574.394	9.755
Máximo			5.707.446	5.675.611	30.954
Média			4.641.764	4.617.507	18.840
Desvio Padrão			796.671	791.354	6.603



As densidades do fitoplâncton na atual campanha mantiveram-se dentro dos intervalos observados nas campanhas pretéritas, com predominância de valores na ordem de grandeza 10^6 , sendo identificado nesta campanha o valor mínimo de densidade mais elevado entre as campanhas, ultrapassando inclusive os valores máximos das campanhas de 2010, 2011 e 2012 (Erro! Fonte de referência não encontrada.). 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 14: Densidade do fitoplâncton total (10^6 cel/L) registradas nas Campanhas de Monitoramento Ambiental realizadas no entorno do FPSO Fluminense.

Campanhas	Mínimo	Máximo
2010	0,20	1,40
2011	0,19	1,60
2012	1,20	2,80
2013	1,10	8,40
2014	1,00	4,50
2015	1,50	4,90
2016	1,50	10,40
2017	2,00	4,00
2018	2,00	3,68
2019	3,59	5,71

Os valores de densidade do nanofitoplâncton variaram entre $3,57.10^6$ (estação 10 – TC) e $5,67.10^6$ cel/L (estação 3 – TC), conforme a **Figura 36**. 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 ($p = 0,1136$).

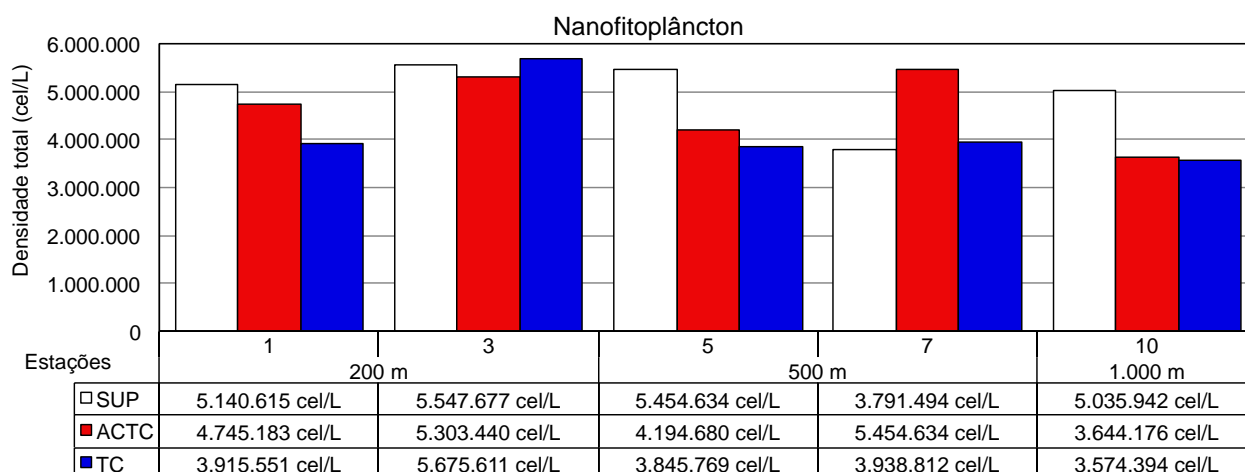


Figura 36: Densidade celular (cel/L) do nanofitoplâncton no entorno do FPSO Fluminense durante a 16ª campanha de Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos.

A distribuição da densidade total do microfitoplâncton ($> 20 \mu\text{m}$) variou de $14,2 \cdot 10^3$ (estação 5 - TC) a $38,4 \cdot 10^3$ cel/L (estação 7 - ACTC), conforme a **Figura 37**. Não foram observadas diferenças significativas (Kruskal-Wallis, $p < 0,01$) entre as amostras localizadas a 200, 500 e 1.000 m do ponto de descarte do FPSO para o microfitoplâncton ($p = 0,0807$). De modo geral, os resultados foram similares ao observado em regiões oceânicas, com variações na ordem de 10^2 a 10^4 cel/L já registradas em regiões oceânicas do Atlântico Sul (Brandini *et al.*, 1997; Eynaud *et al.*, 1999; Cupelo, 2000).

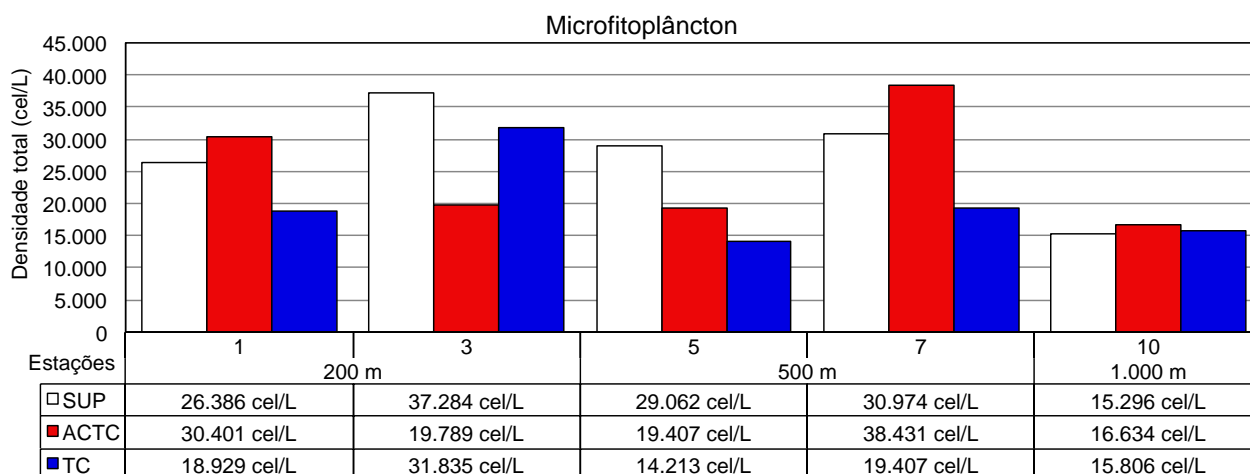


Figura 37: Densidade celular do microfitoplâncton (cel/L) nas cinco estações monitoradas durante a 16ª campanha de Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos.

No que diz respeito à densidade celular, as diatomáceas foram o grupo que apresentou as maiores contribuições para a densidade total (média de 9.564 cel/L) seguidos dos dinoflagelados (média de 7.788 cel/L), e das algas cianofíceas (média de 6.106 cel/L) e dos cocolitoforídeos (média de 737 cel/L), com as euglenofíceas, presentes em apenas quatro amostras, apresentando uma média de 62 cel/L (Erro! Fonte de referência não encontrada.). Apesar da ordem de contribuição apresentada pela média, é possível verificar



uma considerável variação entre as amostras, com o predomínio de dinoflagelados nas amostras da estação 1 – SUP e TC, estação 3 – SUP e estação 10 – SUP e ACTC, além do predomínio de cianofíceas nas amostras da estação 1 – ACTC e das estações 5 e 7 - SUP (**Figura 38: Contribuição percentual das categorias taxonômicas na densidade do microfitoplâncton no entorno da FPSO Fluminense durante a 16ª campanha de Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos.**).

Tabela 15: Densidade celular (cel/L) do microfitoplâncton total e das categorias taxonômicas identificadas nas cinco estações monitoradas durante 16ª campanha de Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos.

Distância	Amostra	Camada	MICROFITOPLÂNTON					
			Diatomáceas	Dinoflagelados	Cianobactérias	Cocolitoforídeos	Euglenofíceas	TOTAL
200 m	1	SUP	6.118	12.046	6.501	1.147	574	26.386
		ACTC	6.883	9.751	12.810	956		30.401
		TC	5.449	6.788	6.023	574	96	18.929
	3	SUP	13.766	15.678	7.074	574	191	37.284
		ACTC	8.030	7.839	3.250	669		19.789
		TC	20.363	5.927	5.162	382		31.835
500	5	SUP	9.178	8.604	9.560	1.721		29.062
		ACTC	7.648	5.162	6.023	574		19.407
		TC	6.756	3.697	3.442	255	64	14.213
	7	SUP	9.751	9.751	10.516	956		30.974
		ACTC	23.804	5.832	8.508	287		38.431
		TC	7.552	6.310	4.398	1.147		19.407
1.000 m	10	SUP	5.067	7.839	1.625	765		15.296
1.000 m	10	ACTC	6.788	7.074	1.912	860		16.634
		TC	6.310	4.525	4.780	191		15.806
Mínimo			5.067	3.697	1.625	191	64	14.213
Máximo			23.804	15.678	12.810	1.721	574	38.431
Média			9.564	7.788	6.106	737	62	24.257
Desvio Padrão			5.540	3.094	3.181	411	152	8.214

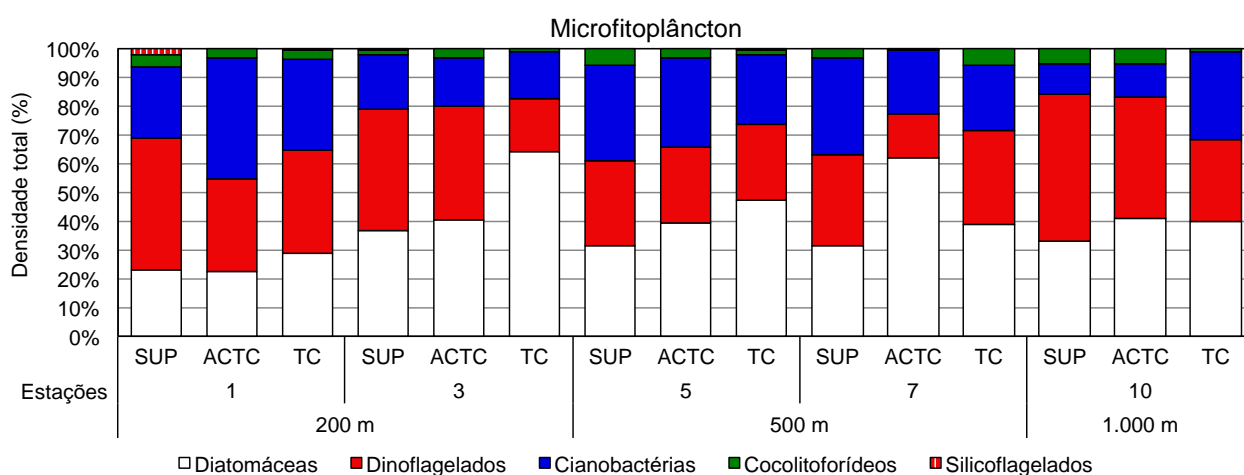


Figura 38: Contribuição percentual das categorias taxonômicas na densidade do microfitoplâncton no entorno da FPSO Fluminense durante a 16ª campanha de Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos.



A Erro! Fonte de referência não encontrada. lista os dez táxons mais abundantes encontrados na atual campanha por grandes grupos. Destaca-se que estes táxons também apresentaram elevada densidade nas campanhas pretéritas. Em termos de táxons de elevada densidade, os organismos da ordem Nostocales foram os mais representativos no grupo das cianofíceas e de maneira geral na atual 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).

Os dinoflagelados que mais se destacaram foram os morfotipos Gymnodiniales, com dimensões entre 20 a 50 μm , individualizados sob as formas: “arredondada” (1A), “bicônica” (2A), “ovoide” (3A) e “oblonga” (4A). Destaca-se que a identificação em nível específico destes morfotipos não é possível em análise de rotina, devido ao pequeno porte ($< 50 \mu\text{m}$) e à deformação das tecas após o uso do fixador. 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 de assimilar 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).

No caso das diatomáceas, os táxons que mais se destacaram foram *Proboscia alata*, *Cylindrotheca closterium* e a Diatomácea penata 1A (dimensões entre 20 a 50 μm e forma lanceolada), conforme a **Tabela 16**. A diatomácea *C. closterium* habita águas neríticas e possui hábitos ticopelágicos e meroplancônicos (Round, 1981 apud Kingston, 2009).

Tabela 16: Dez táxons de maior densidade celular (cel/L) dentre o microfitoplâncton identificado nas cinco estações monitoradas durante a 16ª campanha de Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos. Os valores de densidade apresentados referem-se à soma dos resultados das amostras (estações/profundidades).



Grupo	Táxon	Densidade (cel/L)	Contribuição
Cianofíceas	Ordem Nostocales	125.778	34,6%
	<i>Trichodesmium thiebauti</i>	8.094	2,2%
	<i>Trichodesmium erythraeum</i>	5.035	1,4%
	Ordem Oscillatoriales	4.557	1,3%
Diatomáceas	<i>Proboscia alata</i>	35.818	9,8%
	Diatomácea penata 1A	14.467	4,0%
	<i>Cylindrotheca closterium</i>	8.731	2,4%
	<i>Pseudo-nitzschia</i> complexo "delicatissima"	4.684	1,3%
	<i>Leptocylindrus mediterraneus</i>	4.589	1,3%
	<i>Leptocylindrus danicus</i>	3.920	1,1%
Dinoflagelados	Gymnodiniales 1A	28.425	7,8%
	Gymnodiniales 4A	24.824	6,8%
	Heterocapsa spp.	13.671	3,8%
	Gymnodiniales 3A	11.727	3,2%
	Gymnodiniales 2A	5.609	1,5%
	Dinoflagelado tecado NI 1A	4.589	1,3%
	<i>Amphidinium</i> spp.	4.143	1,1%
	<i>Oxytoxum turbo</i>	3.665	1,0%

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 próxima de 1, maior a homogeneidade / uniformidade da comunidade, com isso mais resistente a distúrbios ambientais. O índice de diversidade de Shannon (H') já considera também a abundância relativa de cada táxon dentro da comunidade fitoplanctônica, expressando riqueza (n° de táxons) e uniformidade.

Na **Figura 39** é possível observar que os valores dos índices de equitabilidade e de diversidade variaram pouco ao longo das estações e profundidades e também que a equitabilidade acompanhou 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 2,51 a 4,1 bits/ind (estações 3 – TC e estação 1 – ACTC, respectivamente), com média de 3,61 e desvio-padrão de 0,44 bits/ind. O índice de equitabilidade variou de 0,52 a 0,83 (estações 3 - TC e estação 5 – SUP, respectivamente), com média de 0,74 e desvio-padrão de 0,09 bits/ind.

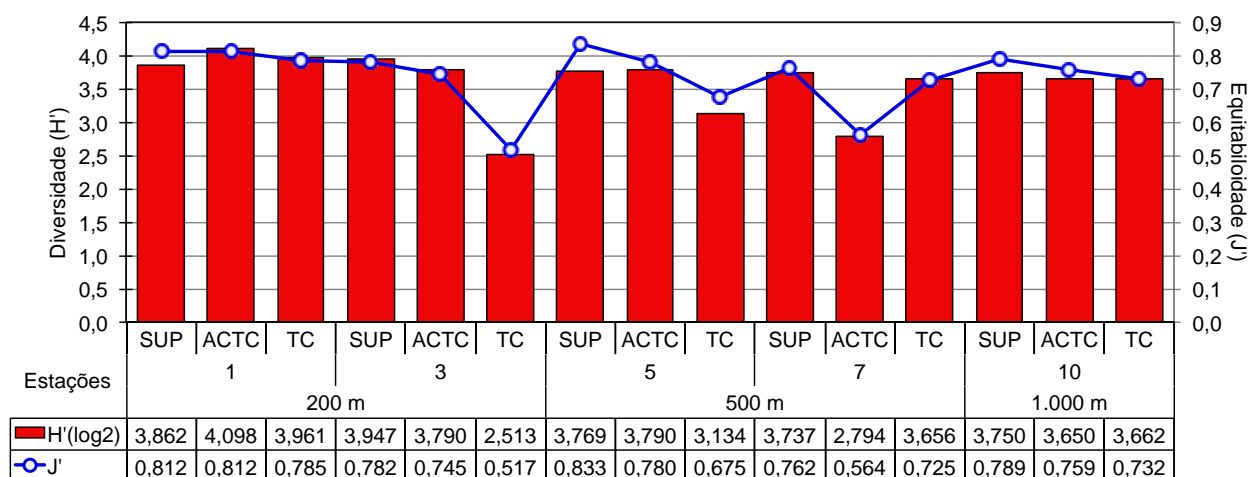


Figura 39: Índice de diversidade (H') e de equitabilidade (J') da comunidade fitoplanctônica das cinco estações monitoradas na 16ª campanha de Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos.

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, com os resultados da presente campanha se apresentando de acordo com a variabilidade observada nas campanhas anteriores (Erro! Fonte de referência não encontrada.).



Tabela 17: Valores de diversidade e equitabilidade da comunidade fitoplanctônica nas últimas Campanhas de Monitoramento Ambientais realizadas no entorno do FPSO Fluminense.

Campanha	Diversidade (bits.ind ⁻¹)		Equitabilidade	
	Mín	Máx	Mín	Máx
2010	2,1	4,1	0,6	0,9
2011	0,4	2,4	0,1	0,5
2012	2,3	3,8	0,5	0,9
2013	0,7	3,6	0,2	0,7
2014	2	2,7	0,6	0,8
2015	2,1	2,7	0,7	0,9
2016	1,79	2,94	0,6	0,9
2017	1,73	2,7	0,56	0,85
2018	1,7	2,52	0,55	0,8
2019	2,51	4,1	0,52	0,83

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 40**. O resultado dessa análise demonstrou homogeneidade na composição do fitoplâncton na área, visto que há uma mistura entre estações localizadas em diferentes distâncias em relação ao FPSO, bem como em diversas profundidades de amostragem, com todas as amostras apresentando similaridade superior a 97%.

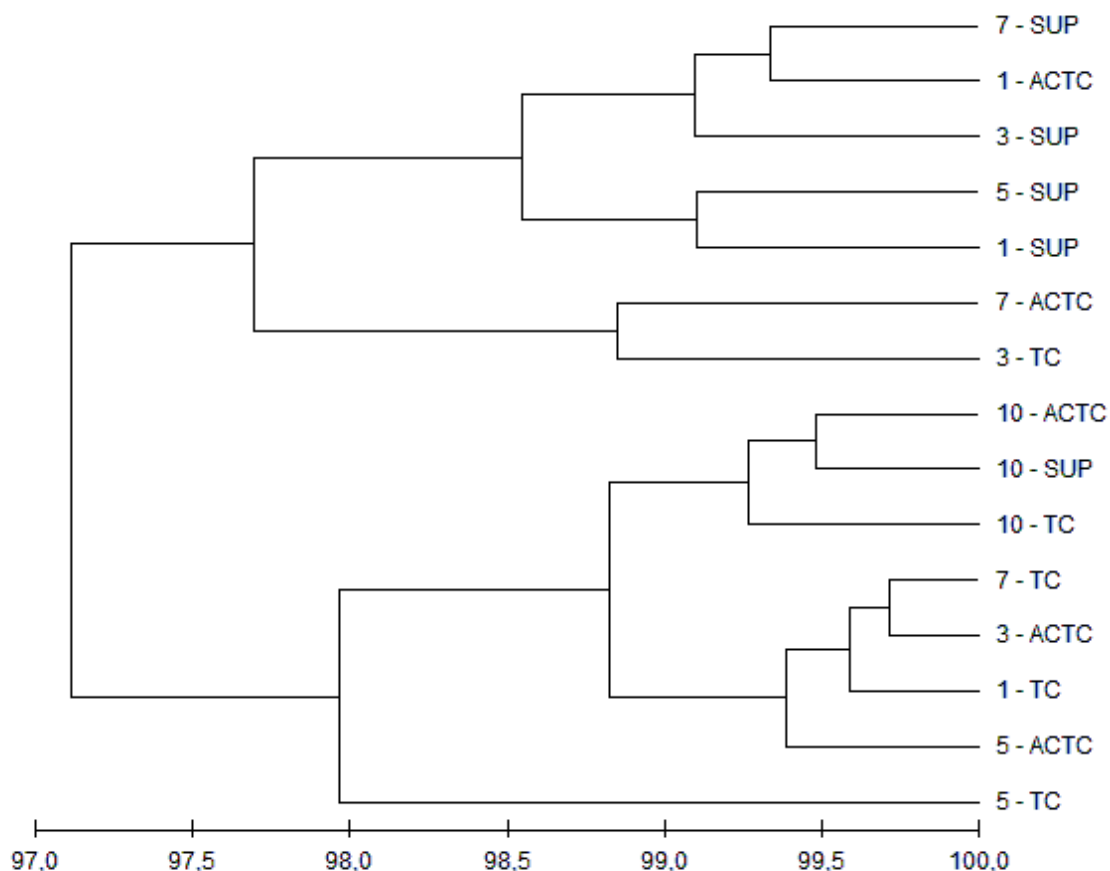


Figura 40: Análise de agrupamento das amostras através do índice de similaridade de Bray–Curtis nas cinco estações monitoradas durante a 16ª campanha de Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos.

5.5.2. Zooplâncton

5.5.2.1. Caracterização da comunidade

Na atual campanha de monitoramento foram identificados 101 táxons distintos do zooplâncton, dos quais 12 atingiram o nível de gênero e 60 o nível de espécie. Os táxons observados se distribuíram em diferentes grupos: do filo Cnidaria – a classe Hydrozoa e a ordem Siphonophorae; do filo Platyhelminthes – a classe Turbellaria; do filo Annelida – a classe Polychaeta; do filo Arthropoda – a classe Ostracoda, a infra-classe Cirripedia, a subclasse Copepoda, as ordens Stomatopoda, Mysida, Amphipoda, Euphausiacea e Decapoda, do filo Chordata – as classes Appendicularia e Thaliacea e os Ovos e Larvas de Peixe, além dos filos Foraminifera, Ctenophora, Mollusca, Chaetognatha, Ctenophorae, Radiozoa e Echinodermata. O número de táxons observado na atual campanha foi similar ao identificado nas campanhas anteriores, que em 2010 registrou 115 táxons, em 2011, 123 táxons, em 2012, 141 táxons, em 2013, 115 táxons, em 2014, 101 táxons,



2015, 94 táxons, em 2016, 107 táxons e em 2017, 99 táxons. Não foram realizados os arrastos de plâncton na campanha de 2018 devido a fortes correntes que impediram a operação.

Os grupos que se destacaram na atual campanha são os grupos Copepoda (46 táxons), Chaetognatha (17 táxons), Appendicularia (11 táxons), Thaliacea (5 táxons), Mollusca (4 táxons), Decapoda (3 táxons) e Branchiopoda (2 táxons), como pode ser visualizado na **Figura 41**, onde os demais grupos foram constituídos por apenas um táxon, sendo agrupados em “Outros”. 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, Chaetognathas, Appendicularia, e Thaliacea, enquanto que os Mollusca e Decapoda representam os organismos do meroplâncton.

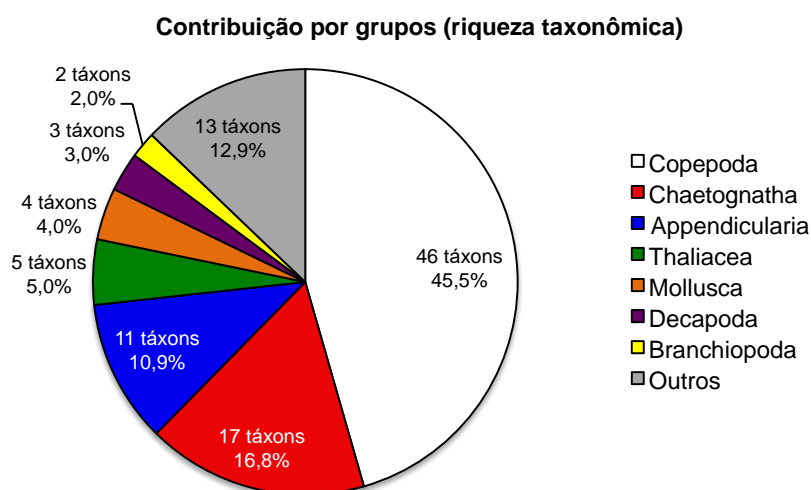


Figura 41: Contribuição média percentual das categorias taxonômicas do zooplâncton identificadas nas cinco estações monitoradas durante a 16ª campanha de Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos.

Quanto à variação espacial do número de táxons identificados, observa-se na **Figura 42** uma pequena variabilidade entre as estações, variando de 59 (estação 7) a 71 táxons distintos (estação 3), sem padrão espacial definido que possa ser relacionado à distância do FPSO.

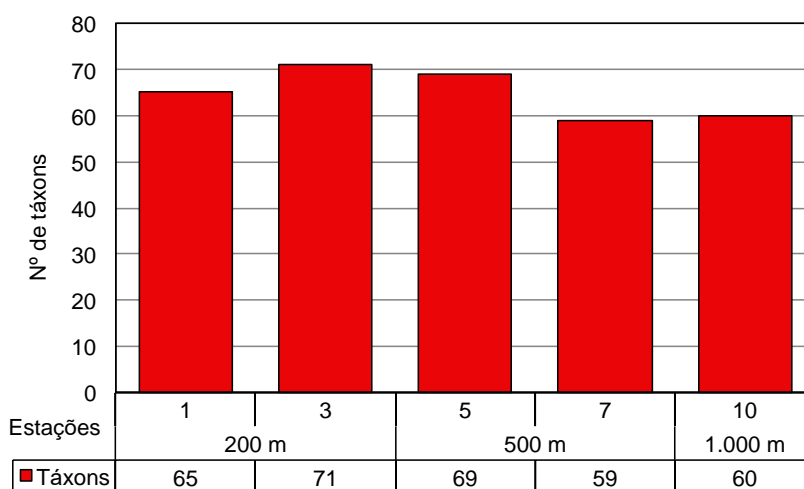


Figura 42: Número de táxon do zooplâncton nas cinco estações monitoradas durante a 16ª campanha de Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos.

Dentre os táxons identificados a maioria foi recorrente, onde 43 foram consideradas muito frequentes, dos quais 3 ocorreram em 4 estações e 39 em todas as estações. Entre os táxons muito frequentes identificados em níveis superiores, cita-se com 100% de FO as classes Foraminifera, Hydrozoa, Gastropoda, Bivalvia, Polychaeta (larvas) e Ostracoda (Decapoda), as ordens Amphipoda, Siphonophorae, Stomatopoda, Calanoida (Copepoda), Brachyura e Euphausiacea (Decapoda), além de larvas de peixes. Salienta-se que os níveis superiores podem englobar vários táxons distintos, o que influi diretamente na frequência.

A Erro! Fonte de referência não encontrada. 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 também nas campanhas passadas deste PMA. Na Erro! Fonte de referência não encontrada. estão listados os táxons com frequência de ocorrência superior a 70% (muito frequentes) nas últimas campanhas e também na atual, sendo verificado na campanha atual a ocorrência de 13 novos táxons classificados como frequentes: o Copepoda *Clausocalanus arcuicornis* e os Chaetognata *Decipisagitta decipiens*, *Decipisagitta sibogae* e *Sagitta helenae*.

Tabela 18: Táxons muito frequentes (FO>70%) dos principais grupos durante a 16ª campanha de Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos (considerados apenas os níveis família, gênero e espécie).

Táxon		FO
Copepoda	<i>Oncaea venusta venella</i>	100%
	<i>Paracalanus</i> spp.	100%
	<i>Triconia</i> cf. <i>conifera</i>	100%
	<i>Clausocalanus arcuicornis</i>	100%



Tabela 18: Táxons muito frequentes (FO>70%) dos principais grupos durante a 16ª campanha de Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos (considerados apenas os níveis família, gênero e espécie).

Táxon	FO
<i>Clausocalanus furcatus</i>	100%
<i>Temora stylifera</i>	100%
<i>Oncaea venusta</i>	100%
<i>Oncaea</i> spp.	100%
<i>Farranulla gracilis</i>	80%
P.-Calanus sp.	80%
Clausocalanidae	80%
<i>Flaccisagitta enflata</i>	100%
<i>Decipisagitta decipiens</i>	100%
<i>Decipisagitta</i> spp.	100%
<i>Serratosagitta serratodentata</i>	100%
<i>Flaccisagitta hexaptera</i>	100%
<i>Parasagitta friderici</i>	100%
<i>Decipisagitta sibogae</i>	100%
<i>Sagitta helenae</i>	100%
<i>Oikopleura longicauda</i>	100%
<i>Oikopleura fusiformis</i>	100%
<i>Oikopleura intermedia</i>	100%
<i>Oikopleura rufescens</i>	100%
<i>Doliolum nationalis</i>	100%
<i>Thalia democratica</i>	100%
<i>Pseudevadne tergestina</i>	100%

Tabela 19: Táxons muito frequentes (FO>70%) nas seis últimas Campanhas de Monitoramento Ambiental realizadas no entorno do FPSO Fluminense (considerados apenas espécies).

Táxon/Campanha	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2019
<i>Clausocalanus furcatus</i>	X	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Doliolum nationalis</i>	X	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Flaccisagitta enflata</i>	X	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Oikopleura fusiformis</i>	X	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Oikopleura longicauda</i>	X	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Parasagitta friderici</i>	X	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Oikopleura rufescens</i>	X	X	X	X	X	X	X		X
<i>Oncaea venusta</i>	X	X	X	X	X		X	X	X
<i>Temora stylifera</i>	X		X	X	X	X	X	X	X
<i>Triconia conifera</i>	X	X	X	X	X	X		X	X
<i>Undinula vulgaris</i>	X	X	X	X	X	X	X	X	
<i>Farranulla gracilis</i>	X	X		X	X			X	X
<i>Flaccisagitta hexaptera</i>	X	X	X				X	X	X
<i>Serratosagitta serratodentata</i>	X			X	X	X	X		X
<i>Dolioletta gegenbauri</i>	X	X	X	X		X			
<i>Fritillaria formica</i>		X	X	X	X	X			
<i>Nannocalanus minor</i>	X		X		X	X	X		



Tabela 19: Táxons muito frequentes (FO>70%) nas seis últimas Campanhas de Monitoramento Ambiental realizadas no entorno do FPSO Fluminense (considerados apenas espécies).

Táxon/Campanha	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2019
<i>Oikopleura cophocerca</i>	X	X	X			X	X		
<i>Oikopleura intermedia</i>				X	X		X	X	X
<i>Pterosagitta draco</i>	X	X	X			X	X		
<i>Acrocalanus longicornis</i>		X	X		X	X			
<i>Krohnitta pacifica</i>		X	X	X	X				
<i>Lucicutia flavicornis</i>	X	X	X			X			
<i>Calanoides carinatus</i>				X			X	X	
<i>Ctenocalanus citer</i>				X			X	X	
<i>Doliolina mülleri</i>	X		X			X			
<i>Ferosagitta hispida</i>	X					X		X	
<i>Lucifer typus</i>		X	X			X			
<i>Macrosetella gracilis</i>		X		X		X			
<i>Triconia conifera</i>		X		X					X
<i>Calocalanus pavoninus</i>		X				X			
<i>Fritillaria pellucida</i>			X	X					
<i>Krohnitta mutabii</i>							X	X	
<i>Krohnitta subtilis</i>	X			X					
<i>Oithona plumifera</i>		X		X					
<i>Oithona similis</i>		X	X						
<i>Parasagitta tenuis</i>							X	X	
<i>Pleuromamma abdominalis</i>		X				X			
<i>Pseudevadne tergestina</i>						X			X
<i>Temora turbinata</i>					X			X	
<i>Fritillaria sargassi</i>								X	
<i>Candacia pachydactyla</i>			X						
<i>Clausocalanus arcuicornis</i>									X
<i>Corycaeus giesbrechti</i>				X					
<i>Corycaeus speciosus</i>			X						
<i>Decipisagitta decipiens</i>									X
<i>Decipisagitta sibogae</i>									X
<i>Decipisagitta spp.</i>									X
<i>Lucifer faxoni</i>					X				
<i>Mecynocera clausi</i>		X							
<i>Mesosagitta minima</i>	X								
<i>Oncaea media</i>	X								
<i>Oncaea spp.</i>									X
<i>Paracalanus aculeatus</i>				X					
<i>Paracalanus spp.</i>									X
<i>Pseudosagitta lyra</i>	X								
<i>Sagitta helenae</i>									X
<i>Salpa fusiformis</i>							X		
<i>Solenocera sp.</i>					X				



5.5.2.2. Análise Quantitativa

A densidade do zooplâncton oscilou entre 236,1 ind/m³ (estação 7) e 821,3 ind/m³ (estação 10), com densidade média e desvio padrão iguais a 602,6 ind/m³ e 257,1 ind/m³, respectivamente. Apesar da maior densidade observada na estação 10 (raio de 1.000 m), níveis similares foram observados nas estações 1 (raio de 200 m) e 5 (raio de 500 m), não indicando para uma variabilidade relacionada com a proximidade da plataforma (**Figura 43**). De maneira geral, o zooplâncton apresentou uma ampla variabilidade na densidade quando comparado às campanhas anteriores, com densidades superiores às alcançadas nas campanhas de 2010, 2011 e 2012 (**Tabela 20**). 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).

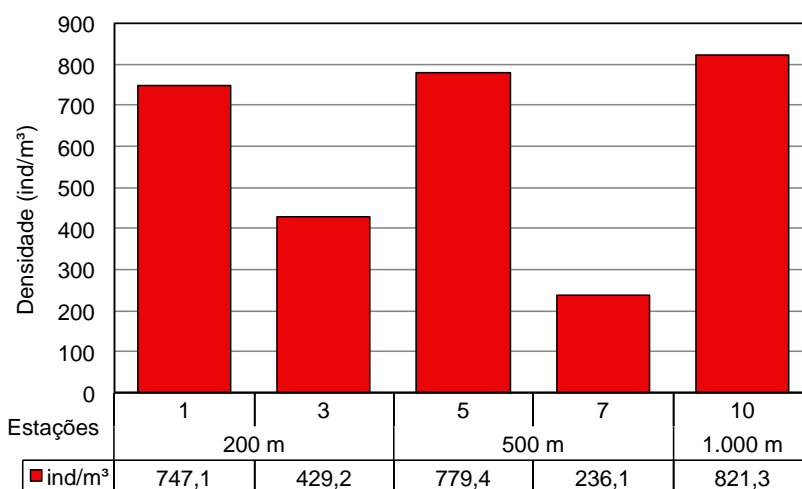


Figura 43: Densidade do zooplâncton nas cinco estações monitoradas durante a 16ª campanha de Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos.

Tabela 20: Densidade zooplanctônica (ind/m³) registradas nas Campanhas de Monitoramento Ambiental realizadas no entorno da plataforma FPSO Fluminense.

Campanha	Densidade (ind/m³)	
	Mín	Máx
2010	210,9	779,8
2011	119,2	400,0
2012	68,0	119,4
2013	245,5	1407,1
2014	251,3	1263,4
2015	534,3	1028,6
2016	256,8	7579,8
2017	675,5	947,8
2019	236,1	821,3



Em relação à distribuição taxonômica, o grupo dos Copepoda foi o mais abundante, contribuindo com 81,4% da abundância observada em toda a campanha. Os outros grupos que contribuíram com mais de 0,5% de toda a campanha foram do maior para o menor, Chaetognatha (0,53%), Appendicularia (2,8%) e Mollusca (13,8%). A distribuição dos táxons apresentou relativa variabilidade entre as estações, com uma densidade composta em mais de 96% de Copepoda e menos de 2% de Mollusca na estação 3 e percentuais de Mollusca superiores a 53% na estação 7 (Erro! Fonte de referência não encontrada.e **Figura 44**).

Tabela 21: Densidade zooplancônica total e por grupos (com participação >1%) (ind/m³) durante a 16ª campanha de Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos.

Distância	Estação	Copepoda	Mollusca	Appendicularia	Chaetognatha	Outros (<0,5%)	Total
200 m	1	644,65	90,82	4,36	1,16	5,62	747,60
	3	413,37	8,43	4,75	0,56	1,89	432,00
500 m	5	621,24	129,75	16,99	2,38	8,64	783,99
	7	45,31	128,69	34,71	8,86	18,09	242,67
1.000 m	10	726,13	58,38	22,46	2,92	10,15	830,05
Mínimo		45,31	8,43	4,36	0,56	1,89	242,67
Máximo		726,13	129,75	34,71	8,86	18,09	830,05
Média		490,14	83,22	16,65	3,18	8,88	607,26
Desvio Padrão		274,10	51,24	12,78	3,31	6,04	257,00

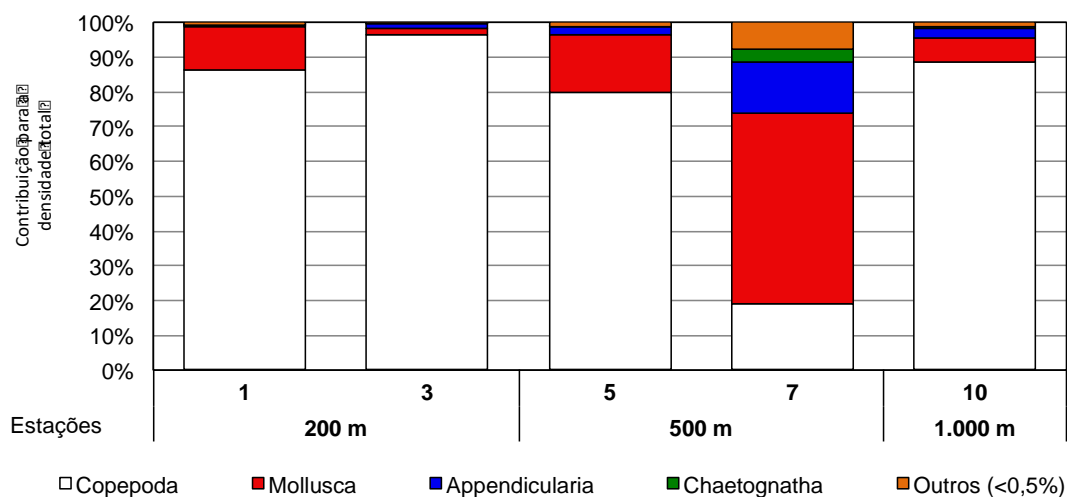


Figura 44: Abundância relativa (%) dos grupos dominantes coletados nas cinco estações monitoradas durante a 16ª campanha de Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos.

Os copépodes identificados na atual campanha estiveram distribuídos em 11 famílias, das quais as mais abundantes foram Clausocalanidae, Oncaeidae, Paracalanidae, Oithonidae, Temoridae, Calanidae e Corycaidae. Ocorreram ainda as famílias Lucicutiidae, Candaciidae, Miraciidae, Metridinidae, Pontellidae, Scolecitrichidae, Eucalanidae e Heterorhabdidae, porém com contribuições inferiores a 3%, de forma que



foram agrupadas como “outros” na **Figura 45**. As espécies com maiores densidades foram *Clausocalanus furcatus*, *Temora stylifera*, *Oncaea venusta*, e *Undinula vulgaris* (**Tabela 22**). 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). Quanto aos grupos meroplantônicos, os moluscos foram os mais abundantes (417,1 ind/m³), sendo representados por larvas de bivalves, gastrópodes, pterópodes e cefalópodes, sem maior detalhamento taxonômico.

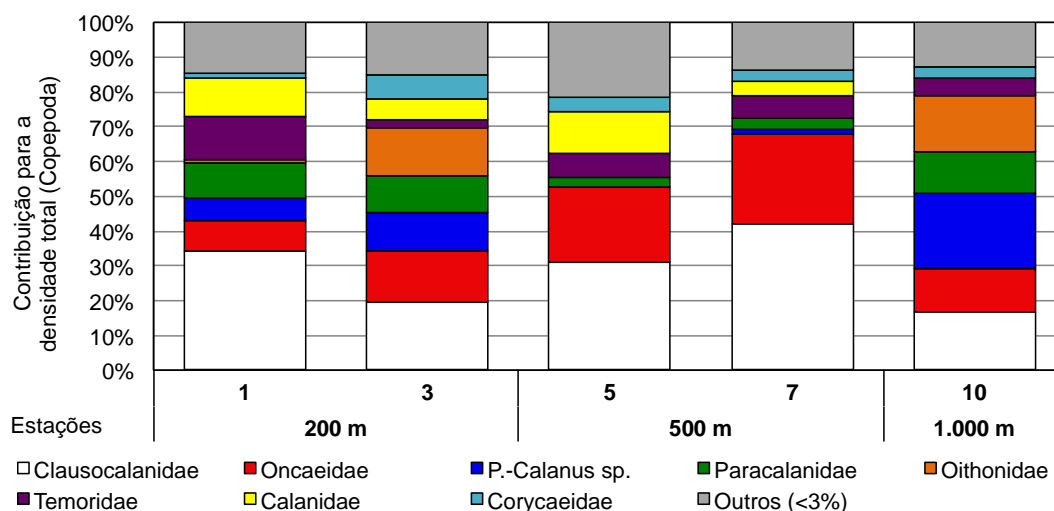


Figura 45: Abundância (%) dos copépodes dominantes coletados nas cinco estações monitoradas durante a 16ª campanha de Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos.

Tabela 22: Táxons de maior densidade na comunidade zooplantônica coletada durante a 16ª campanha de Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos.

Táxon		Densidade (ind/m ³)
Mollusca	Gastropoda	208,58
	Thecosomata (Pterópodes)	207,15
Copepoda	<i>Clausocalanus furcatus</i>	341,26
	P.-Calanus sp.	248,11
	Calanoida	206,34
	Clausocalanidae	199,48
	<i>Temora stylifera</i>	174,31
	<i>Oithona</i> spp.	162,70
	<i>Oncaea venusta</i>	118,77
	<i>Oncaea</i> spp.	93,51

5.5.2.3. Estrutura da Comunidade

Os valores do índice de diversidade nas estações da atual campanha variaram entre 3,54 (estação 7) e 4,53 bits/ind (estação 5), com média de 4,12 bits/ind (DP – 0,39 bits/ind). Os valores de equitabilidade



variaram de 0,61 a 0,75 (também nas estações 7 e 5, respectivamente), com média e desvio-padrão iguais a 0,69 e 0,05, respectivamente (**Figura 46**).

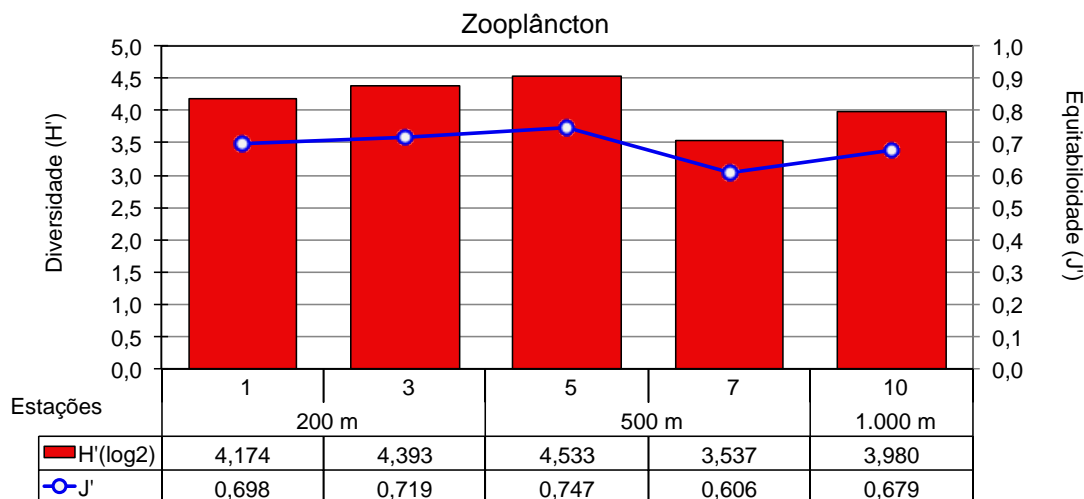


Figura 46: Índice de diversidade e de equitabilidade da comunidade zooplanctônica das cinco estações monitoradas na 16ª campanha de Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos.

Na Erro! Fonte de referência não encontrada. observam-se os valores dos índices referentes à atual e às campanhas pretéritas deste PMA. Os valores de diversidades da atual campanha alcançaram níveis similares aos observados nos anos de 2010 a 2013, enquanto que a equitabilidade apresentou resultados dentro da variabilidade observada nas campanhas anteriores. O menor valor de equitabilidade verificado em 2015 não pode ser considerado baixo, visto que o índice varia de 0 a 1.

Tabela 23: Valores de diversidade e equitabilidade da comunidade zooplanctônica nas seis últimas Campanhas de Monitoramento Ambiental realizadas no entorno do FPSO Fluminense.

Índice / Campanhas	Diversidade (bits/ind)		Equitabilidade	
	Mín	Máx	Mín	Máx
2010	3,75	4	0,73	0,77
2011	4,04	4,72	0,78	0,85
2012	3,78	4,88	0,74	0,86
2013	3,61	4,33	0,75	0,81
2014	2,55	3	0,62	0,69
2015	1,24	2,57	0,29	0,62
2016	1,98	2,71	0,52	0,68
2017	2,93	3,11	0,57	0,72
2019	3,54	4,53	0,61	0,75

A análise de agrupamento mostrou que a estação 7 separou das demais por ter apresentado uma menor diversidade, equitabilidade, densidade e riqueza de espécies, no entanto a similaridade desta estação em relação às demais foi superior a 94%, não indicando desta forma para uma heterogeneidade importante e reflete a ausência de interferência das atividades do FPSO nos resultados (**Figura 47**).

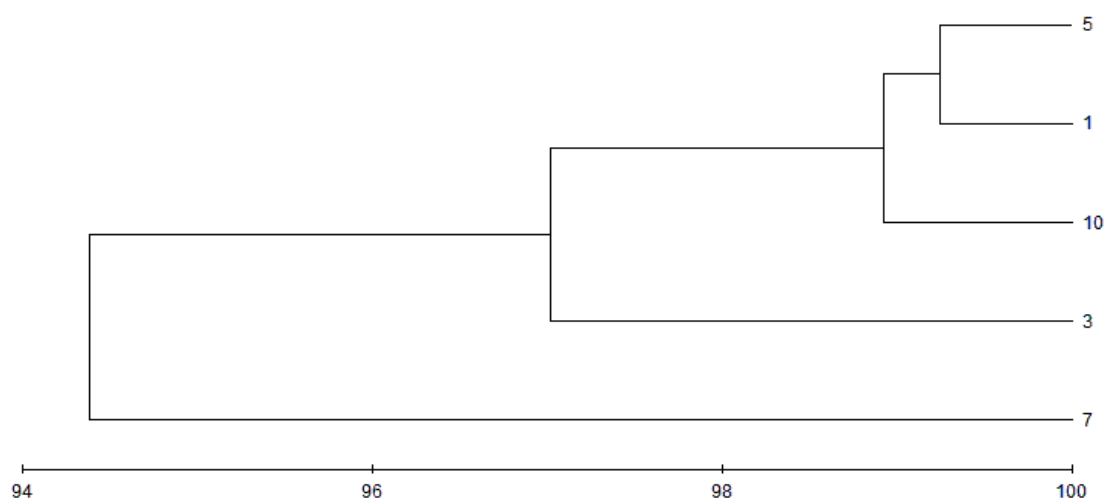


Figura 47: Análise de agrupamento das amostras através do índice de similaridade de Bray–Curtis nas cinco estações monitoradas durante a 16ª campanha de Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos.

5.5.3. Ictioplâncton

5.5.3.1. Caracterização da comunidade

Na atual campanha de monitoramento realizada no campo de Bijupirá e Salema a identificação taxonômica compreendeu 31 famílias, 28 gêneros e 20 espécies de larvas de peixes. As larvas de peixe encontradas se distribuíram em 17 ordens distintas, são elas: Anguilliformes, Clupeiformes, Stomiiformes, Aulopiformes, Myctophiformes, Gadiformes, Holocentriformes, Kurtiformes, Gobiiformes, Blenniiformes, Carangiformes, Pleuronectiformes, Syngnathiformes, Callionymiformes, Scombriformes, Labriformes, Perciformes, Scorpaeniformes, Caproiformes e Tetraodontiformes. Na campanha realizada em 2018 (8ª campanha) não foi realizado o arrasto de ictioplâncton, devido a condições meteoceanográficas adversas. Entre 2010 e 2017 foram observadas, respectivamente 25, 12, 21, 26, 36, 10, 20 e 30 famílias. A diferença observada no número de famílias de larvas de peixes pode estar relacionada a fatores sazonais.

A **Figura 48** 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 esteve entre o maior número de táxons, seguido das famílias Scaridae e Gobiidae (6, 4 e 3 táxons, respectivamente). As demais famílias que apresentaram dois táxons foram Carangidae, Bothidae, Coryphaenidae, Monacanthidae, Scombridae e Serranidae. 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.

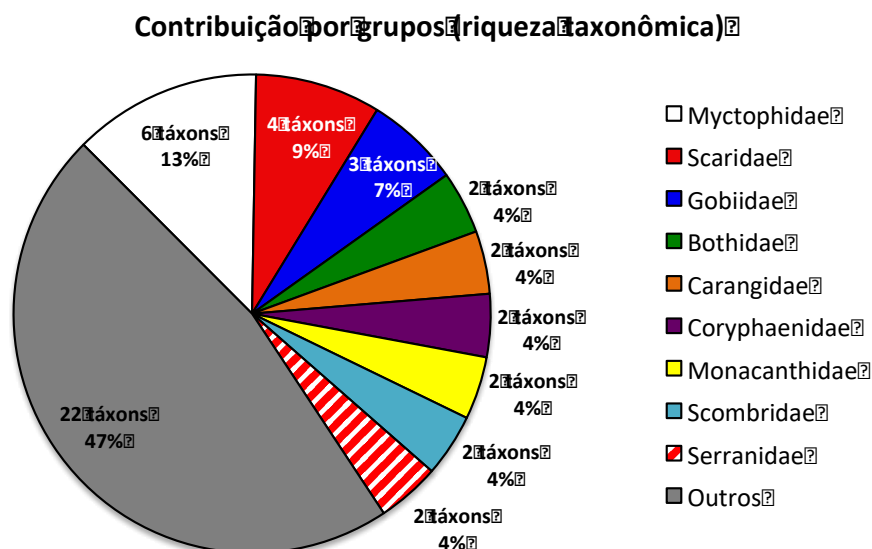


Figura 48: Contribuição percentual do número de táxons por grupos do ictioplâncton durante a 16ª campanha de Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos. *Soma de táxons de famílias com no máximo 2 táxons cada, além dos anquiliformes e das larvas não identificados.

Os ovos de peixe observados foram identificados no nível de família (Synodontidae) e de espécie (Sternoptychidae – *Maurolicus stehmanni*). É 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 Fluminense já foram registrados ovos de Anguilliformes, Clupeidae, *Maurolicus stehmanni*, Synodontidae, Trichiuridae e Beloniformes.

Em relação à distribuição espacial dos táxons de larvas identificados, foram identificados entre 9 táxons (estação 3) e 22 táxons (estação 1). É possível notar que há diferenças entre o número de táxons de larvas identificados em cada estação não sendo possível estabelecer qualquer tipo de relação entre as distâncias ou influência do FPSO sobre a distribuição do número de táxons (**Figura 49**).

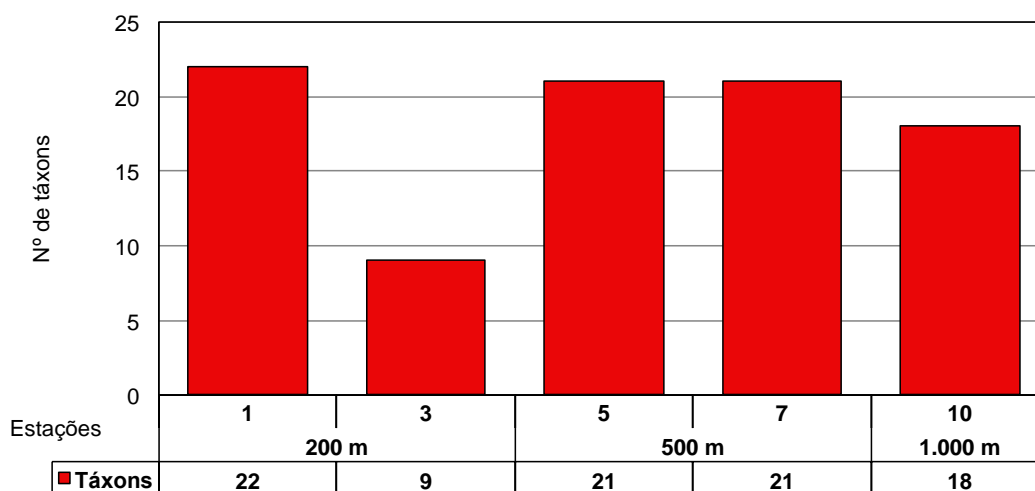


Figura 49: Número de táxons em cada estação no entorno do FPSO Fluminense durante a 16ª campanha de Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos.

A análise da frequência de ocorrência mostra que entre os 51 táxons identificados, 19 (37%) foram considerados frequentes (de 2 a 3 amostras FO entre 40 e 70%) e 23 (45%) como pouco frequentes (apenas uma amostra, FO abaixo de 40%). Na Erro! Fonte de referência não encontrada. são apresentados os cinco táxons que foram classificados como muito frequentes (4 a 5 amostras, FO acima de 70%). Dentre as espécies muito frequentes, destaca-se *Maurolicus stehmanni* (Sternoptychidae), encontrada em todas as amostras, sendo esta espécie recorrente entre as campanhas de monitoramento.

Tabela 24: Táxons do ictioplâncton (larvas de peixe) muito frequentes (FO>70%) das amostras durante a atual campanha de Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos.

Família	Táxons/Estação	FO
Labridae	Labridae	100%
Myctophidae	Myctophidae	100%
Sternoptychidae	<i>Maurolicus stehmanni</i>	100%
Caproidae	<i>Antigonia capros</i>	80%
Scombridae	Scombridae	80%

5.5.3.2. Análise Quantitativa

Ovos de peixe foram encontrados em quatro das cinco estações amostradas: estação 1 (79 ovos, 21,04 ovos/100m³), estação 3 (6 ovos, 2,83 ovos/m³), estação 5 (4 ovos, 1,18 ovos/m³) e estação 10 (164 ovos, 47,91 ovos/m³). 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/100m³, respectivamente, incluindo valor mínimo igual a zero ovos/100m³ nas duas estações do ano. Já FRANCO & MUELBERT (2003) encontraram abundância de ovos variando entre 0,08 e 0,71 ovos/100m³ na quebra da plataforma do Sul do Brasil, com valor médio igual a 0,16 ovos/100m³. Logo, as variações na abundância de ovos de ictioplâncton



observadas na atual campanha revelam um padrão natural, não podendo estar associada à possíveis mudanças provenientes do descarte de água produzida pelo FPSO Fluminense.

As densidades de larvas de peixes variaram de 10,4 larvas/100m³ (estação 3) a 21,0 larvas/100m³ (estação 1), conforme a **Figura 50**. Não é possível observar um padrão de distribuição em relação ao ponto de descarte do FPSO, visto que as estações localizadas no raio de 200 m apresentaram valores acima e abaixo do verificado na estação 10, considerada controle.

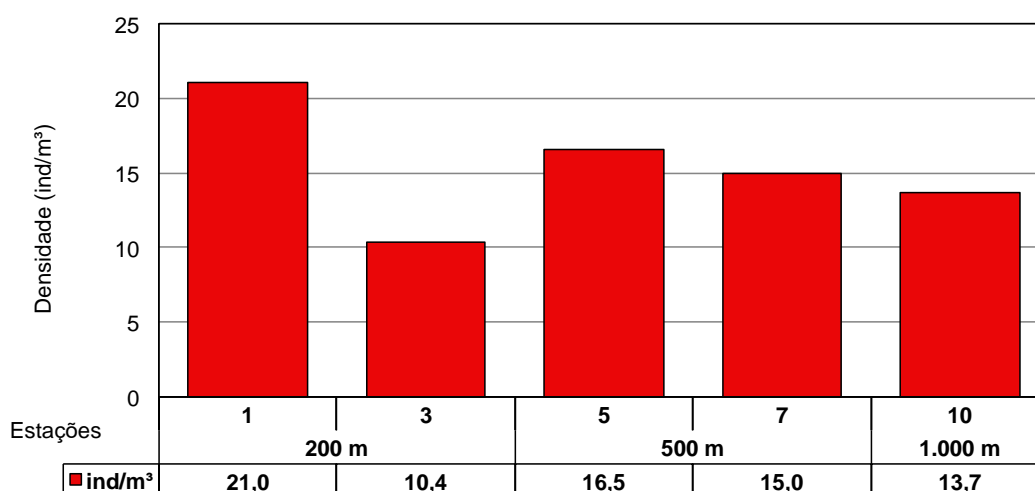


Figura 50: Densidade de larvas de peixes (larvas/100m³) coletados no entorno do FPSO Fluminense durante a 16ª campanha de Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos.

A Erro! Fonte de referência não encontrada. resume a abundância de ovos e larvas do ictioplâncton observadas nas campanhas realizadas ao longo do Monitoramento Ambiental no campo de Bijupirá e Salema. Os valores de densidades de ovos de peixe oscilaram bastante ao longo das campanhas de monitoramento, indo desde valores máximos de 1,47 ovos/m³ (2014) até valores mínimos de 307,4 ovos/m³ (2017). 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, com os resultados da presente campanha próximos aos obtidos em 2011 e 2016.

Tabela 25: Densidade das larvas e ovos do ictioplâncton encontrados ao longo das campanhas do Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema.

Campanha	Densidade de Larvas (larvas/m³)		Densidade de Ovos (ovos/m³)	
	Mín	Máx	Mín	Máx
2010	10,85	33,55	2,19	22,86
2011	7,46	21,13	0	6,67
2012	8,83	46,7	0	4,03



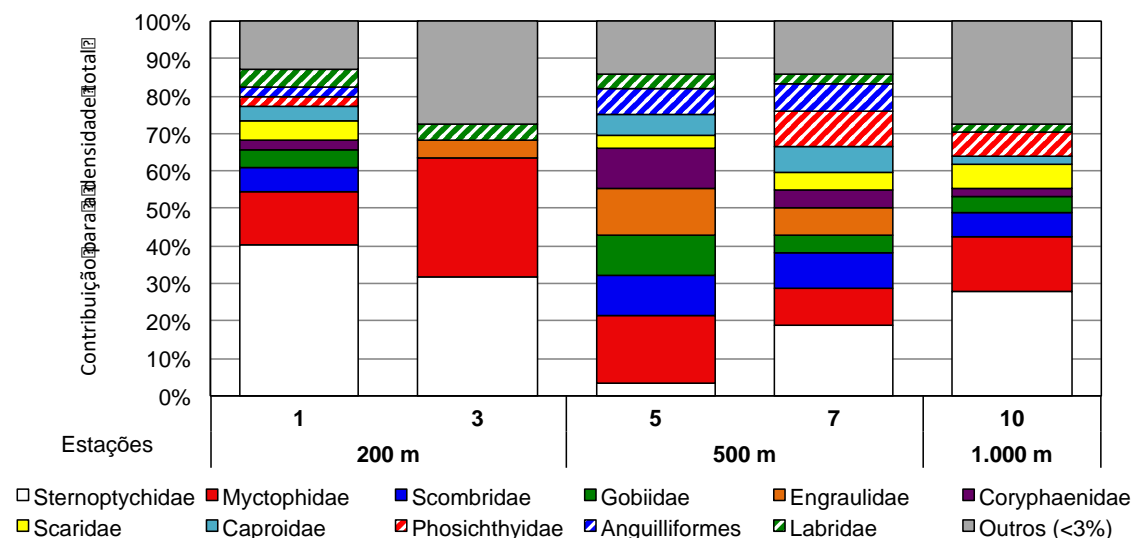
Tabela 25: Densidade das larvas e ovos do ictioplâncton encontrados ao longo das campanhas do Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema.

Campanha	Densidade de Larvas (larvas/m³)		Densidade de Ovos (ovos/m³)	
	Mín	Máx	Mín	Máx
2013	46,94	204,59	23,83	106,88
2014	24,84	65,15	0	1,47
2015	20,82	32,38	5,61	44,91
2016	6,25	16,56	0	4,16
2017	57,82	81,77	307,44	700,88
2019	10,4	21	0	47,91

A **Tabela 26** e **Figura 51** 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 Sternoptychidae e Myctophidae, responsáveis por 41% da densidade de larvas, sendo verificado nas estações 1, 7 e 10 um predomínio de Sternoptychidae e na estação 5 maiores proporções de Myctophidae, enquanto que na estação 3 as duas famílias apresentaram proporções equivalentes.

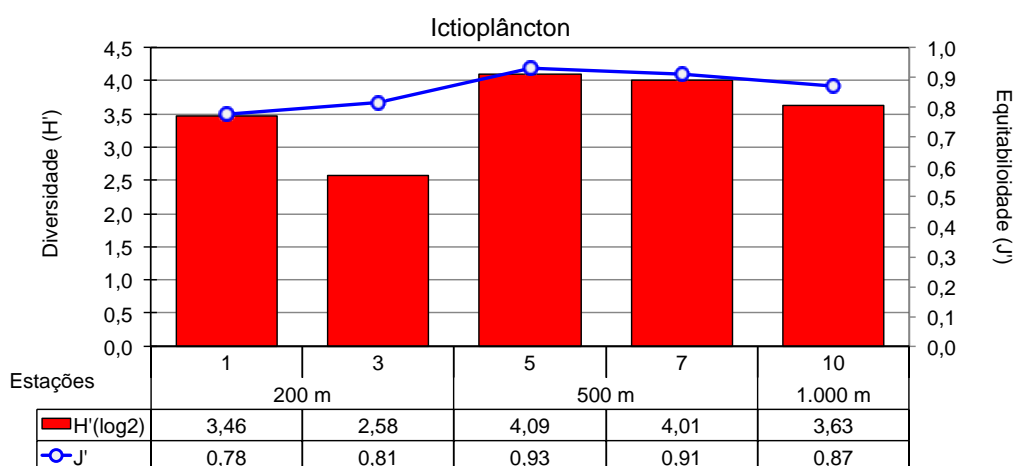
Tabela 26: Densidade de larvas de peixes (larvas/100m³) por família em cada estação no entorno do FPSO Fluminense durante a 16ª campanha de Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos.

Família	Distância					Mín.	Máx.	Média	Desvio Padrão
	200 m		500 m		1.000 m				
	1	3	5	7	10				
Sternoptychidae	8,52	3,30	0,59	2,85	3,80	0,59	8,52	3,81	2,90
Myctophidae	2,93	3,30	2,95	1,42	2,04	1,42	3,30	2,53	0,77
Scombridae	1,33	0,00	1,77	1,42	0,88	0,00	1,77	1,08	0,68
Gobiidae	1,07	0,00	1,77	0,71	0,58	0,00	1,77	0,83	0,65
Engraulidae	0,00	0,47	2,07	1,07	0,00	0,00	2,07	0,72	0,87
Coryphaenidae	0,53	0,00	1,77	0,71	0,29	0,00	1,77	0,66	0,68
Scaridae	1,07	0,00	0,59	0,71	0,88	0,00	1,07	0,65	0,40
Caproidae	0,80	0,00	0,89	1,07	0,29	0,00	1,07	0,61	0,45
Phosichthyidae	0,53	0,00	0,00	1,42	0,88	0,00	1,42	0,57	0,61
Anguilliformes	0,53	0,00	1,18	1,07	0,00	0,00	1,18	0,56	0,56
Labridae	1,07	0,47	0,59	0,36	0,29	0,29	1,07	0,55	0,31
Outros (<3%)	2,66	2,83	2,36	2,14	3,80	2,14	3,80	2,76	0,64



5.5.3.3. Estrutura da Comunidade

Os valores de diversidade e equitabilidade variaram entre 2,58 (estação 3) e 4,09 bits/ind (estação 5) e entre 0,78 (estação 1) e 0,93 (estação 5), respectivamente (Figura 52). A média para a diversidade foi de 3,55 bits/ind (DP = 0,60) e para equitabilidade foi de 0,86 (DP = 0,06). Os valores de diversidade e equitabilidade se mantiveram similares ao longo das estações, demonstrando que os organismos encontram-se bem distribuídos.



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 52. A análise de agrupamento mostrou que a estação 3 se distanciou das demais por ter apresentado uma menor diversidade



de espécies, no entanto cabe ressaltar que a similaridade de todas as estações foi elevada, superior a 87% (**Figura 52**). A alta similaridade entre estações a 200 (1 e 3) 500 (5 e 7) e 1.000 m (estação 10) reflete a ausência de interferência das atividades do FPSO nos resultados.

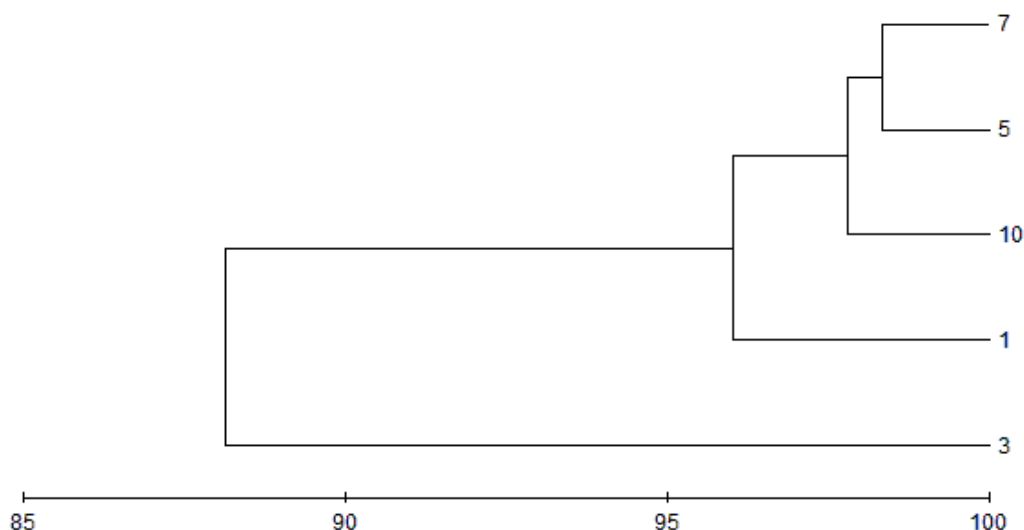


Figura 53: Análise de agrupamento das amostras de ictioplâncton através do índice de similaridade de Bray–Curtis nas cinco estações monitoradas durante a 16ª campanha de Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos.

5.6. ANÁLISE INTEGRADA

A análise conjunta dos dados aqui apresentados permite uma melhor observação do ambiente, posto que o mesmo responde de forma sinérgica aos fatores de alteração, sejam naturais ou antrópicos, e apresenta relações estreitas entre seus compartimentos (água e biota) e constituintes (elementos químicos e bióticos). Para isso, são apresentadas análises de componentes principais (ACPs) que sumarizam e facilitam a visualização da variação dos dados obtidos na atual campanha.

A Erro! Fonte de referência não encontrada. apresenta as variáveis abióticas e bióticas utilizadas nas análises integradas. Ressalta-se que somente os descritores químicos com resultados acima do Limite de Quantificação (>LQ) na maioria das estações amostradas foram utilizados nas análises estatísticas subsequentes. Dentre as variáveis biológicas, foram utilizadas apenas os valores de riqueza (em nº de táxons) e as densidades dos grandes grupos taxonômicos do compartimento fitoplanctônico (grupos do microfitoplâncton). Optou-se pela integração com os dados de fitoplâncton em função da estratégia amostral (amostras coletadas nas mesmas profundidades que as amostras para qualidade da água) e pelas respostas mais imediatas deste grupo a sutis alterações físico-químicas da água (em relação aos organismos do



zooplâncton e ictioplâncton). Nesta análise, os valores dos coeficientes de correlação variam desde -1 e 1 (máxima correlação) a zero (ausência de correlação), sendo os parâmetros mais importantes neste estudo aqueles que apresentaram valores do coeficiente de correlação superior a 0,6 ou inferior a -0,6.

Tabela 27: Variáveis abióticas e bióticas e respectivas abreviaturas utilizadas na análise integrada dos dados da 16ª campanha de Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos.

Variáveis	Códigos
Abióticas	
Temperatura	Temp
Salinidade	Sal
Densidade	Dens
Oxigênio Dissolvido	OD
Potencial Hidrogeniônico	pH
Nitrato	Nitra
Nitrito	Nitri
Nitrogênio Amoniacal	Namon
Fosfato	Fosfa
Carbono Orgânico Total	COT
Fluoreto	Fluor
Boro	Boro
Zinco	Zn
Clorofila-a	Cl-a
Bióticas (fitoplâncton) – parâmetros suplementares	
Riqueza Taxonômica (Microfitoplâncton)	Taxon
Densidade Diatomáceas (Microfitoplâncton)	Diat
Densidade Dinoflagelados (Microfitoplâncton)	Dino
Densidade Cianobactérias (Microfitoplâncton)	Ciano
Densidade Cocolitoforídeos (Microfitoplâncton)	Cocol
Densidade Microfitoplâncton Total	Micro
Densidade Nanoplâncton Total	Nano

A ACPs realizada gerou três componentes que, juntos, explicam 58,3% da variância dos dados (Erro! Fonte de referência não encontrada.). O primeiro componente (Fator 1) explica 28,5% da variância e apresenta uma relação inversa dos resultados de temperatura e salinidade em relação à densidade e concentrações de nitrato e fosfato. O Fator 2, que explica 15,5% da variância, é representado principalmente pelos resultados de nitrito e secundariamente por uma relação direta destes com concentrações de COT e inversa com os valores de pH, boro e fluoretos. Já o Fator 3 (14,3% da variância) é representado pelas concentrações de OD e zinco e, em menor grau, de boro e COT. A distribuição espacial dos dois primeiros fatores pode ser verificada na **Figura 54**.



Tabela 28: Análise de Componentes Principais (ACPs) das variáveis químicas analisadas nas amostras de água da 16ª campanha de Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos.

Parâmetro	Fator 1 (28,5%)	Fator 2 (15,5%)	Fator 3 (14,3%)
Temp	-0,888	-0,188	0,047
Sal	-0,812	-0,184	0,087
Dens	0,914	0,222	-0,025
pH	-0,083	0,520	0,201
OD	-0,089	0,243	0,739
Boro	-0,236	0,551	0,577
Zn	0,075	-0,069	0,684
Namon	-0,259	-0,191	-0,307
Nitri	0,353	-0,771	0,175
Nitra	0,638	0,301	-0,038
Fosfa	0,782	0,170	-0,127
COT	0,189	-0,578	0,575
Fluor	-0,431	0,553	-0,045
Cl-a	0,449	-0,164	0,351

Superfície (em vermelho) e Acima da Termoclina (em azul)

De acordo com a **Figura 54**, verifica-se que o primeiro fator é fortemente influenciado pela profundidade, evidenciado pela separação horizontal entre a maioria das amostras da camada TC (em azul), em relação às amostras das demais camadas, principalmente SUP (em vermelho). As amostras TC apresentaram em geral os menores valores de temperatura e salinidade e maiores densidades, uma vez que estão posicionadas no limite inferior da camada de mistura e início da termoclina, onde se observa uma acentuada redução da temperatura e aumento da densidade em direção às maiores profundidades. De forma inversa, nutrientes como nitrato e fosfato tendem a possuir maiores concentrações em camadas mais profundas, padrão considerado clássico para o ambiente oceânico (Rezende *et al.*, 2006).

Com relação ao segundo fator, este é influenciado principalmente pelos resultados obtidos nas estações 1 e 2 (SUP, ACTC e TC) e 3 (exceto TC), pois nestas amostras foram verificados as maiores concentrações de nitrito e de COT, além de menores valores de pH, de boro e de fluoretos. Cabe ressaltar, no entanto, que as concentrações de nitrito e fluoretos observadas nesta campanha mantiveram-se de acordo com o limite estabelecido pela Resolução CONAMA 357/05 para águas salinas classe 1 (até 0,07 e 1,4 mg/L, respectivamente), enquanto que as concentrações de boro observadas acima do limite estabelecido, também ocorreram nas amostras da estação 10 e 11, consideradas controle, de forma que, apesar destas estações estarem localizadas no raio de 200 m da plataforma, os resultados obtidos por este parâmetro não necessariamente estão relacionados com a atividade de produção. Já em relação ao COT, o único valor acima



do limite foi verificado na estação 2 – ACTC. Quanto às variações de pH, estas se mantiveram dentro de valores considerados típicos de ambientes oceânicos.

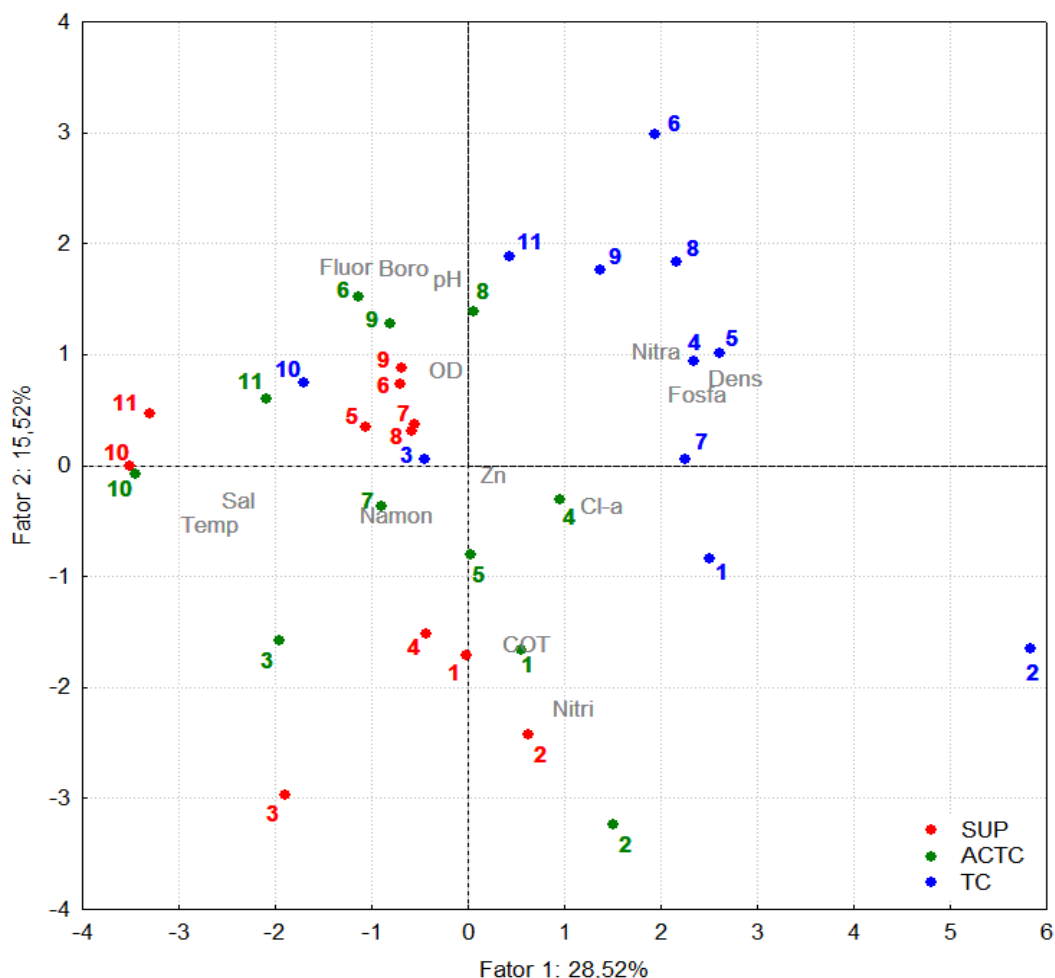


Figura 54: Ordenação das variáveis abióticas em relação aos fatores 1 e 2 extraídos na análise de componentes principais (ACP) em função das diferentes profundidades da coluna d'água – referente à 16ª campanha de Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos.

Já no fator 3, observável apenas na **Figura 55**, verificou-se principalmente a oposição entre as amostras da estação 5 e amostras SUP e ACTC da estação 6, onde se observou uma combinação de maiores concentrações de OD e zinco e, secundariamente, de boro e COT, em relação ao verificado nas amostras da estação 7, SUP e ACTC, que apresentou padrão inverso. Estas três estações estão localizadas no raio de 500 m do FPSO, ressaltando a variabilidade nos parâmetros ambientais observada nesta região. Conforme já relatado nos resultados, as concentrações de OD mantiveram-se de acordo com o registrado para ambientes oceânicos na literatura, enquanto que zinco apresentou concentrações de acordo com o limite estabelecido pela Resolução CONAMA 357/05 para águas salinas classe 1 (até 0,09 mg/L), não representando assim resultados que possam ser relacionados diretamente com a atividade de produção.

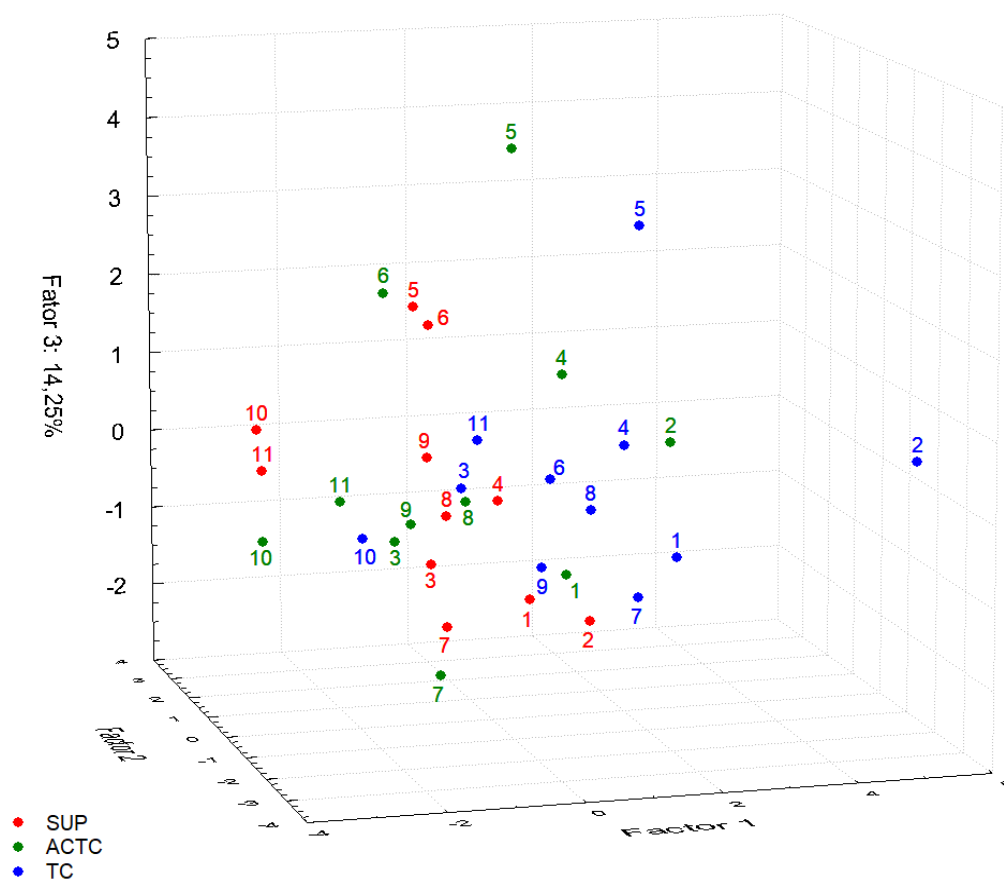


Figura 55: Distribuição tridimensional dos principais fatores gerados na ACPs - referente à 16ª campanha de Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos, com ênfase no eixo referente ao Fator 3.

De forma a identificar possíveis influências dos parâmetros ambientais sobre a comunidade fitoplanctônica, foi realizada uma segunda ACPs, utilizando-se os parâmetros fitoplanctônicos como suplementares, ou seja, não participam da construção da análise mas auxiliam na interpretação dos resultados. Esta análise considerou apenas as estações onde foram realizadas amostragens de fitoplâncton (1, 3, 5, 7 e 10).

Esta segunda ACPs gerou três componentes que, juntos, explicam 70,69% da variância dos dados (Erro! Fonte de referência não encontrada.). O primeiro componente (Fator 1) explica 29,84% da variância e apresenta uma relação direta entre os resultados de temperatura, salinidade e nitrogênio amoniacal e inversa entre estes e a densidade e as concentrações de fosfato. O Fator 2, que explica 25,28% da variância, apresenta uma relação direta dos resultados de pH, OD, boro e COT e clorofila-a. Já o Fator 3 (15,58% da variância) é representado pelos valores de nitrato e, secundariamente, por nitrogênio amoniacal, fosfato e pH, tendo como parâmetro biológico mais relevante a riqueza taxonômica. A distribuição espacial dos dois primeiros fatores pode ser verificada na **Figura 56**.



Tabela 29: Análise de Componentes Principais (ACPs) das variáveis químicas e biológicas analisadas nas amostras de água da 16ª campanha de Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos.

Parâmetro	Fator 1 (28,4%)	Fator 2 (26,3%)	Fator 3 (16,9%)
Temp	0,861	-0,207	0,413
Sal	0,823	-0,285	0,391
Dens	-0,907	0,155	-0,302
pH	-0,096	-0,633	0,540
OD	-0,310	-0,695	-0,348
Boro	0,082	-0,758	0,089
Zn	-0,395	-0,575	-0,212
Namon	0,707	0,191	-0,593
Nitri	-0,118	-0,310	-0,263
Nitra	-0,469	-0,018	0,771
Fosfa	-0,743	0,337	0,514
COT	-0,309	-0,834	-0,093
Fluor	0,485	-0,464	-0,036
Cl-a	-0,225	-0,667	-0,101
*Taxon	0,184	-0,186	0,449
*Ciano	0,175	0,221	0,028
*Dino	0,394	0,097	-0,347
*Diato	-0,157	0,264	-0,441
*Cocol	0,035	0,024	-0,377
*Micro	0,207	0,291	-0,308
*Nano	-0,062	-0,369	0,372

Superfície (em vermelho) e Acima da Termoclina (em azul)

* parâmetros suplementares.

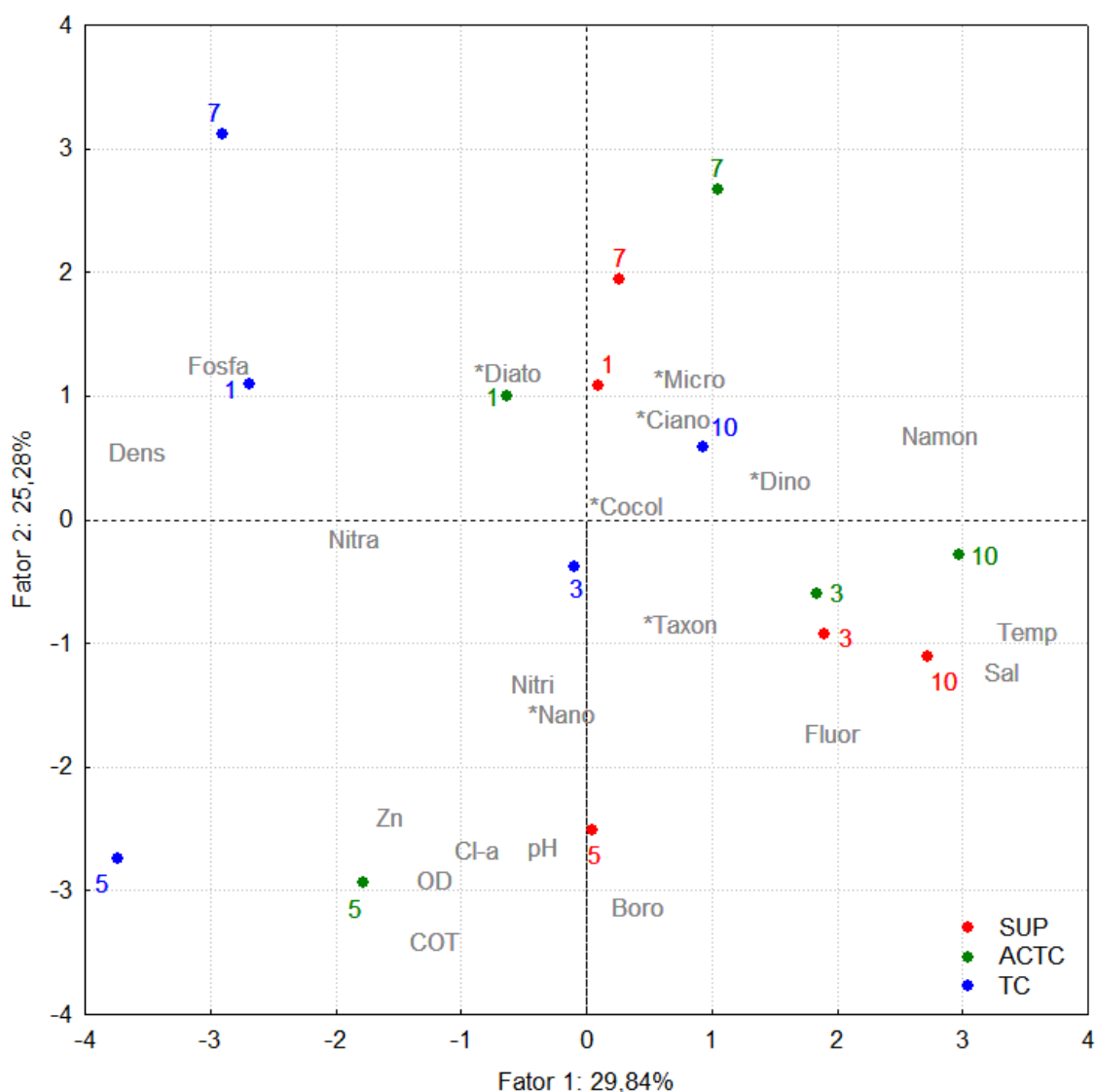


Figura 56: Ordenação das variáveis abióticas e bióticas em relação aos fatores 1-2 extraídos na análise de componentes principais (ACP) em função das diferentes profundidades da coluna d'água – referente 16ª campanha de Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos.

De forma similar ao observado na análise anterior, o primeiro fator indica para variações observadas principalmente entre as três profundidades amostradas (SUP, ACTC e TC), no entanto nesta análise as amostras das estações 10 e 3 mostraram menor diferenciação com a profundidade, com valores de temperatura e salinidade verificadas em TC similares às das amostras SUP. A variabilidade vertical também foi identificada em geral para o fitoplâncton, como para os dinoflagelados, cujas densidades médias nas camadas SUP, ACTC e TC foram de 10.783,7, 7.131,8 e 5.449,2 cel/L, respectivamente. Com relação ao Fator 2, observa-se uma oposição entre a estação 5 e estação 7, de forma similar à observada e discutida para o fator 3 da análise anterior. Já o fator 3 (Figura 57) apresenta uma oposição entre os resultados das amostras TC das estações 3 e 10, onde se observou, conforme relatado acima, concentrações mais elevadas de nitrato,



em níveis de acordo com o esperado para esta profundidade, padrão inverso ao observado para as amostras das estações 5 – SUP e ACTC e 1 – SUP.

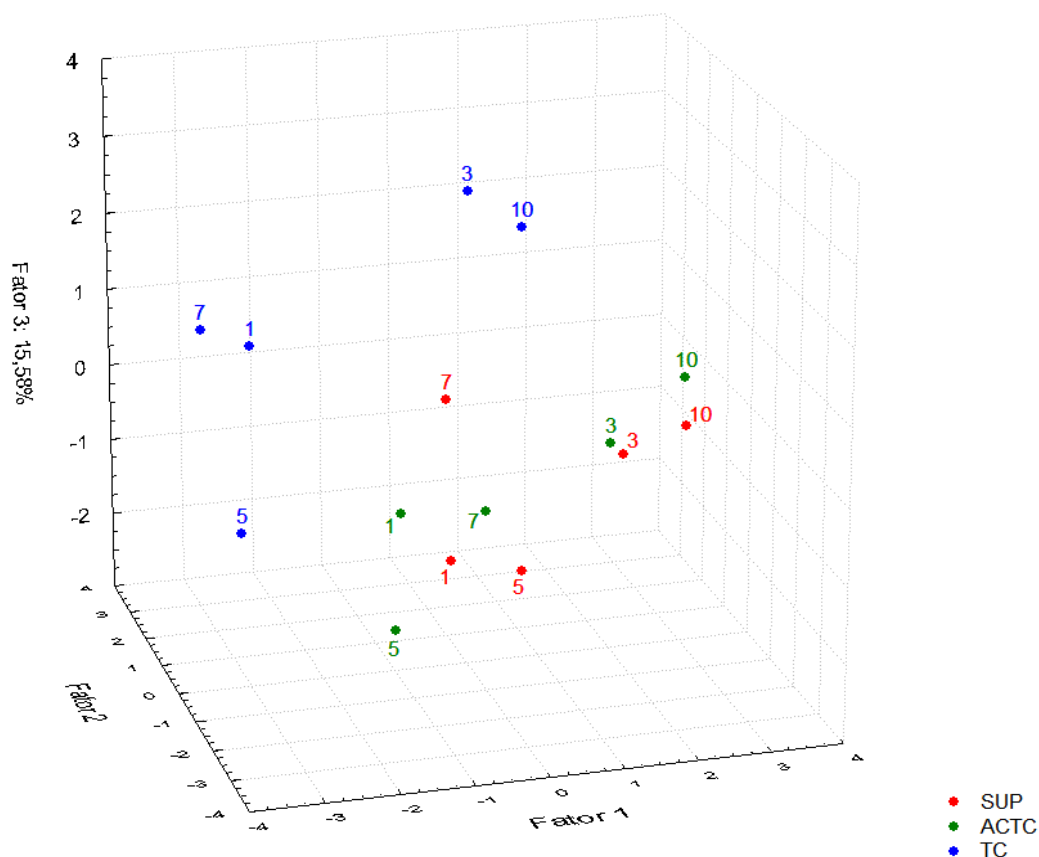


Figura 57: Distribuição tridimensional dos principais fatores gerados na ACPs - variáveis abióticas e bióticas - referente à 16ª campanha de Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos, com ênfase no eixo referente ao Fator 3.



6. CONCLUSÃO

A análise de amostras de água e plâncton no campo de Bijupirá e Salema, no entorno do FPSO Fluminense, 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 pelas Resoluções CONAMA 393/07 e 357/05.

As perfilagens de salinidade e temperatura demonstraram a presença da água tropical (AT) sem a influência da Água Central do Atlântico Sul (ACAS) até 120 metros, massas d'água típicas da bacia de Campos. A assinatura dessa massa d'água nos dados e uma termoclina iniciando mais rasa e marcada refletiram 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.

De maneira geral, os valores de pH, oxigênio dissolvido e nutrientes foram comuns a área estudada. Como indicativo da boa qualidade da água na área estudada, cita-se a não verificação na maioria das estações de diversos contaminantes com potencial nocivo à biota, como o grupo dos fenóis, BTEX, cianetos, bifenilas policloradas e tributilestanho, além da quase totalidade dos metais analisados, com exceção do semimetal boro, cujas maiores concentrações foram verificadas nas estações controle, demonstrando desta forma, uma ocorrência natural. É importante acrescentar que boro é comum em áreas oceânicas, posto que o mar constitui um importante reservatório natural deste metal. Devido aos valores de concentrações de boro serem similares ao *background*, não é possível afirmar que incrementos deste semimetal estejam relacionados ao descarte de água produzida. Menciona-se aqui também, as análises referentes ao zinco, cujas concentrações se mantiveram dentro dos limites estabelecidos pela legislação.

Em relação às concentrações de carbono orgânico total (COT), apenas uma amostra pontual apresentou valor ligeiramente acima do limite estabelecido pela legislação brasileira. Em relação aos HPA's, estes com amostras mais próximas à unidade (raio de 200 m), e, conseqüentemente, mais expostas à pluma de água produzida, não apresentaram resultados quantificáveis, sendo apenas a amostra da termoclina da estação 7 que apresentou resultado de HPAs com valor quantificável. Destaca-se que para os HPAs a Resolução CONAMA 357/05 cita limites somente para um ambiente ainda mais restritivo que a classe 1, correspondente a uma classe onde haja pesca ou cultivo de organismos para fins de consumo intensivo. Assim, estes resultados podem ser considerados como pontuais, devendo ser monitorados nas próximas campanhas para um melhor esclarecimento a respeito dos mesmos.



É possível ainda verificar que os resultados obtidos para HPAs foram inferiores aos níveis de efeitos crônicos e/ou agudos observados na literatura, indicando desta forma baixos riscos à biota da região. A estação onde foram detectados HPA's está localizada a 500 m de distância do FPSO Fluminense, enquanto que as amostras das estações mais próximas à unidade localizadas no raio de 200 m, não apresentaram concentrações quantificáveis de HPAs, não sendo possível relacionar este resultado diretamente à referida unidade de produção.

Surfactantes e PCB's não apresentaram concentrações detectáveis, como nas campanhas anteriores. Por outro lado, concentrações de TBT foram identificadas em quatro amostras, tendo apenas uma ultrapassado o valor preconizado pela legislação ambiental, esta presente em estação à 500m da unidade. Cabe destacar que o limite de quantificação do método de 0,001 µg/L da presente campanha foi mais acurado, que o limite de detecção de 0,010 µg/L empregado nas campanhas anteriores, motivo este que pôde ter resultado na atual detecção de concentrações de TBT. O valor máximo foi considerado espúrio (*outlier*), que pôde estar relacionado a um erro analítico ou contaminação durante a amostragem, apesar de todos os protocolos de qualidade durante a amostragem e análise terem sido seguidos, sendo necessário o acompanhamento deste parâmetro em campanhas futuras para a melhor compreensão dos resultados obtidos na atual campanha.

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 quantificáveis em algumas amostras de ²²⁶Ra e em nenhuma amostra de ²²⁸Ra, mas ambos com valores semelhantes aos já verificados nas campanhas anteriores. As baixas concentrações reportadas para a atual campanha são similares aos valores mencionados como naturais para água do mar da região, com valores máximos inferiores aos reportados em campanhas anteriores.

Quanto à análise da comunidade planctônica no entorno do FPSO, observou-se resultados condizentes para a área de estudo, indicando não estar sofrendo nenhuma alteração/impacto relacionada com o descarte de água produzida. Para o fitoplâncton observou-se dominância de dinoflagelados, diatomáceas e as cianofíceas. 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 16ª Campanha de Monitoramento do campo de Bijupirá e Salema indicou que a qualidade da água no entorno do FPSO Fluminense não demonstra alteração (variação) diretamente associadas às atividades da unidade. 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 30: 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 matemática 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 Fluminense.</p>	<p>Garantir a qualidade de água no entorno do FPSO Fluminense, 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 Fluminense.</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	<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;- Não foram detectadas concentrações da maioria dos metais, exceto Boro e Zinco. Apenas o primeiro apresentou algumas concentrações acima do limite estabelecido pela CONAMA 357/05, porém dentro do observado para a região;- Não foram detectadas concentrações efetivas dos compostos orgânicos fenóis e PCB's. O COT apresentou somente uma amostra com valor ligeiramente acima do limite estabelecido pela legislação brasileira, porém dentro do observado para a região. Por outro lado, foram detectadas concentrações de TBT, em quatro amostras com apenas uma amostra acima do preconizado pela legislação ambiental, tendo sido considerado um valor espúrio, considerando a atual série de dados. Já HPA's, n-alcanos, MCNR foram detectados apenas em uma amostra, dentro do estabelecido pela Resolução CONAMA 357/05;- 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>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">- A composição planctônica encontrada foi típica da região oceânica monitorada;- A riqueza taxonômica e os índices de diversidade e equitabilidade apresentaram valores condizentes com os dados pretéritos do monitoramento.



REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANP – AGÊNCIA NACIONAL DE PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS. Boletim da Produção de Petróleo e Gás Natural, 2018. Disponível em: http://www.anp.gov.br/images/publicacoes/boletins-anp/Boletim_Mensal-Producao_Petroleo_Gas_Natural/Boletim-Producao_fevereiro-2018.pdf
- APHA, AWWA, AEF, 2005. *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*, 21st ed. Washington, DC.
- 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 from coastal waters of southern Brazil (32°S). *Botanica Marina*, 51: 35-50.
- BERGLUND, J.; SAMUELSSON, K.; KULL, T.; MUREN, U. & ANDERSSON, A., 2005. Relative strength of resource and predation limitation of heterotrophic nanoflagellates in a low-productive sea area. *Journal of Plankton Research*, 27: 923-935.
- 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, 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 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., 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.; 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 - Diagnóstico e Revisão Bibliográfica*. Publicação do Ministério do Meio Ambiente, CIRM e Fundação de Estudos do Mar. 196 p.



- BRAGA, E. S. & NIENCHESKI, L.F.H., 2006. *Composição das massas de água e seus potenciais produtivos na área entre o Cabo de São Tomé (RJ) e o Chuí (RS)*. In: ROSSI-WONGTSCHOWSKI, C.L. & MADUREIRA, L.S-P (org.). O ambiente oceanográfico da plataforma continental e do talude na região sudeste-sul do Brasil. Edusp. 466p.
- BRETAS, E., 2011. Avaliação toxicológica da água produzida de uma plataforma off shore de gás natural. *Revista Cecilians* 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, 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.
- CHANG, F. H.; ZELDIS, J.; GALL, M. & HALL, J., 2003. Seasonal and spatial variation of phytoplankton assemblages, biomass and cell size from spring to summer across the north-eastern New Zealand continental shelf. *Journal of Plankton Research*, 25: 737-758.
- CHEVRON/ECOLOGUS. 2006. Estudo de Impacto Ambiental (EIA) da Atividade de Produção de Petróleo no Campo de Frade, Bacia de Campos. Relatório técnico.
- CHRÉTIENNOT-DINET, M. J., 1990. *Atlas du phytoplancton Marin. Chlorarachnoiphycees, Chlorophycees, Chrysophycees, Cryptophycees, Euglenophycees, Eustigmatophycees, Prasinophycees, Prymnesiophycees, 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).
- CITES, 2014. CITES - Convention on International Trade in Endangered Species of Wild Fauna and Flora. Disponível em: <http://www.cites.org/eng/app/appendices.php>. Acessado em outubro de 2015.
- 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.
- CUNHA, R. E. P., 2007. *Modelagem matemática da separação gravitacional de emulsões de petróleo*. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Processos). Universidade de Tiradentes (SE). 136p.



- 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.
- DOYLE, M.J.; MORSE, W.W. & KENDALL, Jr., A.W. 1993. A comparison of larval fish assemblages in the temperate zone of the Northeast Pacific and Northwest Atlantic oceans. *Bulletin of Marine Science*, v. 53, n.2, p. 588-644.
- DUGDALE, R. C. & GOERING, J. J., 1967. Uptake of new and regenerated forms of nitrogen in primary productivity. *Limnology and Oceanography*, 12: 196-206
- ECOLOGUS, 2006. Estudo de Impacto Ambiental – EIA. Atividade de Produção de Petróleo no Campo de Frade, Bacia de Campos.
- 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. (ed.): Catalog of Fishes: genera, species, references. (<http://research.calacademy.org/research/ichthyology/catalog/fishcatmain.asp>). Acessado em maio de 2014.
- 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.
- FERNANDES, L. D. A.; ALMEIDA, E. V.; PEIXOTO, B. J. F. & SOUZA, M. F., 2006. Decapoda. In: Bonecker, S.L.C. (ed.). *Atlas da Região Central da Zona Econômica Exclusiva brasileira*. Museu Nacional Série de livros n. 21, Rio de Janeiro, p. 23-101.
- FIGUEIREDO, J. L.; SANTOS, A. P.; YAMAGUTI, N.; BERNARDES, R. A. & DEL BIANCO ROSSI-WONGTSCHOWSKI, C. L., 2002. *Peixes da Zona Econômica Exclusiva da região sudeste-sul do Brasil: Levantamento com rede de meia-água*. São Paulo, Editora da Universidade Estadual de São Paulo, Imprensa Oficial do Estado, 244p.



- FLORES-COTO, C. & ORDOÑEZ-LÓPEZ, U. 1991. *Larval distribution and abundance of Myctophidae, Gonostomatidae and Sternoptychidae from the Southern Gulf of Mexico*. NOAA. Tech. Rept. NMFS95, p. 55-64.
- FOFONOFF, P. And MILLARD, R.C. UNESCO 1983. Algorithms for computation of fundamental properties of seawater, 1983. _Unesco Tech. Pap. in Mar. Sci. No. 44, 53 pp.
- FOLT, C. L.; BURNS, C.W. 1999. Biological drivers of zooplankton patchiness. *Trends Ecol. Evol.*, v. 14, n. 8, p. 300-305.
- 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 Zooplancton del Atlántico Sudoccidental y métodos de trabajo con el zooplancton marino*. INIDEP, Mar del Plata, Argentina, p. 163-167.
- GABARDO, I. T., 2007. *Caracterização química e toxicológica da água produzida descartada em plataformas de óleo e gás na costa brasileira e seu comportamento dispersivo no mar*. Tese de Doutorado. Programa de Pós-Graduação em Química. Universidade Federal do Rio Grande do Norte.
- 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 Federa do Rio de Janeiro - UFRJ. Rio de Janeiro, RJ.
- GÓMEZ, F., 2007. Gymnodinioid dinoflagellates (Gymnodiniales, Dinophyceae) in the open Pacific Ocean. *Algae*, 224(4): 273-286.
- GURNEY, R., 1924. Crustacea Part IX – Decapod Larvae Br. Antarct. Terra Nova Expedition. 1910. *Zoology*, v. 8, p. 37-202.
- 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.
- HARRISON, R.M. 1999. *Understanding our environment: An introduction to environmental chemistry and pollution*. Cambridge: The Royal Society of Chemistry.
- HASLE, G. A. & SYVERTSEN, E. E., 1997. Marine diatoms. In TOMAS, C. R. (Ed.). *Identifying Marine Phytoplankton*. U.S.A., *Academic Press*, 583 p.
- HEIMDAL, B. R., 1997. Modern Coccolithoforids. In: TOMAS, C. R. (Ed.) *Identifying Marine Phytoplankton*. U.S.A.: *Academic Press*, 583 p.
- 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.
- HULLEY. P.A. 1981. *Results of the research cruises of FRV "Walter Herwig" to South America. LVIII. Family Myctophidae (Osteichthyes. Myctophiformes)*. *Archiv fur Fishereiwissenschaft*, v. 31, p. 1-300.



- IBP. 2012. *Instituto Brasileiro de Petróleo, Gás e Biocombustíveis*. Disponível em www.ibp.org.br/main.asp?View=%7B58784FF7-BB06-46B8-8200-A72A1FA66ABD%7D&Team=%7BCFA331ED-C047-4441-8EEC-9467D2F58BE4%7D. Acessado em maio de 2012.
- IUCN. 2015. International Union for Conservation of Nature. Disponível em: <http://www.iucnredlist.org/>. Acessado em junho, 2015.
- 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.
- LALLI, C. M. & PARSONS, T. R., 1997. *Biological Oceanography: an introduction*. Pergamon Press, Estados Unidos. 301 p.
- LEE, K. & NEFF, J., 2011. *Produced water: environmental risks and advances in mitigation technologies*. Springer. 608p
- LIBES, S., 1992. *Introduction to Marine Biogeochemistry*. John Wiley & Sons, USA, 734p.
- 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.
- 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.
- MANIER, F. B., SANDRES, G. C. & TAVARES, S. S. M., 2007. *Corrosão por sulfeto de hidrogênio (H₂S) e suas implicações no meio ambiente e na segurança industrial*. 8º Congresso Iberoamericano de Engenharia Mecânica. Cusco.
- 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.
- MARGALEF, R., 1978. Life forms of phytoplankton as survival alternatives in a unstable environment. *Oceanologica Acta*, 1(4): 493-509
- 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.
- MCCUNE, B. & MEFFORD, M. J.. 1999. PC-ORD. Multivariate analysis of Ecological Data, Version 4.0 for Windows.



- MENEZES, N.A. & FIGUEIREDO. 1985. *Manual de peixes marinhos do sudeste do Brasil*. VI. *Teleostei (4)*. Museu de Zoologia, Universidade de São Paulo, São Paulo. 96p.
- MENICONI, M. F. G. 2007. Hidrocarbonetos policíclicos aromáticos no meio ambiente: diferenciação de fontes em sedimento e metabólicos em bile de peixes. Tese de Doutorado. Programa de Pós-Graduação em Química/UFRN. Natal-RN.
- 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
- MMA, 2003. Ministério do Meio Ambiente. Instrução normativa nº 3, de 26 de maio de 2003.
- MMA, 2004. Ministério do Meio Ambiente. Instrução normativa nº 5, de 21 de maio de 2004. Diário Oficial da União (DOU) de 28/05/2004.
- MMA, 2005. Ministério do Meio Ambiente. Instrução normativa nº 52, de 8 de novembro de 2005. Diário Oficial da União (DOU) de 09/10/2005.
- MMA, 2014. Ministério do Meio Ambiente. Instrução normativa nº 445, de 17 de dezembro de 2014. Diário Oficial da União (DOU) de 18/12/2014. ALTERADA PELA PORTARIA MMA Nº 98/2015, PORTARIA MMA Nº 163/2015
- MMA/PETROBRAS/AS/PEG, 2002. *Diagnóstico Ambiental das Áreas de Exploração e Produção das Bacias de Santos, Campos e Espírito Santo*. Relatório Técnico.
- MORRISSEY, J.F.; SUMICH, J. L. 2012. *Introduction To The Biology Of Marine Life*, 10th Edition. Jones And Bartlett, Massachusetts.
- NEIRA, F.J., 2005. Summer and winter plankton fish assemblages around offshore oil and gas platforms in south-eastern Australia. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, v. 63, p. 589-604.
- NELSON, J.S. 1976. *Fishes of the World*. Wiley-Interscience, New York 416 pp.
- NYBAKKEN, J.W. & BERTNESS, M. D. 2005. *Marine Biology. An ecological approach*. 6th ed. Pearson Education, San Francisco, CA, USA, 579 pp.
- 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*. San Francisco: Pearson Education.
- OGP, 2005. *Fate and effects of naturally occurring substances in produced water on the marine environment*. Report No. 364, pp42.
- OGX/PIR2. 2011. Item Qualidade da Água e Sedimento in OGX/AECOM. 2001. Estudo de Impacto Ambiental (EIA) de Desenvolvimento e Escoamento da Produção de Petróleo nos Blocos BM-C-39 e BM-C-40, Bacia de Campos. Relatório Técnico.



- 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.
- OLIVAR, M.P. & SHELTON, P.A. 1993. Larval fish assemblages of Benguela Current. *Bulletin of Marine Science*, v. 53, n. 2, p. 450-474.
- OLIVAR, M.P. 1988. Planktonic stages of lanternfishes (Osteichthyes, Myctophidae) in the Benguela upwelling region. *Investigation Pesquera*, v. 52, n. 3, p. 387-420.
- OLIVEIRA, R. C. G., 1995. *Estudos de variáveis operacionais e interfaciais na flotação de óleo por gás dissolvido*, Dissertação (Mestrado em Engenharia), COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, 120p.
- OLIVEIRA, R. C. G. & OLIVEIRA, M. C. K., 2000. *Remoção de contaminantes tóxicos dos efluentes líquidos oriundos da atividade de produção de petróleo no mar*. Boletim Técnico PETROBRÁS. Rio de Janeiro, 43 (2): 129-136.
- 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 Ceará. *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/ICF, 2011. *Teste de Longa Duração na Área do Poço 3-ESP-22D-RJS, Concessão de Espadarte, Bacia de Campos*. Processo nº 02022.002976/2009. Relatório Técnico
- PETROBRAS/HABTEC, 2011. *Estudo de Impacto Ambiental (EIA) do Sistema de Produção e Escoamento de Gás Natural e Petróleo no Bloco BC-20, Bacia de Campos*. Relatório Técnico
- 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.
- PILSON, M. E. Q., 1998. *An Introduction to the Chemistry of the Sea*. Prentice-Hall, Inc. Upper Saddle River, N.J. 431p.
- POHLE, G.; FRANSOZO, A.; NEGREIROS-FRANSOZO, M. L. & MANTELATTO, F. L. M., 1999. *Larval Decapoda (Brachyura)*. In: BOLTOVSKOY, D. (Ed.) South Atlantic Zooplankton. Leiden, Backhuys Publishers, p. 1281-1352.
- RAYMONT, J. E. G., 1980. *Plankton and Productivity in the Oceans*. 2th Ed. Volume 1: Phitoplankton. Pergamon Press, Internacional Library. 489 P.



- 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., 2006a. *Sternoptychidae: Marine Hatchetfishes & Relatives*. In: RICHARDS, W.J. (Ed.). Early stages of atlantic fishes: an identification guide for the Western North Atlantic. Volume I. and Volume II. CRC Press, Boca Raton, p. 217-246.
- RICHARDS, W. J., 2006b. *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.
- RICHARDS, W.J.; MCGOWAN, M.F.; LEMING, T.; LAMKIN, J.T. & KELLEY, S. 1993. Larval fish assemblages at the loop current boundary in the Gulf of Mexico. *Bulletin of Marine Science*, v. 53, n. 2, p. 475-537.
- RICHARDS, W.J. 1984. Kinds And Abundances Of Fish Larvae In The Caribbean Sea And Adjacent Areas. *Noaa Tech. Rept. Nmfs-776*, p.1-54.
- RILEY, J. P. & CHESTER, R., 1971. *Introduction to marine chemistry*. Academic Press. Nova York
- RODRIGUES, F. L. & MORAES, L. E. 2014. An extension of the distribution of *Selar Crumenophthalmus* (Bloch, 1793) (Teleostei: Carangidae) in southern Brazil. *Check List* 10(1): 175–177, 2014
- ROFEN, R. R. 1966. Family Paralepididae, Barracudinas. *In Fishes Of The Western North Atlantic*, P. 205-259.
- 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.
- 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. 2011. *Relatório Final da 1ª Campanha do Projeto de Monitoramento Ambiental, Campo De Parque Das Conchas – FPSO Fluminense*. Relatório Técnico. 107 p.
- SHELL/AECOM. 2013. *Relatório da 2ª Campanha do Projeto de Monitoramento Ambiental, Campo de campo de Bijupirá e Salema – FPSO Fluminense*. Relatório Técnico. 91p.
- SHELL/AECOM. 2014. *Relatório da 3ª Campanha do Projeto de Monitoramento Ambiental, Campo de campo de Bijupirá e Salema – FPSO Fluminense*. Relatório Técnico. 116p.
- SHELL/AECOM. 2015. *Relatório da 4ª Campanha do Projeto de Monitoramento Ambiental, Campo de campo de Bijupirá e Salema – FPSO Fluminense*. Relatório Técnico. 120p.
- SIGNORINI, S.R. 1978. On The Circulation And The Volume Transport Of The Brazil Current Between The Cape Of São Tomé And Guanabara Bay. *Deep-Sea Res.*, 25:481-490.



- 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.
- SMAYDA, T.J. & REYNOLDS, C.S. 2003. Strategies of marine dinoflagellate survival and some rules of assembly. *Journal of Sea Research*, v. 49, p. 95-106.
- SM 4500-CI G. DPD Colorimetric Method.
- SM 5520D. Oil and grease. Soxhlet extraction method.
- SM 5530C. Phenols. Chloroform extraction method.
- SM 5540C. Surfactants. Anionic Surfactants as MBAS.
- SM 7500-Ra Radium. Sequential Precipitation Method.
- 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.
- 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.
- SZPILMAN, M. 2000 – Peixes Marinhos do Brasil: guia prático de identificação. 288 p.
- TAYLOR, F. J. R., 1976. *Dinoflagellates form 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.
- THRONSEN, J., 1978. Preservation and storage. In: SOURNIA, A. (Ed.) *Phytoplankton Manual*. Monogr. Oceanogr. Methodol, 6: 69-74.
- TOMMASI, L. R., 1994. *Programa de monitoramento ambiental oceânico da Bacia de Campos, RJ*. Fundespa, Geomap, Cenpes-Petrobras, São Paulo. 169p.
- USEPA. Method 1631E. Measurement of Mercury in Water.
- USEPA. Method 6010C. Inductively coupled plasma-atomic emission spectrometry.
- USEPA. Method 8015C. Nonhalogenated organics by gas chromatography.
- USEPA. Method 8082A. Polychlorinated Biphenyls (PCBs) by Gas Chromatography.
- USEPA. Method 8260B. Volatile Organic Compounds By Gas Chromatography/ Mass Spectrometry (GC/MS).
- USEPA. Method 8270D. Semivolatile organic compounds by gas chromatography / mass spectrometry (GC/MS).
- USEPA. Method 8321B. Solvent-Extractable Nonvolatile Compounds by High-Performance Liquid Chromatography/Thermospray/Mass Spectrometry (HPLC/TS/MS) or Ultraviolet (UV) Detection.
- USEPA. Method 9056A. Determination of inorganic anions by ion chromatography.
- UTERMÖHL, H., 1958. Perfeccionamento del metodo cuantitativo de fitoplancton. *Comun. Assoc. Int. Limnol. Teor. Apl.*, v. 9, p. 1-89.



- VALENTIN, J.L.; MACEDO-SAIDAH, F.E.; TENENBAUM, D. R. & SILVA, N.M.L. 1991. 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.
- VAZZOLER, A. E. A. de M., 1992. *Reprodução de Peixes*. In: AGOSTINHO, A.A. & Benedito-Cecilio, E. (Ed.). Situação atual e perspectivas da ictiologia no Brasil. Editora da Universidade Estadual de Maringá, p. 1-11.
- 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.



7. EQUIPE TÉCNICA

A equipe técnica responsável pela elaboração deste Relatório é apresentada na **Tabela 31** abaixo.

Tabela 31 - Relação da equipe técnica responsável pela elaboração do presente documento.

Nome	Cadastro Técnico Federal (CTF/IBAMA)	Registro	Assinatura
Marina Pereira Dore Oceanógrafa Msc. em Oceanografia	Não aplicável	Não aplicável	
Luiz Carlos Ramos da Silva Filho Oceanógrafo Msc. Planejamento Ambiental	5006019	Não aplicável	
Flavia Merchioratto Química/USP Esp. Gestão Ambiental/FGV	209905	CRQ-RJ 03.212.720	