



SUSTENTABILIDADE
E RESILIÊNCIA

RELATÓRIO FINAL DA 19ª CAMPANHA DE MONITORAMENTO AMBIENTAL (PMA)

CAMPO DE BIJUPIRÁ E SALEMA (BACIA DE CAMPOS) – FPSO FLUMINENSE

CAMPANHA DE 2022

Rev. 00 – Março, 2023.

DESENVOLVIDO PARA:



CONTROLE DE REVISÕES

Rev.	Data	Descrição (motivo da revisão)
00	Março/2023	Documento original

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	1
2. OBJETIVOS E METAS	2
3. ÁREA DE ESTUDO	3
3.1. MALHA AMOSTRAL	4
4. MÉTODOS	7
4.1. QUALIDADE DA ÁGUA	8
4.1.1. MÉTODOS DE CAMPO	8
4.1.2. MÉTODOS DE ANÁLISE	12
4.1.2.1. Análises Laboratoriais	12
4.1.2.2. Análises dos Dados de Qualidade da Água	15
4.2. BIOTA	17
4.2.1. MÉTODOS DE CAMPO	17
4.2.2. MÉTODOS DE ANÁLISE	19
5. RESULTADOS	24
5.1. PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS	24
5.1.1. TEMPERATURA , SALINIDADE E DENSIDADE	24
5.1.2. OXIGÊNIO DISSOLVIDO	31
5.1.3. POTENCIAL HIDROGENIÔNICO (PH)	32
5.2. PARÂMETROS INORGÂNICOS	34
5.2.1. NITROGÊNIO E FÓSFORO	34
5.2.2. CLOROFILA-A	38
5.2.3. METAIS	39
5.2.4. CIANETO LIVRE	50
5.2.5. FLUORETOS	50
5.2.6. SULFETOS	51
5.2.7. CLORO RESIDUAL TOTAL	51
5.2.8. RADIOISÓTOPOS	52
5.3. PARÂMETROS ORGÂNICOS	53
5.3.1. CARBONO ORGÂNICO TOTAL (COT)	53
5.3.2. SURFACTANTES	54
5.3.3. BIFENILAS POLICLORADAS (PCBs)	54
5.3.4. TRIBUTILESTANHO	55
5.3.5. HIDROCARBONETOS E FENÓIS	55
5.3.6. ÓLEOS E GRAXAS	57
5.4. ECOTOXICIDADE	57

5.5. BIOTA	58
5.5.1. FITOPLÂNCTON.....	58
5.5.1.1. Composição específica.....	59
5.5.1.2. Riqueza	61
5.5.1.3. Análise Quantitativa.....	67
5.5.1.4. Estrutura da Comunidade Fitoplanctônica	73
5.5.2. ZOOPLÂNCTON	75
5.5.2.1. Caracterização da comunidade	75
5.5.2.1. Análise Quantitativa.....	83
5.5.2.2. Estrutura da Comunidade.....	86
5.5.3. ICTIOPLÂNCTON.....	88
5.5.3.1. Caracterização da comunidade	88
5.5.3.1. Análise Quantitativa.....	91
5.5.3.2. Estrutura da Comunidade.....	94
5.6. ANÁLISE INTEGRADA	96
6. CONCLUSÃO	102
7. EQUIPE	106
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	107

LISTA DE ANEXO

ANEXO A - Acreditação das análise e Testes Interlaboratoriais

ANEXO B – Laudo analítico I - química

ANEXO C – Laudo analítico II - toxicidade

ANEXO D – Laudo biológico – fitoplâncton

ANEXO E – Laudo biológico e Relatório de Tombo – zooplâncton

ANEXO F – Laudo biológico e Relatório de Tombo – ictioplâncton

ANEXO G – ABIO e Cartas de Aceite

LISTA DE FIGURAS

<i>Figura 1: Localização dos Campos de Bijupirá & Salema, Bacia de Campos (Datum SIRGAS 2000)..</i>	<i>4</i>
<i>Figura 2: FPSO Fluminense durante a 19ª Campanha de Monitoramento Ambiental</i>	<i>5</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>6</i>
<i>Figura 4: Embarcação Waterbuck utilizada durante a 19ª 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 19ª Campanha do Projeto de Monitoramento Ambiental nos Campos de Bijupirá & Salema. À esquerda o modelo Swift Plus, à direita o SBE 19 plus V2</i>	<i>8</i>
<i>Figura 6: Lançamento de garrafa oceanográfica (GO-FLO) durante a 19ª Campanha do Projeto de Monitoramento Ambiental nos Campos de Bijupirá & Salema.</i>	<i>9</i>
<i>Figura 7: Equipamentos utilizados na medição dos parâmetros físico-químicos in situ e na filtração para o Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos.</i>	<i>10</i>
<i>Figura 8: Amostragem de parâmetros a partir do desmame de garrafa oceanográfica, para o Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos.</i>	<i>10</i>
<i>Figura 9: Exemplo de representação de dados em um gráfico Box plot.</i>	<i>16</i>
<i>Figura 10: Momento de validação e tratamento dos dados de CTD.</i>	<i>16</i>
<i>Figura 11: Em sequência, rede de plâncton do tipo bongô, anotações do fluxômetro e manejo das amostras durante a 19ª Campanha do Projeto de Monitoramento Ambiental nos Campos de Bijupirá & Salema.....</i>	<i>19</i>
<i>Figura 12: Perfis de temperatura nas estações monitoradas durante a 19ª Campanha de Monitoramento Ambiental do FPSO Fluminense, campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos. ...</i>	<i>26</i>
<i>Figura 13: Perfis de salinidade nas estações monitoradas durante a 19ª Campanha de Monitoramento Ambiental do FPSO Fluminense, campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos.</i>	<i>27</i>
<i>Figura 14: Perfis de densidade nas estações monitoradas durante a 19ª Campanha de Monitoramento Ambiental do FPSO Fluminense, campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos.</i>	<i>28</i>
<i>Figura 15: Diagrama TS dos dados amostrados nas estações no entorno do FPSO Fluminense durante a 19ª campanha de Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos.</i>	<i>30</i>
<i>Figura 16: Distribuição das concentrações de Oxigênio Dissolvido (OD) nas estações no entorno da FPSO Fluminense durante a 19ª campanha de Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos.</i>	<i>31</i>
<i>Figura 17: Concentrações de Oxigênio Dissolvido (OD) observadas nesta e nas últimas Campanhas de Monitoramento Ambiental realizadas no campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos.</i>	<i>32</i>
<i>Figura 18: Valores de pH nas estações no entorno do FPSO Fluminense durante a 19ª campanha de Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos.....</i>	<i>33</i>
<i>Figura 19: Resultados de pH observados nesta e nas últimas Campanhas de Monitoramento Ambiental realizadas no do campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos.</i>	<i>33</i>

<i>Figura 20: Distribuição das concentrações de nitrato, nitrito e nitrogênio amoniacal nas estações no entorno do FPSO Fluminense durante a 19ª campanha de Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos.</i>	<i>35</i>
<i>Figura 21: Concentrações de nitrato e nitrito, observadas nesta e nas últimas Campanhas de Monitoramento Ambiental realizadas no campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos.</i>	<i>37</i>
<i>Figura 22: Concentrações de nitrogênio amoniacal, observadas nesta e nas últimas Campanhas de Monitoramento Ambiental realizadas no campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos.</i>	<i>37</i>
<i>Figura 23: Concentrações de fosfato observadas nas últimas Campanhas de Monitoramento Ambiental realizadas no campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos.</i>	<i>38</i>
<i>Figura 24: Concentrações de clorofila-a observadas nas últimas Campanhas de Monitoramento Ambiental realizadas no campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos.</i>	<i>39</i>
<i>Figura 25: Distribuição das concentrações de arsênio nas estações no entorno do FPSO Fluminense durante a 19ª campanha de Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos.</i>	<i>41</i>
<i>Figura 26: Distribuição das concentrações de bário nas estações no entorno do FPSO Fluminense durante a 19ª campanha de Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos.</i>	<i>42</i>
<i>Figura 27: Distribuição das concentrações de chumbo nas estações no entorno do FPSO Fluminense durante a 19ª campanha de Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos.</i>	<i>43</i>
<i>Figura 28: Distribuição das concentrações de manganês nas estações no entorno do FPSO Fluminense durante a 19ª campanha de Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos.</i>	<i>43</i>
<i>Figura 29: Distribuição das concentrações de alumínio dissolvido nas estações no entorno do FPSO Fluminense durante a 19ª campanha de Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos.</i>	<i>44</i>
<i>Figura 30: Distribuição das concentrações de ferro dissolvido nas estações no entorno do FPSO Fluminense durante a 19ª campanha de Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos.</i>	<i>44</i>
<i>Figura 31: Distribuição das concentrações de vanádio nas estações no entorno do FPSO Fluminense durante a 19ª campanha de Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos.</i>	<i>45</i>
<i>Figura 32: Distribuição das concentrações de boro nas estações no entorno do FPSO Fluminense durante a 19ª campanha de Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos.</i>	<i>46</i>
<i>Figura 33: Concentrações de boro observadas nas 13 últimas Campanhas de Monitoramento Ambiental realizadas no campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos.</i>	<i>46</i>
<i>Figura 34: Distribuição das concentrações de cromo nas estações no entorno do FPSO Fluminense durante a 19ª campanha de Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos.</i>	<i>47</i>

<i>Figura 35: Distribuição das concentrações de ferro total nas estações no entorno do FPSO Fluminense durante a 19ª campanha de Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos.</i>	47
<i>Figura 36: Distribuição das concentrações de selênio nas estações no entorno do FPSO Fluminense durante a 19ª campanha de Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos.</i>	48
<i>Figura 37: Distribuição das concentrações de urânio nas estações no entorno do FPSO Fluminense durante a 19ª campanha de Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos.</i>	49
<i>Figura 38: Distribuição das concentrações de zinco nas estações no entorno do FPSO Fluminense durante a 19ª campanha de Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos.</i>	49
<i>Figura 39: Distribuição das concentrações de fluoreto nas estações no entorno do FPSO Fluminense durante a 19ª campanha de Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos.</i>	51
<i>Figura 40: Concentrações de fluoreto observadas nas 12 últimas Campanhas de Monitoramento Ambiental realizadas no campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos.</i>	51
<i>Figura 41: Concentrações de radioisótopos observadas nas 13 últimas Campanhas de Monitoramento Ambiental realizadas no campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos.</i>	53
<i>Figura 42: Distribuição das concentrações de Carbono Orgânico Total (COT) nas estações no entorno do FPSO Fluminense durante a 19ª campanha de Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos.</i>	54
<i>Figura 43: Concentrações de COT observadas nas 12 últimas Campanhas de Monitoramento Ambiental no campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos.</i>	54
<i>Figura 44: Contribuição percentual das classes taxonômicas do microfitoplâncton identificadas nas estações de amostragem no entorno do FPSO Fluminense durante a 19ª campanha de Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos.</i>	60
<i>Figura 45: Número de táxons do nanoplâncton em cada profundidade nas cinco estações monitoradas durante a 19ª campanha de Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos.</i>	61
<i>Figura 46: Contribuição percentual da riqueza de táxons do nanoplâncton por categoria taxonômica nas cinco estações e em cada profundidade monitorada durante a 19ª campanha de Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos.</i>	62
<i>Figura 47: Número de táxons do microfitoplâncton em cada profundidade nas cinco estações monitoradas durante a 19ª campanha de Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos.</i>	63
<i>Figura 48: Contribuição percentual da riqueza de táxons por categoria taxonômica nas cinco estações e em cada profundidade monitorada durante a 19ª campanha de Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos.</i>	64

<i>Figura 49: Densidade celular (cel.L⁻¹) do nanofitoplâncton no entorno do FPSO Fluminense durante a 19ª campanha de Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos.</i>	<i>69</i>
<i>Figura 50: Densidade celular do microfitoplâncton (cel.L⁻¹) nas cinco estações monitoradas durante a 19ª campanha de Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos.</i>	<i>70</i>
<i>Figura 51: Contribuição percentual das categorias taxonômicas na densidade do microfitoplâncton no entorno da FPSO Fluminense durante a 19ª campanha de Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos.</i>	<i>72</i>
<i>Figura 52: Índice de diversidade (H') e de equitabilidade (J') da comunidade fitoplanctônica das cinco estações monitoradas na 19ª campanha de Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos.</i>	<i>73</i>
<i>Figura 53: Análise de agrupamento das amostras através do índice de similaridade de Bray–Curtis nas cinco estações monitoradas durante a 19ª campanha de Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos.</i>	<i>75</i>
<i>Figura 54: Contribuição média percentual das categorias taxonômicas do zooplâncton identificadas nas cinco estações monitoradas durante a 19ª campanha de Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos.</i>	<i>77</i>
<i>Figura 55: Número de táxon do zooplâncton nas cinco estações monitoradas durante a 19ª campanha de Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos.</i>	<i>77</i>
<i>Figura 56: Densidade do zooplâncton nas cinco estações monitoradas durante a 19ª campanha de Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos.</i>	<i>83</i>
<i>Figura 57: Abundância relativa (%) dos grupos dominantes coletados nas cinco estações monitoradas durante a 19ª campanha de Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos.</i>	<i>85</i>
<i>Figura 58: Abundância (%) dos copépodes dominantes coletados nas cinco estações monitoradas durante a 19ª campanha de Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos.</i>	<i>86</i>
<i>Figura 59: Índice de diversidade e de equitabilidade da comunidade zooplanctônica das cinco estações monitoradas na 19ª campanha de Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos.</i>	<i>87</i>
<i>Figura 60: Análise de agrupamento das amostras através do índice de similaridade de Bray–Curtis nas cinco estações monitoradas durante a 19ª campanha de Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos.</i>	<i>88</i>
<i>Figura 61: Contribuição percentual do número de táxons por grupos do ictioplâncton durante a 19ª campanha de Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos.</i>	<i>89</i>
<i>Figura 62: Número de táxons de ovos em cada estação durante a 19ª campanha de Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos.</i>	<i>90</i>
<i>Figura 63: Número de táxons em cada estação no entorno do FPSO Fluminense durante a 19ª campanha de Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos.</i>	<i>90</i>

<i>Figura 64: Densidade de ovos de peixes (ovos.100m⁻³) coletados no entorno do FPSO Fluminense durante a 19ª campanha de Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos.</i>	<i>92</i>
<i>Figura 65: Densidade de larvas de peixes (larvas.100m⁻³) coletados no entorno do FPSO Fluminense durante a 19ª campanha de Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos.</i>	<i>92</i>
<i>Figura 66: Percentual de larvas de peixes (%) no entorno do FPSO Fluminense durante a 19ª campanha de Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos.</i>	<i>94</i>
<i>Figura 67: Índice de diversidade e de equitabilidade da comunidade ictioplanctônica das cinco estações monitoradas na 19ª campanha de Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos.</i>	<i>95</i>
<i>Figura 68: Análise de agrupamento das amostras de ictioplâncton através do índice de similaridade de Bray–Curtis nas cinco estações monitoradas durante a 19ª campanha de Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos.</i>	<i>96</i>
<i>Figura 69: Análise de Ordenação de Coordenadas Principais (PCO) aplicada aos dados físico-químicos com resultados representativos e acima do limite de quantificação ou detecção considerando o fator (A) profundidade; e (B) espacialidade).</i>	<i>99</i>
<i>Figura 70: Análise n-MDS aplicada aos resultados de abundância da comunidade planctônica e dados físico-químicos.</i>	<i>100</i>
<i>Figura 71: Ordenação de Coordenadas Principais (PCO) aplicada aos dados da comunidade planctônica e físico-químicos.</i>	<i>101</i>

LISTA DE TABELAS

<i>Tabela 1: Coordenadas geográficas, distâncias e profundidades dos pontos de amostragem durante a 19ª Campanha do Projeto de Monitoramento Ambiental do FPSO Fluminense nos Campos de Bijupirá & Salema, Bacia de Campos (Datum SIRGAS2000).</i>	6
<i>Tabela 2: Metodologia de acondicionamento e preservação das amostras para a avaliação dos parâmetros físico-químicos durante a 19ª Campanha do Projeto de Monitoramento Ambiental nos Campos de Bijupirá & Salema. *- Parâmetros coletados em triplicata. **- Cobre dissolvido foi coletado em triplicata.</i>	10
<i>Tabela 3: Métodos empregados na análise dos parâmetros físico-químicos das amostras coletadas durante a 19ª Campanha de Monitoramento Ambiental no entorno do FPSO Fluminense.</i>	12
<i>Tabela 4: Códigos utilizados na 19ª Campanha para individualizar os organismos do microfitoplâncton de acordo com a forma e maior dimensão celular.</i>	21
<i>Tabela 5: Metais que apresentaram concentrações abaixo do Limite de Quantificação (LQ) nas estações no entorno do FPSO Fluminense durante a 19ª campanha de Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos.</i>	39
<i>Tabela 6: Concentrações de cobre dissolvido quantificadas nas estações e réplicas coletadas durante a 19ª campanha de Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos. SUP- superfície, ACTC – acima da termoclina, TC- termoclina.</i>	40
<i>Tabela 7: Resultados do teste de ecotoxicidade crônica no entorno do FPSO Fluminense durante a 19ª campanha de Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos.</i>	58
<i>Tabela 8: Número de táxons do microfitoplâncton e estatística descritiva das cinco estações monitoradas durante a 19ª campanha de Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos.</i>	63
<i>Tabela 9: Táxons do microfitoplâncton muito frequentes durante a 19ª campanha de Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos.</i>	65
<i>Tabela 10: Estatística descritiva do número de táxons das estações monitoradas durante as campanhas de Monitoramento Ambiental do entorno do FPSO Fluminense durante os anos de 2010 a 2022.</i>	65
<i>Tabela 11: Densidade celular (cel.L⁻¹) total, do microfitoplâncton e do nanofitoplâncton das cinco estações monitoradas durante a 19ª campanha de Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos.</i>	67
<i>Tabela 12: Densidade do fitoplâncton total (10⁶cel.L⁻¹) registradas nas Campanhas de Monitoramento Ambiental realizadas no entorno do FPSO Fluminense.</i>	68
<i>Tabela 13: Densidade celular (cel.L⁻¹) do microfitoplâncton total e das categorias taxonômicas identificadas nas cinco estações monitoradas durante 19ª campanha de Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos.</i>	71
<i>Tabela 14: Dez táxons de maior densidade celular (cel.L⁻¹) dentre o microfitoplâncton identificado nas cinco estações monitoradas durante a 19ª campanha de Monitoramento Ambiental do campo de</i>	

<i>Bijupirá e Salema, Bacia de Campos. Os valores de densidade apresentados referem-se à soma dos resultados das amostras (estações/profundidades).</i>	<i>72</i>
<i>Tabela 15: Valores de diversidade e equitabilidade da comunidade fitoplanctônica nas últimas Campanhas de Monitoramento Ambientais realizadas no entorno do FPSO Fluminense.</i>	<i>74</i>
<i>Tabela 16: Táxons muito frequentes (FO>70%) dos principais grupos durante a 19ª campanha de Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos (considerados apenas os níveis família, gênero e espécie).</i>	<i>79</i>
<i>Tabela 17: Táxons muito frequentes (FO>70%) nas 12 últimas Campanhas de Monitoramento Ambiental realizadas no entorno do FPSO Fluminense (considerados apenas espécies)</i>	<i>80</i>
<i>Tabela 18: Densidade zooplanctônica (ind.m⁻³) registradas nas Campanhas de Monitoramento Ambiental realizadas no entorno da plataforma FPSO Fluminense.</i>	<i>83</i>
<i>Tabela 19: Densidade zooplanctônica total e por grupos (com participação >0,1%) (ind.m⁻³) durante a 19ª campanha de Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos.</i>	<i>84</i>
<i>Tabela 20: Táxons de maior densidade na comunidade zooplanctônica coletada durante a 19ª campanha de Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos.</i>	<i>86</i>
<i>Tabela 21: Valores de diversidade e equitabilidade da comunidade zooplanctônica nas 12 últimas Campanhas de Monitoramento Ambiental realizadas no entorno do FPSO Fluminense.</i>	<i>87</i>
<i>Tabela 22: 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>91</i>
<i>Tabela 23: Densidade das larvas e ovos do ictioplâncton encontrados ao longo das campanhas do Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema.</i>	<i>93</i>
<i>Tabela 24: Densidade de larvas de peixes (larvas.100m⁻³) por família em cada estação no entorno do FPSO Fluminense durante a 19ª campanha de Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos.</i>	<i>94</i>
<i>Tabela 25: Variáveis abióticas e suas respectivas abreviaturas utilizadas na análise integrada dos dados da 19ª campanha de Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos.</i>	<i>96</i>
<i>Tabela 26: Resultados da análise DISTLM. Valores em negrito indicam correlações significativas (<0,05).</i>	<i>101</i>
<i>Tabela 27: Avaliação dos Objetivos, Metas, Indicadores e Resultados do PMA.</i>	<i>105</i>
<i>Tabela 28 - Relação da equipe técnica responsável pela elaboração do presente documento.</i>	<i>106</i>

1. INTRODUÇÃO

O atual relatório apresenta e discute os resultados da 19ª 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 a versão consolidada do PMA apresentada 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, assim como de acordo com o Parecer Técnico COPROD/CGMAC/DILIC Nº 90/2020, que solicitou uma revisão dos métodos analíticos empregados para a utilização daquele que possua limite de quantificação inferior à concentração máxima estabelecida pela legislação para o analito.

De acordo com 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.

A avaliação temporal da qualidade da água no entorno do FPSO Fluminense foi realizada a partir da comparação dos resultados da presente campanha com aqueles verificados na 7ª, 8ª, 9ª, 10ª, 11ª, 12ª, 13ª, 14ª, 15ª, 16ª, 17ª e 18ª campanhas (SHELL/AECOM, 2011a, 2011b, 2013, 2014, 2015, 2016, 2017, 2018 e SHELL/WITTOBRIENS, 2019, 2020 e 2021). 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, dezembro de 2018, março/abril de 2019, setembro de 2020 e julho de 2021, respectivamente. A atual campanha ocorreu durante os meses outubro e novembro de 2022.

É importante ressaltar que o Sistema de Produção e Escoamento de Petróleo e Gás no campo de Bijupirá & Salema está entrando em descomissionamento, já tendo encerrado sua produção em dezembro de 2021. Devido ao encerramento da produção não há mais geração constante de água produzida, mas ainda há volumes remanescentes nos tanques da unidade. Após o adequado enquadramento desse efluente, essa água produzida presente nos tanques é descartada no mar em eventos pontuais e de mais difícil previsão. Em 2022 ocorreram descartes em três momentos no primeiro semestre (em fevereiro, abril e maio) e estava previsto um descarte no segundo semestre. A realização da campanha deste PMA foi programada para ocorrer de forma simultânea a esse descarte no segundo semestre, porém o descarte não se efetivou. Considerando a proximidade do encerramento do ano, a campanha foi realizada, mantendo o atendimento ao projeto, requerido como condicionante da licença de operação vigente, e buscando representar a qualidade ambiental atual no entorno da unidade.

Cabe mencionar também que a empresa responsável pela implementação do PMA do FPSO Fluminense durante o período de abrangência desse relatório foi a EnvironPact Sustentabilidade e Resiliência, anteriormente denominada Witt O' Brien's Brasil. Ressalta-se que, em fevereiro de 2023, a Witt O' Brien's Brasil, passou a fazer parte integral do grupo OceanPact, sendo agora denominada EnvironPact Sustentabilidade e Resiliência ("EnvironPact"). Assim, tendo em vista essa alteração da marca no período de finalização da campanha de 2022, especialmente durante a elaboração do relatório, alguns documentos apresentados nos anexos ainda estão com a nomeação antiga da empresa.

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, atenda 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.

Embora, excepcionalmente, não tenham ocorrido descartes de água produzida durante o momento da coleta, são mantidos neste documento o objetivo e meta do projeto original, mantendo-se a pertinência da comparação com os limites definidos pela resolução CONAMA 357/05.

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 23% da produção nacional de óleo e 9% da produção nacional de gás (ANP, 2022).

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., 2006). 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).

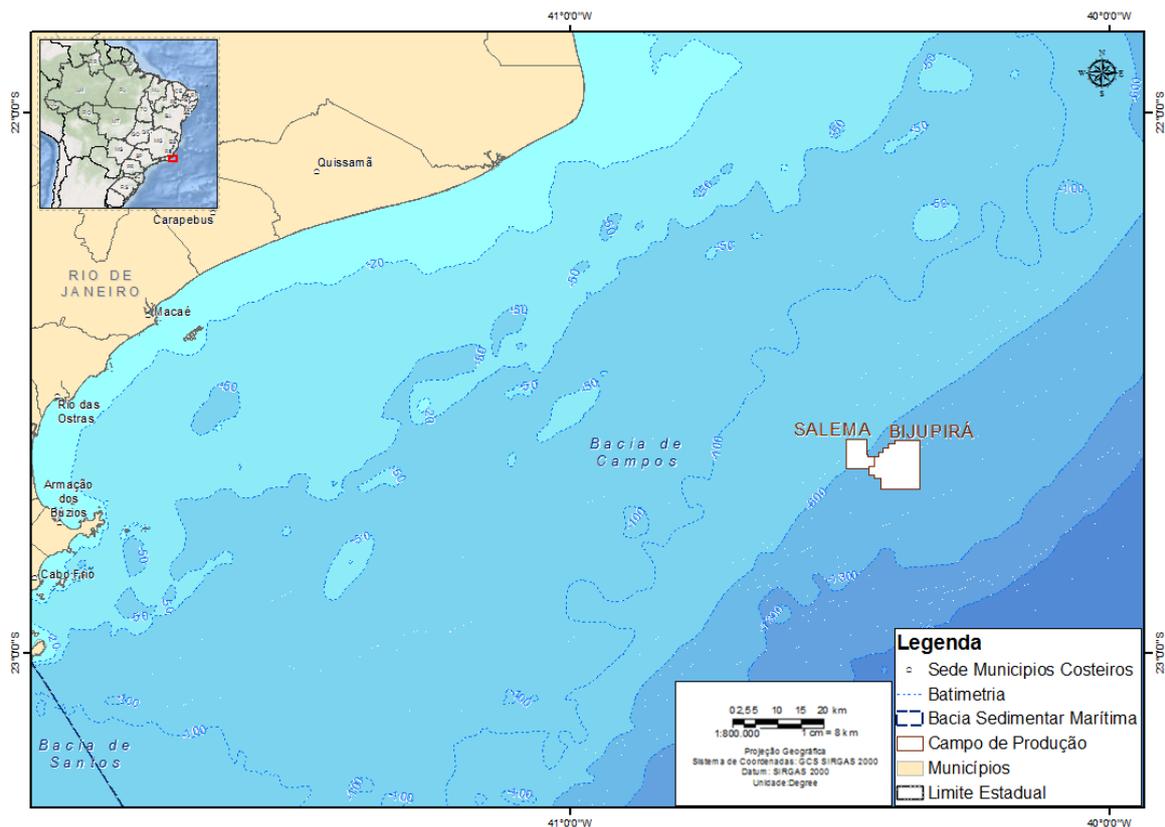


Figura 1: Localização dos Campos de Bijupirá & Salema, Bacia de Campos (Datum SIRGAS 2000).

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*, conseqüentemente, o ponto de descarte também pode variar. Ressaltado-se que foi mantida a mesma referência do projeto e campanhas pretéritas, vito que durante as campanhas pretéritas as coletas foram realizadas enquanto estava sendo realizado descarte (Figura 2).



Figura 2: FPSO Fluminense durante a 19ª Campanha de Monitoramento Ambiental

Apesar de não haver descarte durante a campanha atual, a definição dos pontos de amostragem continuou tendo como referências o ponto de descarte de água produzida e a direção da corrente para estabelecer as radiais de 200, 500 e 1000m. Sendo assim, as amostragens de água, visando às análises físico-químicas, foram realizadas em 11 pontos distribuídas nestas três radiais. As duas estações a 1.000m do ponto de descarte foram as estações controle.

Com relação às profundidades de coleta, foram pré-definidas três estratos base, superfície (SUP), acima da termoclina (ACTC) e termoclina (TC), sendo as profundidades em si definidas a partir do lançamento de CTD, para perfilagem da coluna d'água. 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.

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, visto que o FPSO é passível de giro livre a partir do turrete. 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 19ª 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**.

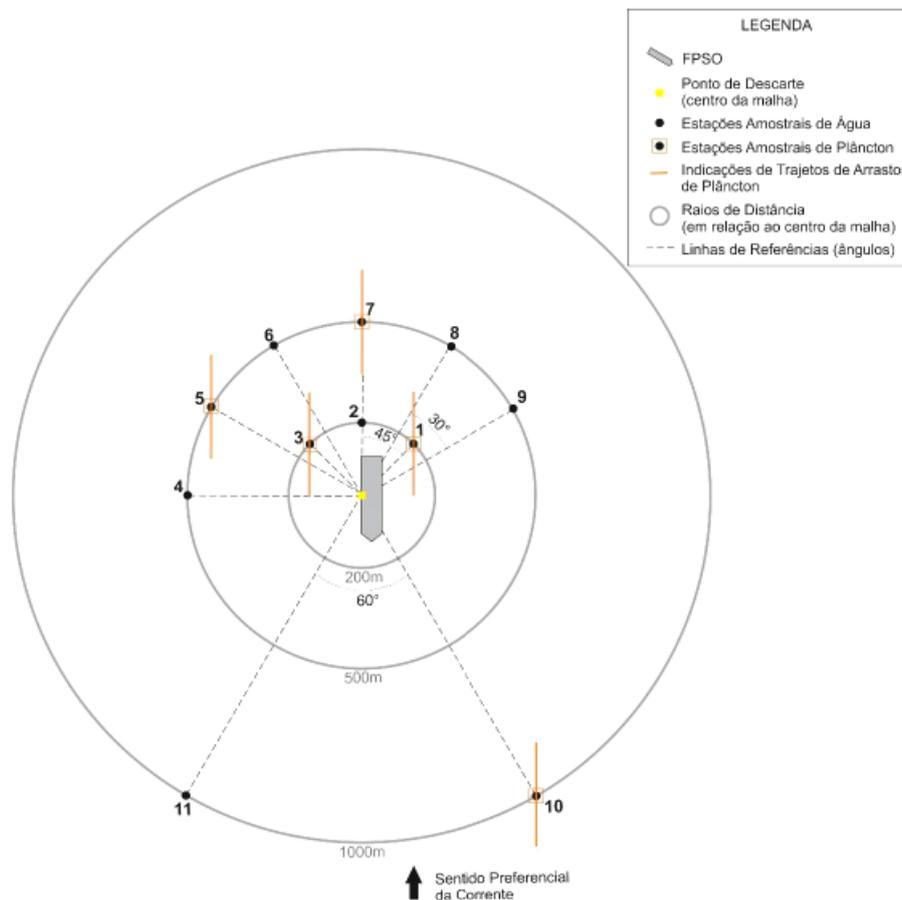


Figura 3: Esquema da malha amostral do compartimento água, conforme previsto no PMA - Projeto de Monitoramento Ambiental nos Campos de Bijupirá & Salema no entorno do FPSO Fluminense.

Tabela 1: Coordenadas geográficas, distâncias e profundidades dos pontos de amostragem durante a 19ª 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	13/11/2022	- 22°39,24109	- 40°25,61895	200m	5	50	100
2	16/11/2022	- 22°39,19089	- 40°25,74519	200m	5	50	100
3	16/11/2022	- 22°39,25956	- 40°25,63342	200m	5	50	100
4	17/11/2022	- 22°39,32459	- 40°25,43678	500m	5	50	100
5	16/11/2022	- 22°39,375	- 40°25,570	500m	5	50	100
6	01/11/2022	- 22°39,40823	- 40°25,71089	500m	5	70	140

Tabela 1: Coordenadas geográficas, distâncias e profundidades dos pontos de amostragem durante a 19ª 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***
7	01/11/2022	- 22°39,32578	- 40°25,88890	500m	5	70	140
8	30/10/2022	- 22°39,17645	- 40°26,00156	500m	5	70	140
9	30/10/2022	- 22°38,99484	- 40°26,01867	500m	5	70	140
10	24/10/2022	- 22°39,15007	- 40°25,07011	1000m	5	65	130
11	29/10/2022	- 22°38,87067	- 40°25,09647	1000m	5	70	140

* *Subsuperfície* ** *Acima da Termoclina* *** *Termoclina*

4. MÉTODOS

As coletas da 19ª Campanha do Projeto de Monitoramento Ambiental nos Campos de Bijupirá & Salema foram realizadas ao longo de três períodos: entre dias 19 de outubro a 25 de outubro; 28 de outubro a 03 de novembro de 2022; e 12 de novembro a 18 de novembro, a bordo da embarcação Waterbuck (**Figura 4**), contemplando 11 estações amostrais. A presente campanha precisou ser realizada em diferentes períodos, devido à passagem de frentes frias ao longo dos meses de outubro e novembro.



Figura 4: Embarcação Waterbuck utilizada durante a 19ª 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 11 estações representadas no item Malha Amostral (**Item 3.1**).

Para a realização das perfilagens de temperatura, salinidade e densidade foram utilizados equipamentos CTD de duas marcas distintas: Swift Plus e SBE 19 plus V2, (**Figura 5**). O equipamento foi lançado com auxílio de um guincho com cabo de aço, a uma velocidade aproximada de $0,3 \text{ m.s}^{-1}$. O equipamento foi configurado, antes de cada lançamento, para amostragem contínua a uma taxa de 1 Hz. Destaca-se que a partir do primeiro lançamento de CTD que foram definidas as profundidades de coleta a serem consideradas, a partir da análise da perfilagem da coluna d'água. As profundidades definidas foram então replicadas para as estações. No caso da FPSO FLU esta definição ocorreu mais de uma vez, em decorrência do período temporal espaçado entre as coletas.



Figura 5: Lançamento de CTD durante a 19ª Campanha do Projeto de Monitoramento Ambiental nos Campos de Bijupirá & Salema. À esquerda o modelo Swift Plus, à direita o SBE 19 plus V2

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

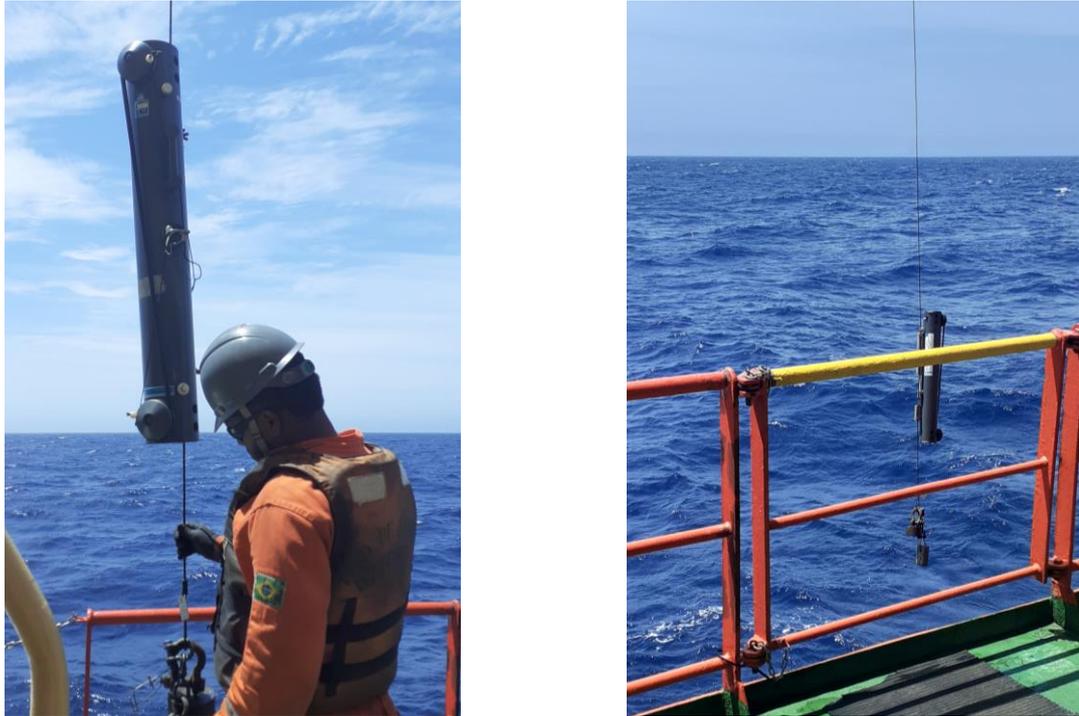


Figura 6: Lançamento de garrafa oceanográfica (GO-FLO) durante a 19ª Campanha do Projeto de Monitoramento Ambiental nos Campos de Bijupirá & Salema.

A primeira alíquota da água coletada foi destinada à medição dos parâmetros oxigênio dissolvido e pH através de sensores portáteis, seguidas por amostragens de BTEX e clorofila-a. Posteriormente, amostrava-se alíquotas para os parâmetros voláteis e semi-voláteis, sucedidos pelos demais parâmetros (**Figura 7**).

Em campo, uma alíquota de 2L de amostra de cada estação foi filtrada para análise de clorofila-a (análise do filtro), a água filtrada foi acondicionada em frascos para posterior análise de nutrientes e metais dissolvidos. A filtração em campo da água a ser analisada para esses parâmetros tem o objetivo de evitar alterações nas concentrações pela presença de interferentes e aumentar o tempo de preservação.



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

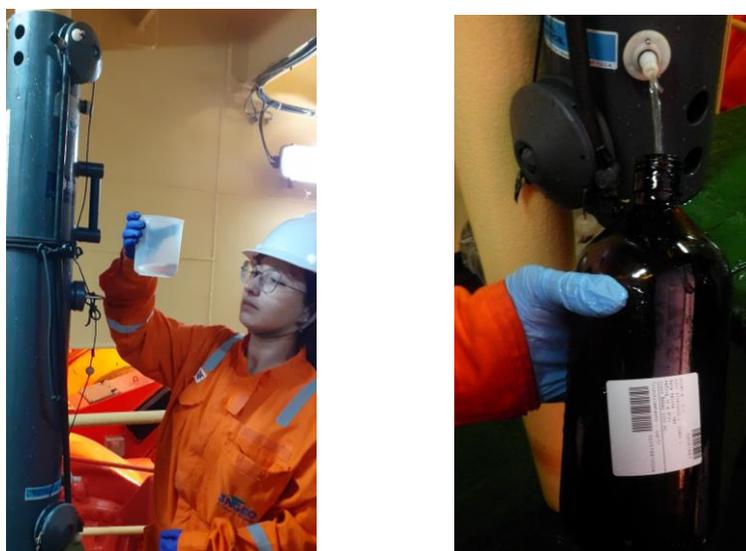


Figura 8: Amostragem de parâmetros a partir do desmame de garrafa oceanográfica, para o Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos.

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

Tabela 2: Metodologia de acondicionamento e preservação das amostras para a avaliação dos parâmetros físico-químicos durante a 19ª Campanha do Projeto de Monitoramento Ambiental nos Campos de Bijupirá & Salema. *- Parâmetros coletados em triplicata.- Cobre dissolvido foi coletado em triplicata.**

Análises	Frasco – Volume - Preservante	Acondicionamento	Laboratório Responsável
Tributilestanho*	3 Âmbar - 1L cada - Sem preservante	Refrigeração	Hidroquímica
HPA	Âmbar - 1L - Sem preservante	Refrigeração	

Tabela 2: Metodologia de acondicionamento e preservação das amostras para a avaliação dos parâmetros físico-químicos durante a 19ª Campanha do Projeto de Monitoramento Ambiental nos Campos de Bijupirá & Salema. *- Parâmetros coletados em triplicata.- Cobre dissolvido foi coletado em triplicata.**

Análises	Frasco – Volume - Preservante	Acondicionamento	Laboratório Responsável	
HTP	Âmbar - 1L - Sem preservante	Refrigeração		
PCBs	Âmbar - 1L - Sem preservante	Refrigeração		
Fenóis	Frascos polietileno - 500 mL – H ₂ SO ₄	Refrigeração		
BTEX	2 Vials – 40 mL cada - HCl	Refrigeração		
Fluoreto, Fosfato, Cloro residual* e Surfactantes (MBAS)	PET – 1 L – Sem preservante	Refrigeração		
Cloro residual*	2 Frascos plástico ou vidro – 100 mL cada – Sem preservante	Refrigeração		
Óleos e Graxas	Vidro de boca larga - 500 mL - HCl	Refrigeração		
Cianetos*	3 Frascos polietileno – 300 mL cada – NaOH	Refrigeração		
Nitrogênio	Frascos polietileno – 70 mL – H ₂ SO ₄	Congelamento		
Metais Totais e Mercúrio	Frascos polietileno – 70 mL – HNO ₃	Refrigeração		
Metais dissolvidos**	3 Frascos polietileno – 70 mL cada – HNO ₃	Refrigeração		
Carbono Orgânico Total	Frascos polietileno – 70 mL – H ₂ SO ₄	Refrigeração		
Nitrato e Nitrito	Frascos polietileno – 70 mL – Sem preservante	Congelamento		
Sulfeto de hidrogênio	Frascos polietileno – 70 mL – Acetato de Zinco 2N e NaOH	Refrigeração		
Clorofila a	Vidro âmbar e filtro de celulose - 2L – Sem preservante	Congelamento		
Radio-226/ Radio-228	2 Polietilenos - 1 L - HNO ₃	Refrigerar ≤ 6°C		LabÁguas
Ecotoxicidade Aguda	Frascos polietileno – 1L – Sem preservante	Congelamento		Labtox/UFRJ
Ecotoxicidade Crônica	Frascos polietileno – 500mL – Sem preservante	Congelamento		

Destaca-se que a partir da análise do relatório do PMA do FPSO Fluminense de 2018 pelo IBAMA, o Parecer Técnico COPROD/CGMAC/DILIC Nº 90/2020 solicitou revisão dos métodos analíticos empregados para que os limites de quantificação (LQ's) fossem inferiores à concentração máxima estabelecida pela legislação ambiental para o analito.

Os parâmetros cujo parecer indicou a necessidade de redução do LQ foram cianeto, sulfetos, cloro residual total, tributilestanho e mercúrio. Assim como para a campanha de 2020, a SHELL buscou junto ao laboratório responsável pelas análises químicas (HCSOL - Hidroquímica) atender a esta solicitação, tendo alcançado este objetivo para sulfeto e mercúrio, no entanto, cianeto, cloro residual e tributilestanho permaneceram iguais aos limites

da CONAMA 357/05. Além dos parâmetros citados no Parecer Técnico o método analítico utilizado pelo laboratório para o parâmetro cobre dissolvido também apresentou LQ equivalente ao máximo estabelecido pela referida Resolução.

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

4.1.2. Métodos de Análise

4.1.2.1. Análises Laboratoriais

Em laboratório foram realizadas as análises nas amostras de água seguindo os métodos cujas referências são representadas a seguir, os protocolos seguem majoritariamente recomendações do Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (SM) (APHA, AWWA, AEF, 2005) e da US Environmental Protection Agency (USEPA) (**Tabela 3**).

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

Tabela 3: Métodos empregados na análise dos parâmetros físico-químicos das amostras coletadas durante a 19ª Campanha de Monitoramento Ambiental no entorno do FPSO Fluminense.

Parâmetro	Método Analítico	Limite de Quantificação (LQ)	Limite de Detecção (LD)	Limite Resolução CONAMA 357/05 água salina classe 1
Benzeno - BTEX (VOC)	EPA 8260 D / 5021 A	0,028 µg.L ⁻¹	0,008 µg.L ⁻¹	700 µg.L ⁻¹
Etilbenzeno - BTEX (VOC)	EPA 8260 D / 5021 A	0,028 µg.L ⁻¹	0,008 µg.L ⁻¹	25 µg.L ⁻¹
Tolueno - BTEX (VOC)	EPA 8260 D / 5021 A	0,028 µg.L ⁻¹	0,008 µg.L ⁻¹	215 µg.L ⁻¹
m,p-Xilenos	EPA 8260 D / 5021 A	0,056 µg.L ⁻¹	0,017 µg.L ⁻¹	-
o-Xileno	EPA 8260 D / 5021 A	0,028 µg.L ⁻¹	0,008 µg.L ⁻¹	-
Carbono Orgânico Total (COT)	SMWW 5310 B	0,5 mg.L ⁻¹	0,15 mg.L ⁻¹	3,0 mg.L ⁻¹
Cianeto livre	SMWW 4500-CN- I	0,001 mg.L ⁻¹	0,0003 mg.L ⁻¹	0,001 mg.L ⁻¹

Tabela 3: Métodos empregados na análise dos parâmetros físico-químicos das amostras coletadas durante a 19ª Campanha de Monitoramento Ambiental no entorno do FPSO Fluminense.

Parâmetro	Método Analítico	Limite de Quantificação (LQ)	Limite de Detecção (LD)	Limite Resolução CONAMA 357/05 água salina classe 1
Cloro residual total (combinado + livre) ³	SMWW 4500-CI G	0,01 mg.L ⁻¹	0,003 mg.L ⁻¹	0,01 mg.L ⁻¹
Clorofila-a	SMEWW 10200 H - Chlorophyll II	0,01 µg.L ⁻¹	0,003 µg.L ⁻¹	-
Fenóis Totais	SMWW 5530 C	1 µg.L ⁻¹	0,3 µg.L ⁻¹	60 µg.L ⁻¹
Fluoreto Total	SMEWW 4500-F. C - Ion Selective Electrode Method.	0,1 mg.L ⁻¹	0,03 mg.L ⁻¹	1,4 mg.L ⁻¹
Fosfato	SMWW 4500-P E	0,06 mg.L ⁻¹	0,018 mg.L ⁻¹	-
HPA (16 prioritários + HPA Total)	EPA 8270 E / 3510 C	0,005 µg.L ⁻¹	0,0015 µg.L ⁻¹	-
HTPs (C10 a C29, pristano, fitano, n-alcenos, MCNR, HRP e HTP Total)	EPA 8015 D / 3510 C	1 µg.L ⁻¹	0,3 µg.L ⁻¹	-
Metais - Arsênio (As)	ICP-MS: EPA 6020 B / 200.8	0,0001 mg.L ⁻¹	0,00003 mg.L ⁻¹	0,01 mg.L ⁻¹
Metais - Bário (Ba)	ICP-MS: EPA 6020 B / 200.8	0,0005 mg.L ⁻¹	0,00015 mg.L ⁻¹	1,0 mg.L ⁻¹
Metais - Berílio (Be)	ICP-MS: EPA 6020 B / 200.8	0,0002 mg.L ⁻¹	0,00006 mg.L ⁻¹	0,0053 mg.L ⁻¹
Metais - Boro (B)	ICP-MS: EPA 6020 B / 200.8	0,05 mg.L ⁻¹	0,015 mg.L ⁻¹	5,0 mg.L ⁻¹
Metais - Cádmio (Cd)	ICP-MS: EPA 6020 B / 200.8	0,0005 mg.L ⁻¹	0,00015 mg.L ⁻¹	0,005 mg.L ⁻¹
Metais - Chumbo (Pb)	ICP-MS: EPA 6020 B / 200.8	0,0002 mg.L ⁻¹	0,00006 mg.L ⁻¹	0,01 mg.L ⁻¹
Metais - Cobre (Cu)	ICP-MS: EPA 6020 B / 200.8	0,005 mg.L ⁻¹	0,0015 mg.L ⁻¹	-
Metais - Cromo (Cr)	ICP-MS: EPA 6020 B / 200.8	0,0005 mg.L ⁻¹	0,00015 mg.L ⁻¹	0,05 mg.L ⁻¹
Metais - Ferro (Fe)	ICP-MS: EPA 6020 B / 200.8	0,005 mg.L ⁻¹	0,0015 mg.L ⁻¹	-
Metais - Manganês (Mn)	ICP-MS: EPA 6020 B / 200.8	0,001 mg.L ⁻¹	0,0003 mg.L ⁻¹	0,1 mg.L ⁻¹
Metais - Mercúrio (Hg)	EPA 6020 B / 200.8	0,00009 mg.L ⁻¹	0,00003 mg.L ⁻¹	0,0002 mg.L ⁻¹
Metais - Níquel (Ni)	ICP-MS: EPA 6020 B / 200.8	0,001 mg.L ⁻¹	0,0003 mg.L ⁻¹	0,025 mg.L ⁻¹
Metais - Prata (Ag)	ICP-MS: EPA 6020 B / 200.8	0,0005 mg.L ⁻¹	0,00015 mg.L ⁻¹	0,005 mg.L ⁻¹
Metais - Selênio (Se)	ICP-MS: EPA 6020 B / 200.8	0,001 mg.L ⁻¹	0,0003 mg.L ⁻¹	0,01 mg.L ⁻¹
Metais - Tálcio (Tl)	ICP-MS: EPA 6020 B / 200.8	0,0005 mg.L ⁻¹	0,00015 mg.L ⁻¹	0,1 mg.L ⁻¹
Metais - Urânio (U)	ICP-MS: EPA 6020 B / 200.8	0,00005 mg.L ⁻¹	0,000015 mg.L ⁻¹	0,5 mg.L ⁻¹

Tabela 3: Métodos empregados na análise dos parâmetros físico-químicos das amostras coletadas durante a 19ª Campanha de Monitoramento Ambiental no entorno do FPSO Fluminense.

Parâmetro	Método Analítico	Limite de Quantificação (LQ)	Limite de Detecção (LD)	Limite Resolução CONAMA 357/05 água salina classe 1
Metais - Vanádio (V)	ICP-MS: EPA 6020 B / 200.8	0,0005 mg.L ⁻¹	0,00015 mg.L ⁻¹	-
Metais - Zinco (Zn)	ICP-MS: EPA 6020 B / 200.8	0,05 mg.L ⁻¹	0,015 mg.L ⁻¹	0,09 mg.L ⁻¹
Metais dissolvidos - Alumínio (Al); Cobre (Cu); Ferro (Fe)	ICP-MS: EPA 6020 B / 200.8	0,005 mg.L ⁻¹	0,0015 mg.L ⁻¹	1,5 mg.L ⁻¹
Nitrato	D09727_02_Insert_Environmetal_TON Vanadium Vanadium Chloride reduction - Part Thermo Fisher Scientific	0,05 mg.L ⁻¹	0,015 mg.L ⁻¹	0,40 mg.L ⁻¹
Nitrito	SMWW 4500 NO2 - B	0,003 mg.L ⁻¹	0,0009 mg.L ⁻¹	0,07 mg.L ⁻¹
Nitrogênio amoniacal total	SMWW 4500-NH3 F	0,01 mg.L ⁻¹	0,003 mg.L ⁻¹	0,40 mg.L ⁻¹
Óleos e Graxas	SMWW 2110	Presença/Ausência	Presença/Ausência	Virtualmente ausentes
PCBs (28, 52, 101, 118, 138, 153, 180)	EPA 8270 E /3510 C	0,000064 µg.L ⁻¹	0,000021 µg.L ⁻¹	0,03 µg.L ⁻¹
Radioisótopos (Ra 226)	7500 D (adaptado) do Standard Methods for the Examination of Water & Wastewater - 2005 - 21st Edition	0,01 Bq.L ⁻¹	0,0033 Bq.L ⁻¹	-
Radioisótopos (Ra 228)	7501 D (adaptado) do Standard Methods for the Examination of Water & Wastewater - 2005 - 21st Edition	0,02 Bq.L ⁻¹	0,0066 Bq.L ⁻¹	-
Sulfeto	SMWW 4500-S ²⁻ C , D e H.	0,0015 mg.L ⁻¹	0,0005 mg.L ⁻¹	0,002 mg.L ⁻¹
Surfactantes (substâncias tensoativas que reagem com o azul de metileno) - MBAS	SMWW 5540C	0,1 mg.L ⁻¹	0,03 mg.L ⁻¹	0,2 mg.L ⁻¹
Tributilestanho	SMWW 6720 B	0,01 µg.L ⁻¹	0,003 µg.L ⁻¹	0,01 µg.L ⁻¹

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

4.1.2.2. 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 “<LQ” ou “<LD”, porém o valor exato do limite é sempre mencionado, seja ao longo do texto ou no **Item 4.1.2.**

Utilizou-se como valores de referência os limites estipulados pela Resolução CONAMA nº 357/05 para Águas Salina - Classe 1. Sempre que o n-amostral permitiu (considerando os resultados que estiveram acima do LQ das análises laboratoriais), foi testada a diferença significativa entre os resultados encontrados a 200, 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. Aponta-se que para realização desta análise considerou-se apenas amostras com um n-amostral significativo (a partir de três resultados quantificados). 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 9**:

- **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).

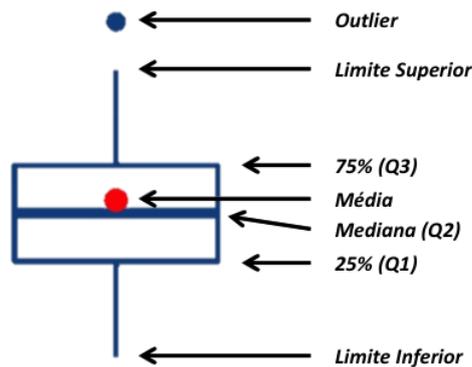


Figura 9: Exemplo de representação de dados em um gráfico *Box plot*.

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 (Figura 10), 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.
- Planilha de dados (interpolador matemático – Cubic Splin)



Figura 10: Momento de validação e tratamento dos dados de CTD.

Ao fim do relatório, é feita uma análise integrada dos dados físico-químicos e biológicos avaliados na 19ª campanha de Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema.

Para a realização da análise integrada, devido ao fato de cada parâmetro apresentar unidades de grandezas distintas, primeiramente os dados foram transformados ($\log x+1$) e, posteriormente normalizados. Destaca-se que para realização da análise foram considerados parâmetros com aos menos três resultados quantificados.

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

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

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

4.2. Biota

4.2.1. Métodos de Campo

Fitoplâncton

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

Zooplâncton

O zooplâncton foi coletado no período noturno através de arrastos oblíquos desde a profundidade de 200 m até a superfície em cinco estações de coleta (1, 3, 5, 7 e 10). Em cada arrasto, foi utilizada uma rede bongô composta por dois aros de 0,6 m de diâmetro e duas redes cilíndrico-cônicas de 2,50 m de comprimento, a estrutura da bongô foi utilizada para os arrastos de zooplâncton e ictioplâncton simultaneamente (**Figura 11**). A malha da rede de zooplâncton utilizada foi de 200 μm de abertura (**Figura 11**). Foi acoplado um fluxômetro (General Oceanics®), previamente aferido, no centro do aro para estimar o volume de água filtrada (m^3) e um depressor junto ao copo coletor. O tempo médio dos arrastos foi de 10 minutos.

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

Ictioplâncton

Os ovos e as larvas de peixes foram coletados em cinco estações oceanográficas no entorno do FPSO 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 μm para análise do ictioplâncton. Foram feitos arrastos oblíquos desde 200 m de profundidade até a superfície com duração média de 10 minutos, com velocidade entre 1,8 e 2,0 nós. Assim como para o zooplâncton, foi utilizado um fluxômetro acoplado ao aro da rede para possibilitar as medições de volume filtrado. O ângulo do cabo da rede foi mantido entre 45° e 60°. Logo após as coletas, as amostras foram fixadas com solução de formaldeído diluído a 4% em água do mar e tamponado com tetraborato de sódio.

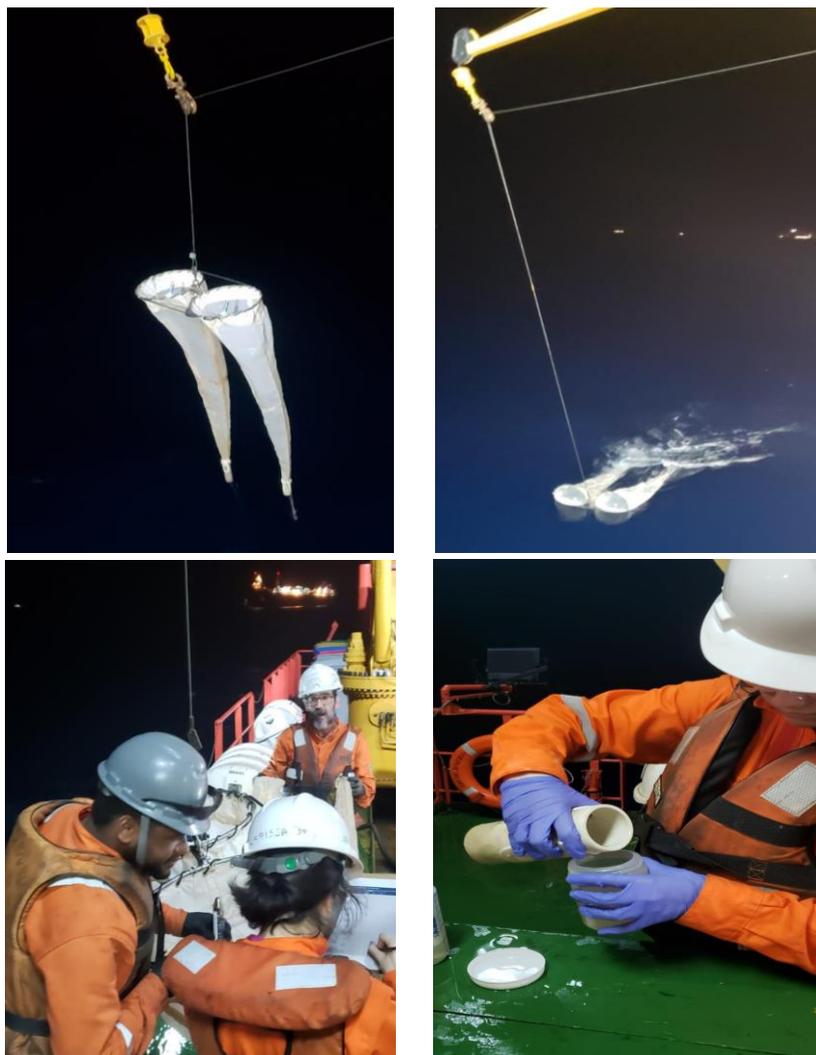


Figura 11: Em seqüência, rede de plâncton do tipo bongô, anotações do fluxômetro e manejo das amostras durante a 19ª Campanha do Projeto de Monitoramento Ambiental nos Campos de Bijupirá & Salema.

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 microscópios invertidos Nikon TS100F e Coleman NIB-100, sob o aumento final de 400X, com contraste de fase. Os organismos presentes foram quantificados em campos aleatórios até atingir o mínimo de 400 unidades sedimentadas. A identificação em nível específico requer um tratamento diferenciado das amostras desde a coleta até a análise (SOURNIA,

1978; BERGESCH *et al.*, 2008; BICUDO & MENEZES, 2017). Dessa forma, os organismos foram categorizados em nanoplâncton não identificado ou em um nível taxonômico mais abrangente.

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

O microfitoplâncton, organismos maiores de 20 µm, foi analisado quali-quantitativamente, sempre que possível em nível de espécie, a partir da contagem de um mínimo de 100 unidades sedimentadas, sob aumento final de 200X, para garantir uma margem de erro inferior a 20% (LUND *et al.*, 1958). Neste caso, uma unidade sedimentada pode corresponder a uma célula individual, uma cadeia de células ou a um filamento. A identificação das células baseou-se no conceito morfológico de espécie (MSC – Morphological Species Concept) (**Tabela 4**).

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

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

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

Esses sistemas são continuamente adaptados a partir dos novos conhecimentos adquiridos através de estudos taxonômicos e genéticos (YOUNG *et al.*, 2003; JORDAN *et al.*, 2004; MEDLIN & KACZMARSKA, 2004; GÓMEZ, 2012, 2021; GÓMEZ *et al.*, 2016, KOMÁREK *et al.*, 2014; KRETSCHMANN *et al.*, 2015; MEDLIN, 2016; BOUTRUP *et al.*, 2016; MOESTRUP & CALADO, 2018; ADL *et al.*, 2018), portanto, algumas espécies foram

reenquadradas em novas classes, ordens e famílias. Desta forma, quando necessário, foi feita a atualização da classificação baseada em informações pertinentes adquiridas através do portal Algaebase (GUIRY & GUIRY, 2023) fundamentada com bibliografia especializada.

Em virtude da metodologia utilizada, alguns caracteres morfológicos necessários à identificação em nível específico nem sempre são evidenciados. Deste modo, visando minimizar o erro na avaliação da riqueza de espécies (expressa pelo número de táxons por amostra), para alguns organismos, utilizou-se a individualização em categorias taxonômicas mais amplas (classe, ordem e família), segundo sua forma e dimensão celular. Os valores quantitativos foram expressos em unidades de densidade (cel.L⁻¹).

A identificação dos organismos foi realizada de acordo com os trabalhos de Cupp (1943), Hasle&Syvertsen (1997), Wood (1968), Taylor (1976), Steidinger&Tangen (1997) e Komárek&Anagnostidis (1989, 2005 e 2014). 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 (2014) para as cianobactérias, Heimdal (1997) para os coccolitoforídeos e Throndsen (1997) para silicoflagelados e euglenófitas.

Tabela 4: Códigos utilizados na 19ª Campanha para individualizar os organismos do microfitoplâncton de acordo com a forma e maior dimensão celular.

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

Análise dos Dados

A diversidade específica do microfitoplâncton foi determinada a partir do índice de Shannon-Wiener, definido pela equação $H' = - \sum p_i \log_e p_i$, onde $p_i = N_i/N$, sendo N_i = número de indivíduos do táxon i e N = densidade total da amostra. O índice de Pielou, dado pela equação $H'/\log_e S$, onde H' é a diversidade e S o número de táxons na amostra, foi utilizado

para calcular a equitabilidade das amostras. Os cálculos foram efetuados no programa PRIMER PERMANOVA versão 7.

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

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, Chaetognatha, Appendicularia, Doliolida, Salpida e Pyrosomida, importantes na caracterização da comunidade local, foram identificados a níveis taxonômicos inferiores, utilizando-se bibliografia especializada: Onbé (1999) para Branchiopoda; Dias & Araujo (2006) para Copepoda; Avila *et al.* (2006) para Chaetognatha; Bonecker & Carvalho (2006) para Appendicularia; Bonecker & Quintas (2006a) para Doliolida, Bonecker & Quintas (2006b) para Salpida, e Soest (1981) para Pyrosomida. A referência Bonecker *et al.* (2014) foi utilizada para a identificação de todos os grupos citados acima. Os demais grupos foram todos quantificados: Filo Foraminifera, Filo Cnidaria, Filo Mollusca, Filo Annelida e Filo Arthropoda (Subclasse Cirripedia, Classe Malacostraca e a Classe Ostracoda). Esses grupos não são tombados, uma vez que não são identificados a níveis taxonômicos inferiores. Os ovos e as larvas de peixes (Classe Osteichthyes) registrados nas amostras de zooplâncton não são identificados, pois o tamanho da malha utilizada não é o mais indicado para esses organismos e por este motivo não são tombados.

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

A classificação dos táxons zooplanctônicos identificadas no presente estudo foram atualizados de acordo com WORMS (2023), que é um site fundamentado em bibliografia especializada, a partir dos novos conhecimentos adquiridos através de estudos taxonômicos e genéticos. Por isso alguns táxons foram reenquadradas em novas classes, ordens e famílias.

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 (m³); a= área da boca da rede (m²); n= número de rotações do fluxômetro (rot) e c= fator de aferição do fluxômetro após calibração do aparelho (m.rot⁻¹).

Análise dos dados

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

Ictioplâncton

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

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

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

Os organismos foram identificados sob microscópio estereoscópico Zeiss modelo Stemi SV6, até o menor nível taxonômico possível. Nessa etapa utilizou-se a seguinte bibliografia: Richards (2006), Bonecker & Castro (2006), Fahay (2007) e Bonecker *et al.* (2014). As larvas vitelínicas e/ou danificadas ficaram como não identificadas. O inventário de larvas de

peixes seguiu a classificação de Nelson *et al.* (2016). Todos os nomes de famílias e espécies de peixes identificadas foram checados e atualizados segundo Fricke *et al.* (2022).

Análise dos Dados

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

5. RESULTADOS

Este item apresenta e discute os resultados das análises da água e da comunidade planctônica referente à 19ª Campanha de Monitoramento Ambiental no campo de Bijupirá e Salema, na Bacia de Campos. Destaca-se que ao longo da discussão são apresentadas comparações com os resultados das últimas campanhas deste PMA (7ª a 18ª Campanha) e com áreas similares. Os laudos analíticos são disponibilizados no **ANEXO B** (resultados químicos), **ANEXO C** (resultados de toxicidade), **ANEXO D** (resultados de fitoplâncton), **ANEXO E** (resultados de zooplâncton) e **ANEXO F** (resultados de ictioplâncton). Os **ANEXOS E** e **F** também apresentam as informações de Tombo do zooplâncton e do ictioplâncton, respectivamente. Já o **ANEXO G** apresenta a Autorização de Captura, Coleta e Transporte de Material Biológico (ABIO) concedida pela CGMAC/IBAMA para a amostragem do material biológico, assim como a Declaração de Recebimento das Amostras pela Instituição Depositária.

5.1. Parâmetros Físico-Químicos

5.1.1. Temperatura , Salinidade e Densidade

Estrutura da coluna d'água

Os perfis verticais de temperatura e salinidade até a profundidade de até 250 m são apresentados nas **Figura 12** e **Figura 13**, respectivamente. A partir da análise dos perfis de temperatura é possível observar a presença de termoclinas (sazonal e permanente) muito bem demarcadas. Nos perfis de temperatura, é possível identificar com maior clareza a presença de uma camada superficial com pouca variabilidade entre a superfície e as profundidades de cerca de 50 m, que corresponde a camada de mistura. Esta camada se

encontra na zona epipelágica do oceano e 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 a coluna d'água os valores de temperatura variaram desde 12,61°C (246,48 m – estação 10) a 24,91°C (12,36 m – estação 6), enquanto a salinidade variou entre 34,77 (201,52 m – estação 10) e 37,58 (50,03 m – estação 3). A partir da análise dos perfis é possível observar que a temperatura apresentou um comportamento mais linear, em termos do comportamento de dados, em função da salinidade e da densidade.

Observa-se que estes dois parâmetros apresentaram algumas oscilações mais visíveis, mas sua faixa de valores encontra-se dentro do esperado, indicando que o comportamento é em decorrência da variabilidade natural da coluna d'água.

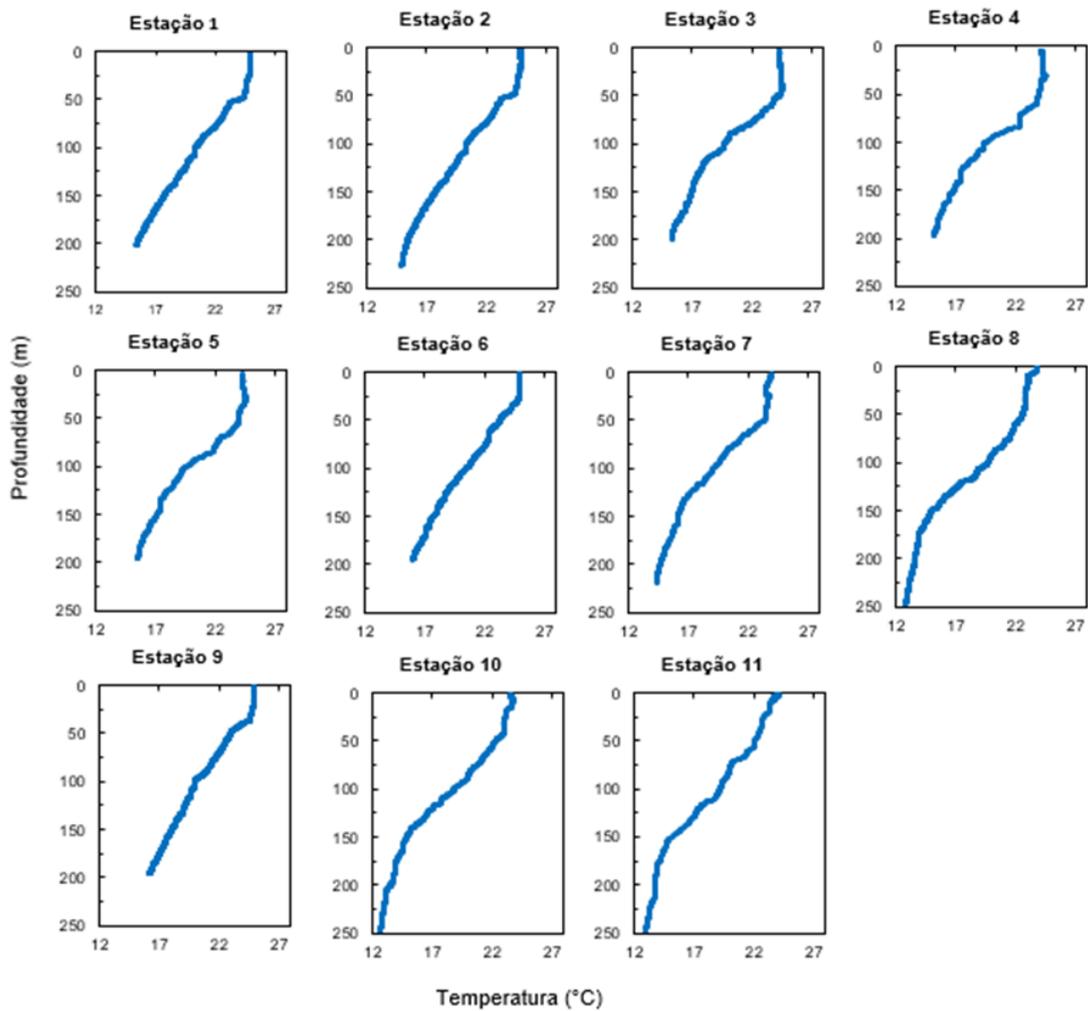


Figura 12: Perfis de temperatura nas estações monitoradas durante a 19ª Campanha de Monitoramento Ambiental do FPSO Fluminense, campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos.

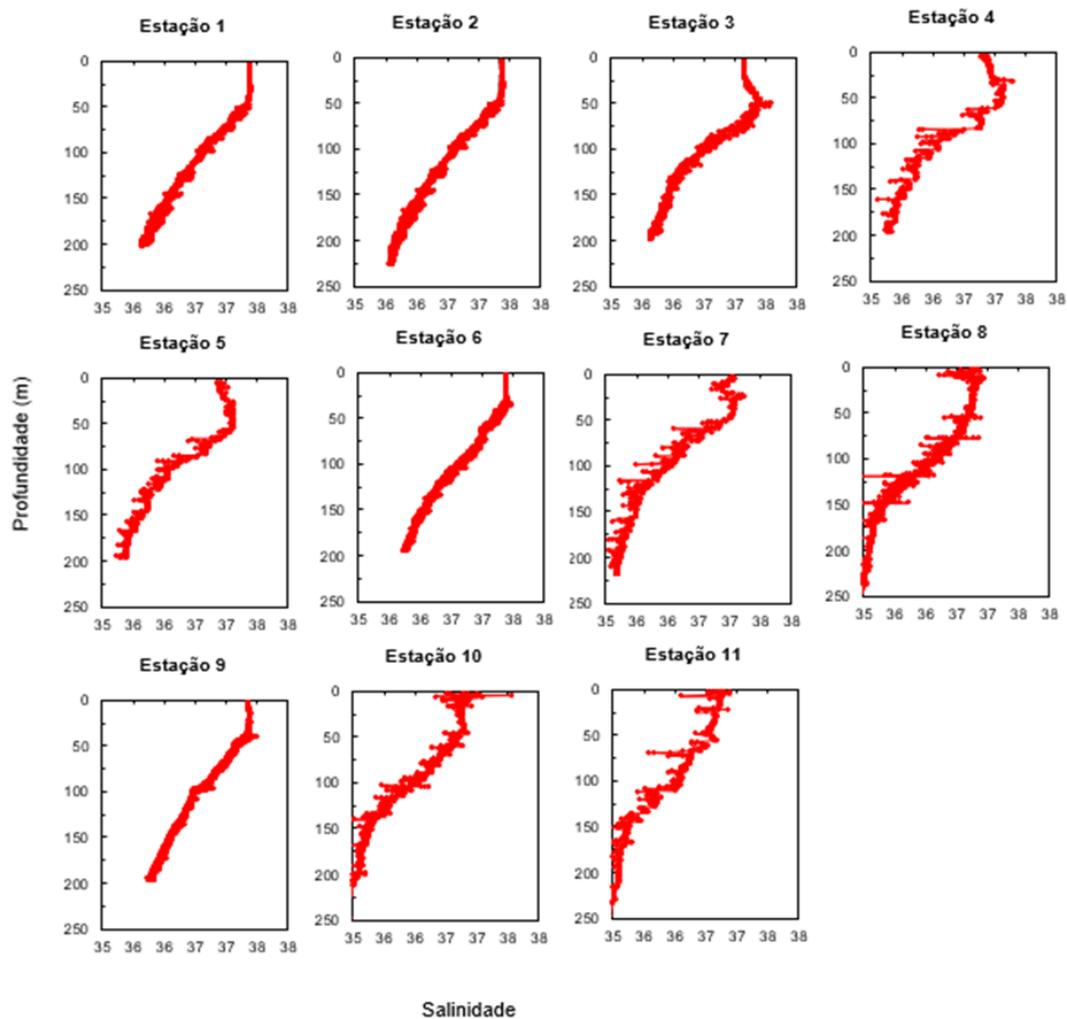


Figura 13: Perfis de salinidade nas estações monitoradas durante a 19ª Campanha de Monitoramento Ambiental do FPSO Fluminense, campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos.

Apesar de maiores salinidades contribuírem para o aumento da densidade da água, este parâmetro sofre também o efeito inverso da temperatura, sendo as variações verticais de densidade em regiões quentes mais sensíveis à temperatura do que em relação à salinidade, desta forma, observa-se na camada de mistura menores valores de densidade do que a partir da termoclina (ou pycnoclina para variações de densidade), conforme a **Figura 14**. Os valores de densidade em Kg.m^{-3} nas amostras variaram de 1024,59 (7,07 m – estação 11) a 1027,57 (246,48 m – estação 10).

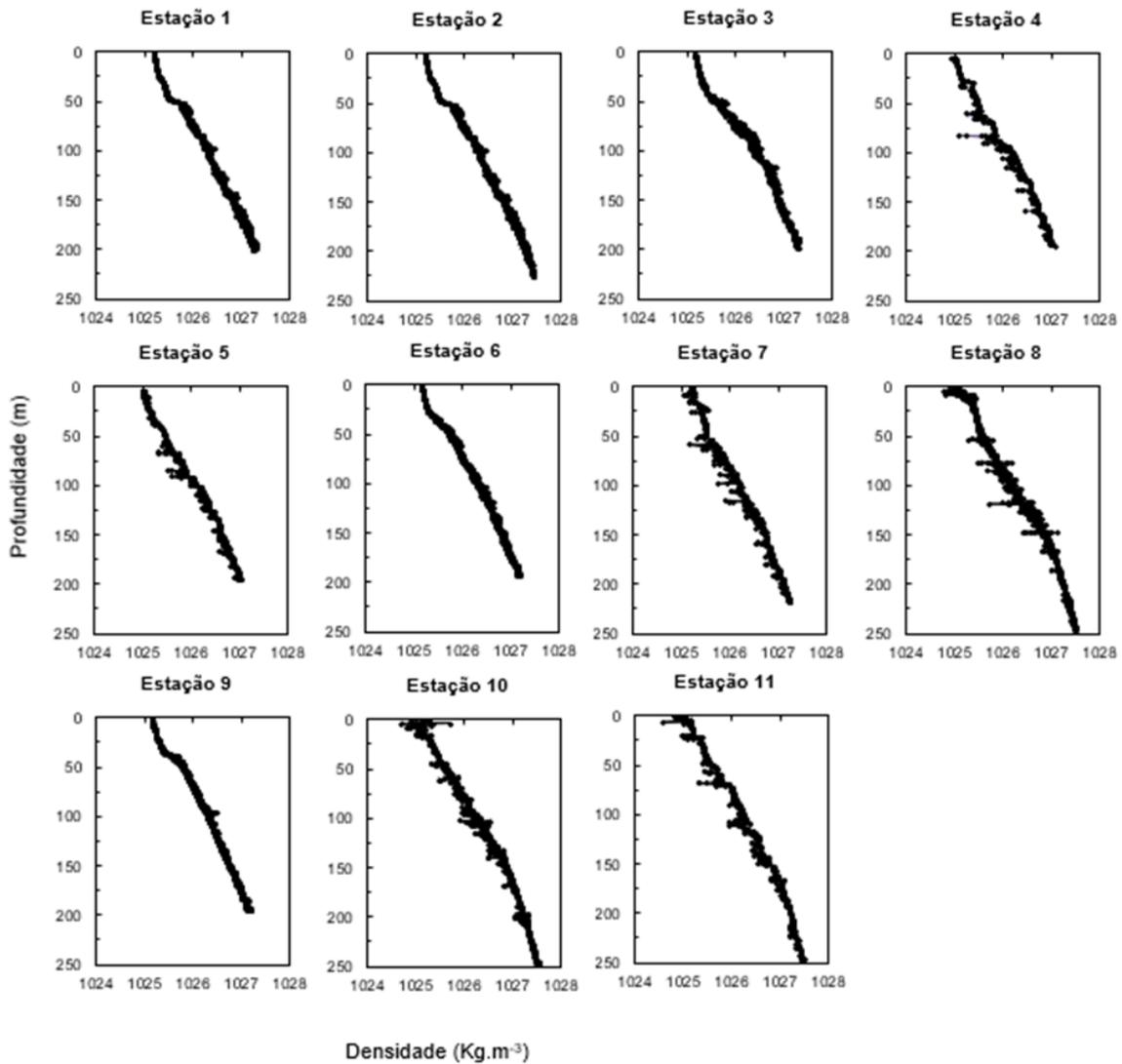


Figura 14: Perfis de densidade nas estações monitoradas durante a 19ª Campanha de Monitoramento Ambiental do FPSO Fluminense, campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos.

Massas d'água

A partir dos resultados de temperatura e salinidade obtidos foi possível identificar as massas d'água que dominam a região, bem como suas características termohalinas (**Figura 15**). Na camada superficial até profundidades entre 108 e 151 m foi verificada a presença de Água Tropical (AT), definida por valores maiores de 18°C de temperatura e 36 de salinidade (CASTRO; MIRANDA, 1998; SILVEIRA *et al.*, 2000; SILVEIRA, 2007), 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, foi observado que as águas tornaram-se gradativamente mais frias e menos salinas.

A partir das profundidades supracitadas foi verificada a massa d'água 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).

É importante mencionar que a aparente criação de dois grupos principais de estações se deve aos distintos períodos temporais sob os quais ocorreram a campanha (conforme apontado no **item 4**). Deve-se ter em mente a distância temporal da obtenção de dados entre as estações. Além disso, considerando que se tem uma malha móvel há variabilidade entre os pontos amostrados. Apesar disso, percebe-se uma uniformidade da coluna d'água no que tange à presença de massas d'água.

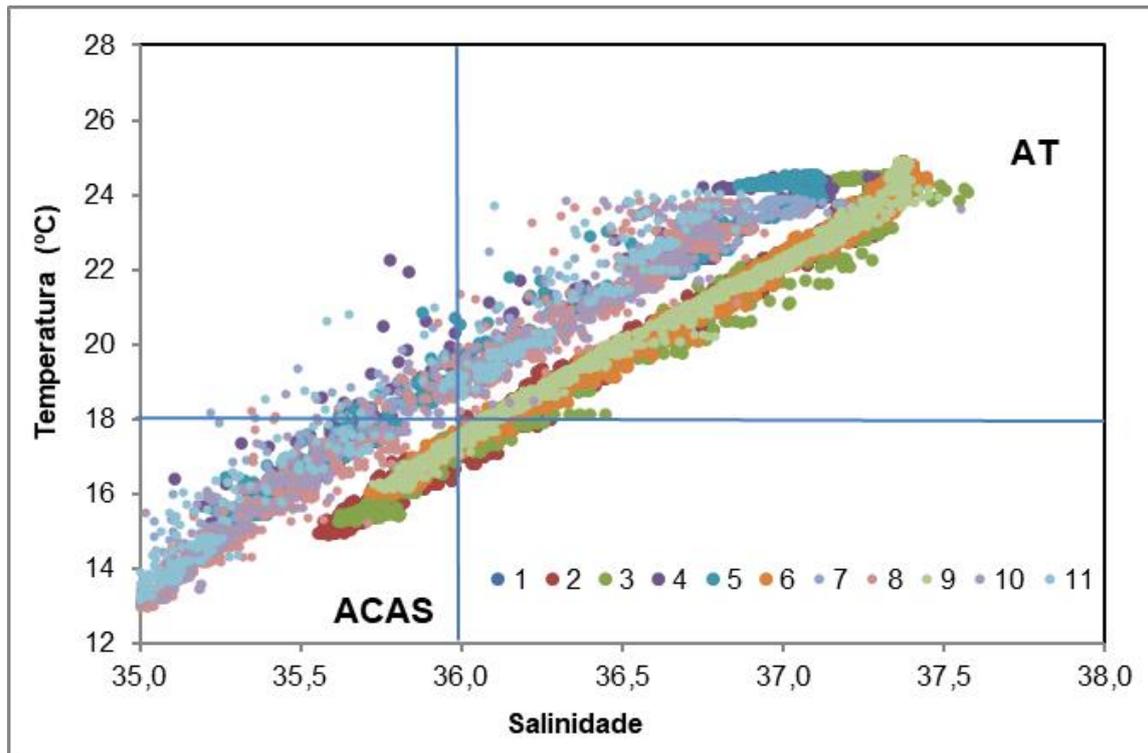


Figura 15: Diagrama TS dos dados amostrados nas estações no entorno do FPSO Fluminense durante a 19ª campanha de Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos.

É importante ressaltar que, ao longo das campanhas, algumas diferenças de temperatura e salinidade em relação ao comportamento da termoclina (camadas bem determinadas ou não) foram verificadas e podem estar relacionadas às mudanças sazonais de aspectos meteorocenográficos da região.

5.1.2. Oxigênio Dissolvido

As concentrações de OD no entorno do FPSO Fluminense nesta 19ª campanha variaram entre 7,14 (estação 5 - TC) e 9,64 mg.L⁻¹ (estações 4 – ACTC), estando todos os valores detectados acima do limite mínimo estipulado pela Resolução CONAMA 357/05 para águas salinas classe 1 (6 mg.L⁻¹), como pode ser verificado na **Figura 16**. As concentrações de oxigênio dissolvidos detectadas na presente campanha são, de maneira geral, consideradas pela literatura como típicos de regiões oceânicas e estão de acordo com os resultados obtidos por Niencheski *et al.* (1999), cujos valores são descritos entre 4 e 9,15 mg.L⁻¹, e por Valentin *et al.* (2006), com intervalo entre 4,71 e 8,92 mg.L⁻¹. De acordo com o teste de Kruskal-Wallis ($p < 0,05$), não foram verificadas diferenças significativas entre os resultados obtidos entre os raios ($p = 0,1094$).

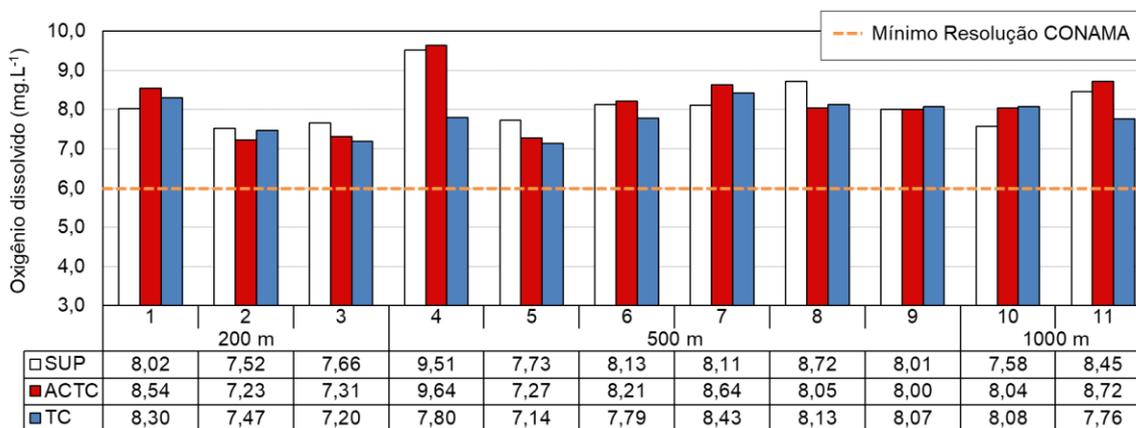


Figura 16: Distribuição das concentrações de Oxigênio Dissolvido (OD) nas estações no entorno da FPSO Fluminense durante a 19ª campanha de Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos.

Em comparação com as campanhas anteriores, os resultados de OD da presente campanha apresentaram resultados dentro do intervalo apresentado nas outras campanhas. Destaca-se que seu comportamento parece se aproximar mais do observado na 9ª campanha (2012), que também demonstrou alguns valores elevados de OD (**Figura 17**).

Quando foi realizado o teste de 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 2021 em relação às campanhas de 2010 ($p = 0,0000$), 2011 ($p = 0,000$), 2014 ($p = 0,0247$), 2015 ($p = 0,0001$), 2016 ($p = 0,000$), 2017 ($p = 0,0000$), 2018 ($p = 0,0000$), 2019 ($p = 0,000$), 2020 ($p = 0,000$) e 2021 ($p = 0,000$). Não verificou-se diferença significativa em relação aos anos de 2012 ($p = 0,3016$) e 2013 ($p = 0,5363$).

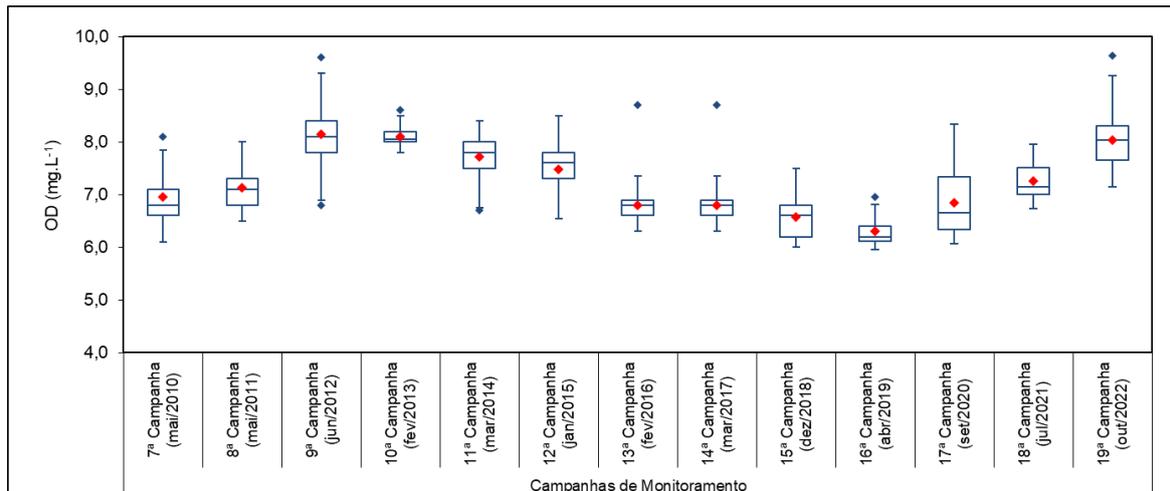


Figura 17: Concentrações de Oxigênio Dissolvido (OD) observadas nesta e nas últimas Campanhas de Monitoramento Ambiental realizadas no campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos.

5.1.3. Potencial Hidrogeniônico (pH)

Os valores de pH obtidos no entorno do FPSO Fluminense na campanha de 2022 variaram de 6,94 (estações 2 – ACTC e 5 - ACTC) a 8,04 (estação 6 -ACTC). De acordo com a Resolução CONAMA nº 357/05, os valores de pH em águas salinas devem se manter entre 6,5 e 8,5, com isto todas as amostras estiveram dentro do intervalo previsto na legislação ambiental (**Figura 18**).

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 mostraram que não ocorreram diferenças significativas (Kruskal-Wallis, $p < 0,05$) entre os raios ($p = 0,0671$).

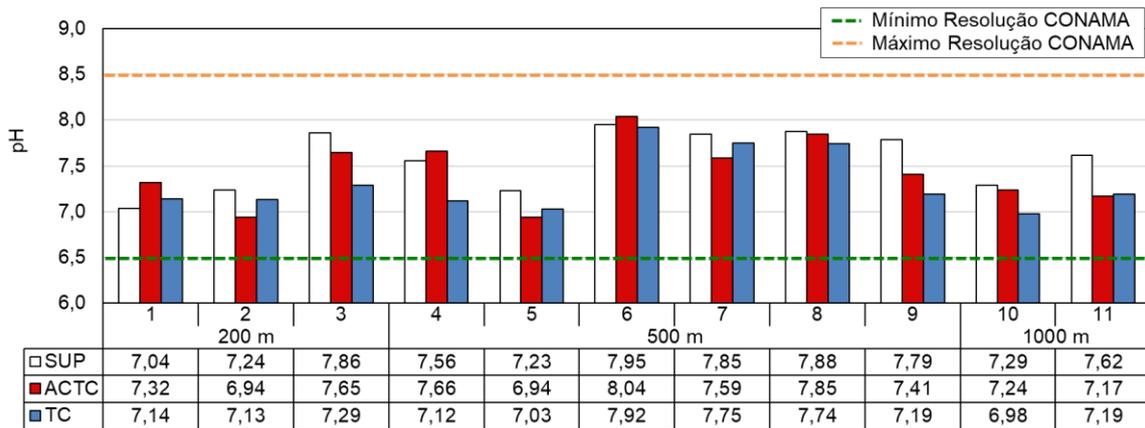


Figura 18: Valores de pH nas estações no entorno do FPSO Fluminense durante a 19ª campanha de Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos.

Os resultados obtidos na presente campanha mostraram-se dentro do intervalo observado nas campanhas anteriores, à exceção do seu limite inferior, que foi o menor observado e esteve abaixo do preconizado pela legislação (**Figura 19**). Quando os atuais valores foram comparados com obtidos nas campanhas anteriores, foram identificadas diferenças significativas (Kruskal-Wallis, $p < 0,05$) entre 2021 e todas as campanhas anteriores. De 2011 até 2021 obteve-se $p = 0$. Em relação ao ano de 2010, também com diferença significativa foi apresentado $p = 0,0325$.

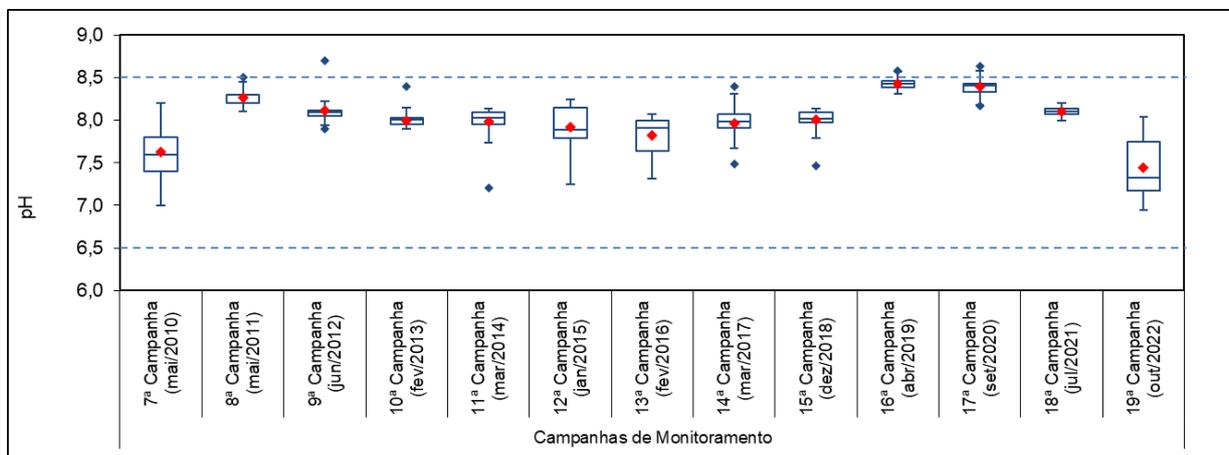


Figura 19: Resultados de pH observados nesta e nas últimas Campanhas de Monitoramento Ambiental realizadas no do campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos.

5.2. Parâmetros Inorgânicos

5.2.1. Nitrogênio e Fósforo

A maioria dos resultados (15 amostras) de nitrato no entorno do FPSO Fluminense não foram detectados ($LD = 0,015 \text{ mg.L}^{-1}$), com cinco resultados abaixo do limite de quantificação ($LQ = 0,05 \text{ mg.L}^{-1}$) e 13 quantificáveis, que oscilaram entre $0,06 \text{ mg.L}^{-1}$ (estações 11 – SUP, 7 - TC e 8 - TC) a $0,15 \text{ mg.L}^{-1}$ (estações 6 – ACTC e 11 - TC) (**Figura 20**).

Com relação ao nitrito, 19 amostras apresentaram resultados quantificáveis, com variações de $0,003$ (estações 1 – SUP, 2 - SUP, 3 – SUP, 5 – SUP, 1 – ACTC e 4 - ACTC) a $0,01 \text{ mg.L}^{-1}$ (estação 11 – ACTC). Para o nitrogênio amoniacal, a maioria das amostras (21) não foi detectada ($LD = 0,003 \text{ mg.L}^{-1}$), com duas amostras abaixo do LQ ($LQ = 0,01 \text{ mg.L}^{-1}$). Das amostras quantificáveis, os valores foram de $0,02$ (estações 7 – ACTC, 9 – ACTC e 10 – TC) a $0,60 \text{ mg.L}^{-1}$ (estação 6 – SUP) (**Figura 20**).

A maioria dos resultados obtidos na presente campanha mantiveram-se de acordo com os limites estabelecidos pela Resolução CONAMA 357/05 para águas salinas classe 1 (até $0,4 \text{ mg.L}^{-1}$ para nitrogênio amoniacal e nitrato e até $0,07 \text{ mg.L}^{-1}$ para nitrito), a única exceção foi a amostra 6 - SUP que apresentou concentração de nitrogênio amoniacal acima do determinado pela legislação (resultado de $0,60 \text{ mg.L}^{-1}$).

Para nitrito e nitrogênio amoniacal não foi apresentada diferença significativa entre os três raios de amostragem (Kruskal-Wallis, NH_3 : $p=0,0711$; NO_2 : $p=0,7437$). Para nitrato foi obtida diferença significativa ($p = 0,0055$) e o teste *a posteriori* indicou que a diferença se deu entre os raios de 200 e 1000 m, o que esteve associado à não detecção no primeiro raio (mais próximo ao FPSO) e à presença das maiores concentrações no segundo grupo de raio citado.

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).

É interessante pontuar que, ao considerar o nitrato e o nitrogênio amoniacal, nenhuma das estações no raio de 200 m apresentou concentrações quantificáveis. Em contrapartida, para os três parâmetros, as estações controle, no raio de 1000 m, tiveram concentrações

quantificadas, tendo o nitrato ocorrido em todos os estratos. Este panorama pode estar associado a fatores ambientais locais, como advecção de águas de maior profundidade, mais ricas em nutrientes.

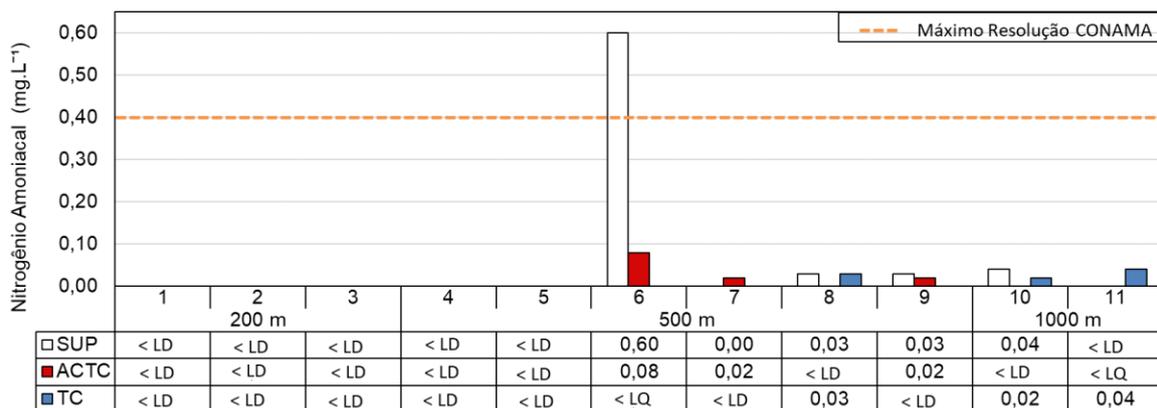
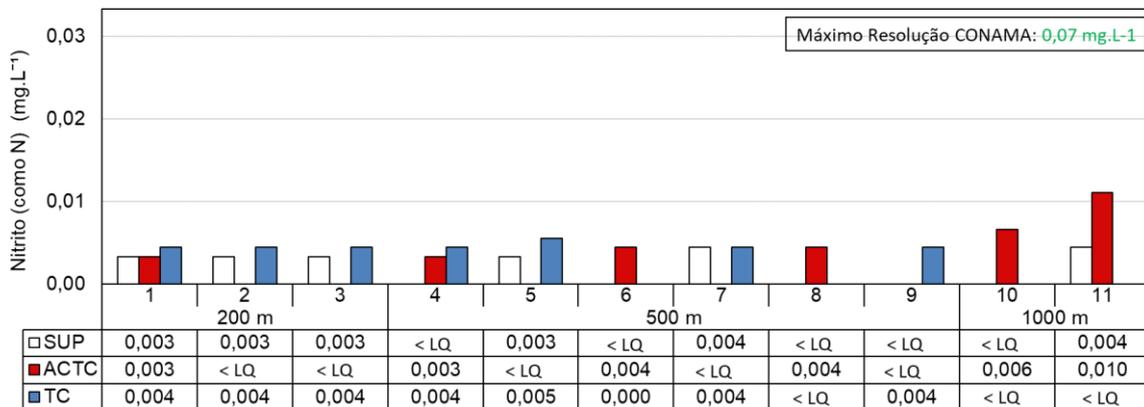
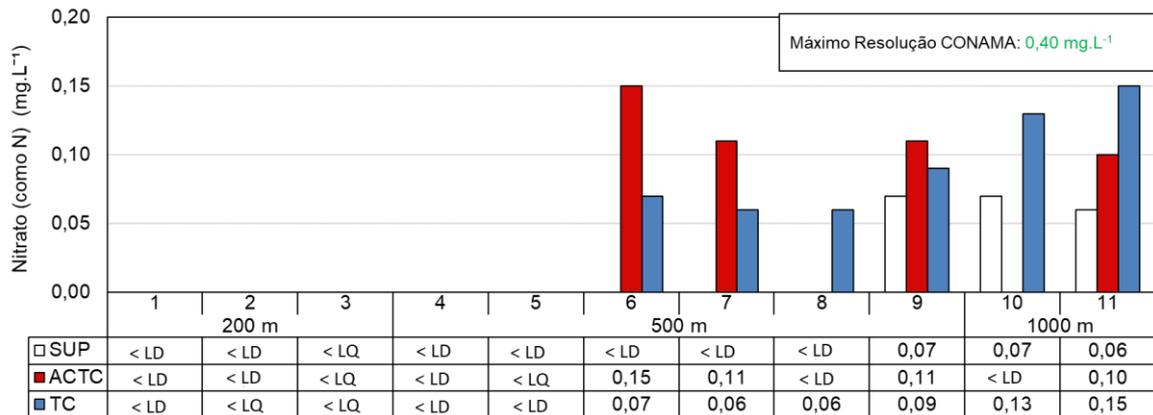


Figura 20: Distribuição das concentrações de nitrato, nitrito e nitrogênio amoniacal nas estações no entorno do FPSO Fluminense durante a 19ª campanha de Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos.

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. Para o nitrito, observa-se valores superiores aos observados nas campanhas passadas, ressaltando-se que a atual campanha, ainda assim, esteve abaixo dos resultados para o ano passado (2021) (**Figura 21**). Os resultados de nitrogênio amoniacal apresentados na atual campanha se aproximaram mais do observado no ano de 2021. Acredita-se que o comportamento de certa maneira destoante dos outros anos esteja ligado ao valor acima da legislação, que fugiu ao comportamento apresentado nas outras estações (**Figura 22**).

Em relação ao nitrato, ao comparar os valores obtidos pela presente campanha (2022) em função dos demais, observou-se que não ocorreu diferença significativa ($p < 0,05$) para a maioria das estações 2010 ($p = 0,8152$), 2013 ($p = 0,1327$), 2014 ($p = 0,212$), 2015 ($p = 0,6314$), 2016 ($p = 0,8346$), 2017 ($p = 0,2835$), 2018 ($p = 0,198$), 2019 ($p = 0,114$), 2020 ($p = 0,2624$) e 2021 ($p = 0,0531$). A exceção se deu com os anos de 2011 ($p = 0$) e 2012 ($p = 0,0127$).

A partir dos testes estatísticos verificou-se que o nitrito apresentou sete campanhas com diferença significativa e cinco sem diferença significativa. Houve diferença em relação aos anos de 2010 ($p = 0$), 2011 ($p = 0$), 2015 ($p = 0,0002$), 2016 ($p = 0,0021$), 2017 ($p = 0$), 2020 ($p = 0$) e 2021 ($p = 0$). A similaridade se deu entre os anos de 2012 ($p = 0,153$), 2013 ($p = 0,2856$), 2014 ($p = 0,2773$), 2018 ($p = 0,3085$) e 2019 ($p = 0,0697$).

Para o nitrogênio amoniacal foram obtidas diferenças significativas ($p < 0,05$) entre a presente campanha e os anos de 2010 ($p = 0,0007$), 2011 ($p = 0,0007$), 2012 ($p = 0,0007$), 2015 ($p = 0,0007$), 2016 ($p = 0,0159$), 2017 ($p = 0,0007$) e 2018 ($p = 0,0251$). Não houve diferença para com os anos de 2013 ($p = 0,4449$), 2014 ($p = 0,5493$), 2019 ($p = 0,4497$), 2020 ($p = 0,3237$) e 2021 ($p = 0,2862$).

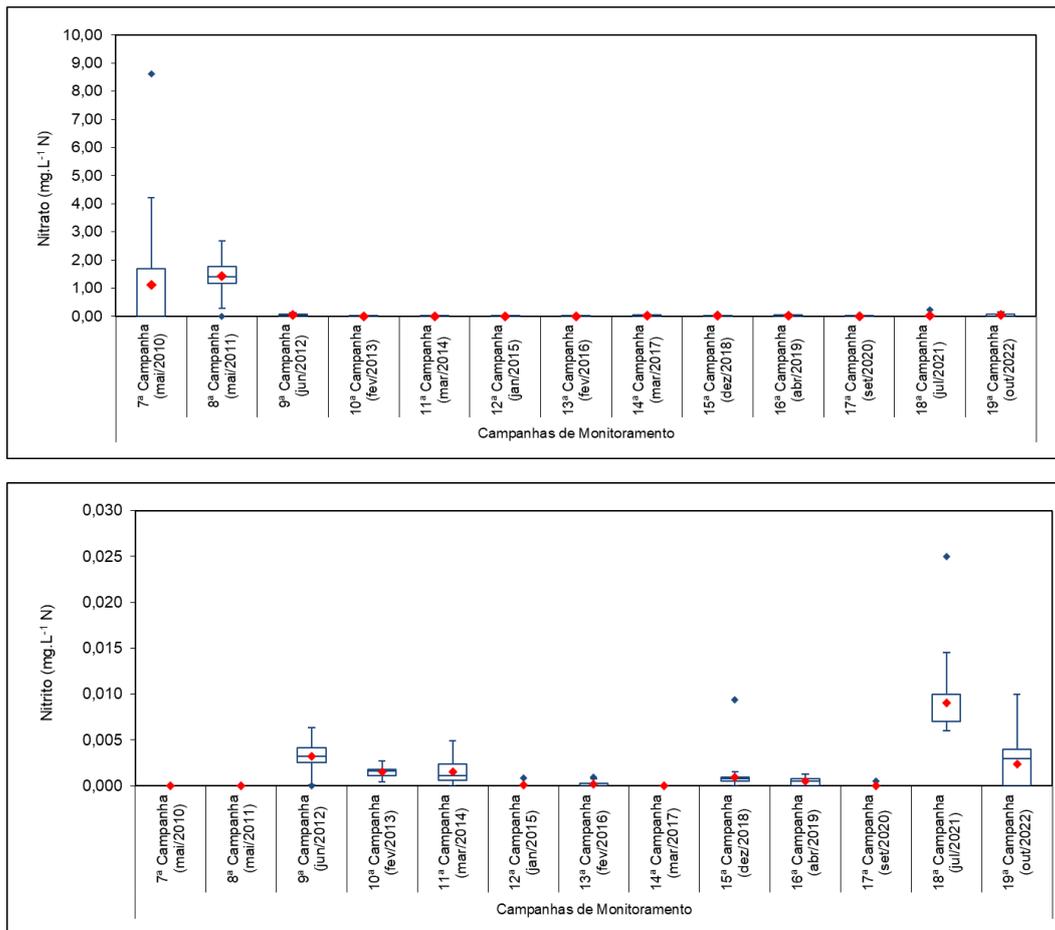


Figura 21: Concentrações de nitrato e nitrito, observadas nesta e nas últimas Campanhas de Monitoramento Ambiental realizadas no campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos.

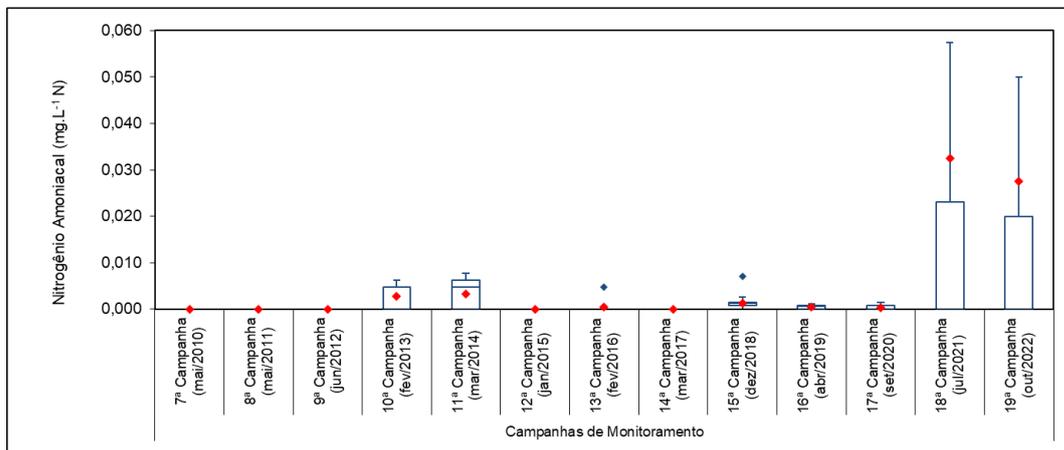


Figura 22: Concentrações de nitrogênio amoniacoal, observadas nesta e nas últimas Campanhas de Monitoramento Ambiental realizadas no campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos.

Para fosfato a predominância dos resultados foi a não detecção ($LD = 0,018 \text{ mg.L}^{-1}$), com 32 das 33 amostras. Apenas uma ficou abaixo do limite de quantificação ($LQ = 0,06 \text{ mg.L}^{-1}$). A Resolução CONAMA 357/05 estipula máximo apenas para polifosfatos, correspondente a

0,031 mg.L⁻¹, o que demonstra que as concentrações (todas inferiores a 0,06 mg.L⁻¹) estão condizentes com o preconizado.

O comportamento da atual campanha (sem resultados quantificáveis) foi observado também para a 18ª campanha (2021) e para a 7ª campanha (2010). Pode-se dizer o presente resultado está condizente com o observado nos últimos anos para a região (**Figura 23**). Por ter apresentado apenas um resultado quantificado, não foram realizadas análises estatísticas.

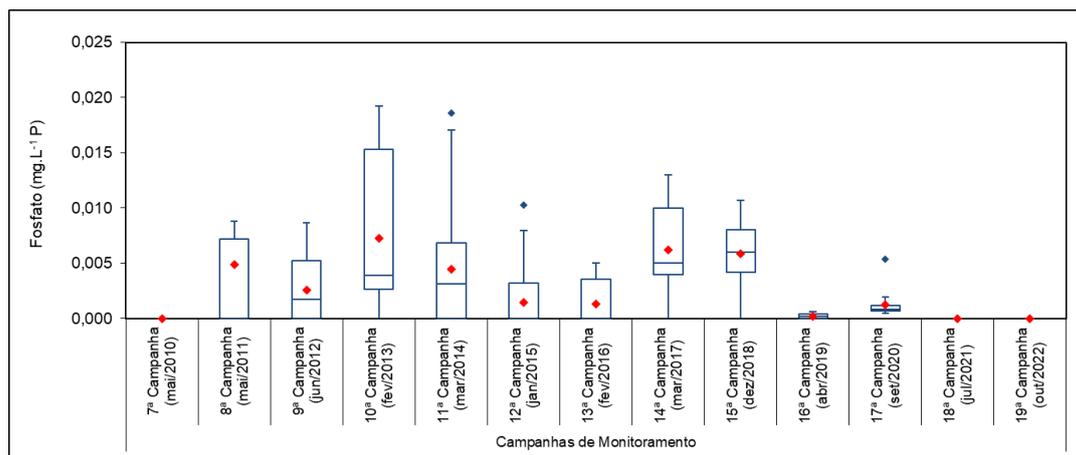


Figura 23: Concentrações de fosfato observadas nas últimas Campanhas de Monitoramento Ambiental realizadas no campo de Bijupirá e Salema, Baía de Campos.

5.2.2. Clorofila-a

Entre os pigmentos responsáveis pela captura da energia luminosa para a fotossíntese, a clorofila-a é o único que se encontra na maioria das células vegetais. Embora não seja um perfeito descritor da biomassa fitoplanctônica, a clorofila-a é amplamente utilizada, sendo inclusive avaliada atualmente por imagens de satélite. Concentrações inferiores a 2,8 µg.L⁻¹, como as observadas nesta campanha, são consideradas típicas de regiões oceânicas oligotróficas (CIOTTI *et al*, 2006). Devido às características oligotróficas das águas oceânicas, não são comuns altas concentrações do pigmento nesse ambiente, onde elevações nas concentrações se relacionam comumente a *blooms* algais (LONGHURST, 1993).

Apenas duas estações apresentaram resultados quantificáveis 6 – TC (0,13 µg.L⁻¹) e 11 – ACTC (0,53 µg.L⁻¹). Nas demais estações os resultados corresponderam a “N.D” (Não detectado – LD = 0,003 µg.L⁻¹).

A **Figura 24** apresenta as concentrações de clorofila-a nas campanhas anteriores, sendo possível observar que os teores foram sempre baixos e compatíveis com águas oligotróficas, estando o resultado do presente estudo em consonância com o observado

para a região nos últimos anos e típico de regiões oligotróficas. Como na presente campanha apenas dois resultados foram quantificados, não foi realizada análise estatística.

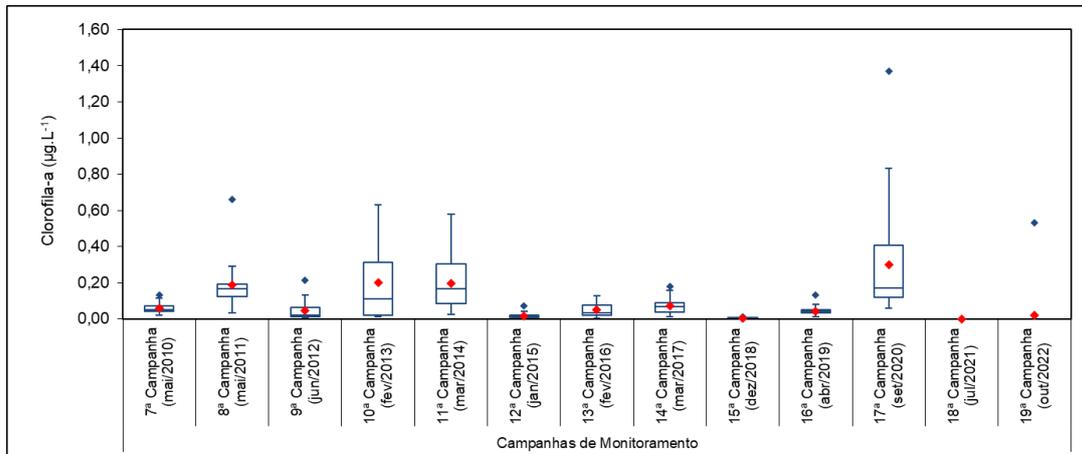


Figura 24: Concentrações de clorofila-a observadas nas últimas Campanhas de Monitoramento Ambiental realizadas no campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos.

5.2.3. Metais

No presente estudo foram analisados os seguintes metais e semimetais: alumínio dissolvido (Al), cobre dissolvido (Cu), ferro dissolvido (Fe), prata (Ag); arsênio (As); bário (Ba); berílio (Be); boro (B); cádmio (Cd); cobre (Cu); cromo (Cr); ferro (Fe); manganês (Mn); mercúrio (Hg); níquel (Ni); chumbo (Pb); selênio (Se); tálio (Tl); urânio (U); vanádio (V); e zinco (Zn). Alguns dos metais analisados não foram encontrados em concentrações quantificáveis (**Tabela 5**), sendo válido destacar que dentre eles o Cobre dissolvido foi analisado em triplicata, pois seu método de análise apresentou LQ igual ao limites máximos estabelecidos pela Resolução CONAMA 357/05. Os demais metais apresentam pelo menos uma amostra com concentração quantificável.

Tabela 5: Metais que apresentaram concentrações abaixo do Limite de Quantificação (LQ) nas estações no entorno do FPSO Fluminense durante a 19ª campanha de Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos.

Metais	LQ (mg.L ⁻¹)	Limite máximo Resolução CONAMA nº 357/05 Águas Salinas Classe 1 (mg.L ⁻¹)
Cádmio Total	0,0005	0,005
Mercúrio Total	0,00009	0,0002
Prata Total	0,0005	0,005

LQ = Limite de Quantificação

Dentre as campanhas realizadas anteriormente, apenas a 17ª, realizada em 2020, apresentou valores quantificáveis de cobre dissolvido e também de cobre total, cenário que se repetiu na presente campanha.

O cobre dissolvido na presente campanha apresentou seis amostras quantificáveis – considerando todas as réplicas-, com valores médios indo de 0,002 a 0,014 mg.L⁻¹. Para a campanha de 2020 a faixa de valores desse parâmetro absolutos variou entre 0,0052 mg.L⁻¹ e 0,0071 mg.L⁻¹. A **Tabela 6** apresenta o panorama das concentrações observadas para a campanha de 2022, sendo importante destacar que a maioria dos resultados apresentados esteve acima do preconizado pela legislação. A partir de análise estatística, que considerou os resultados das estações de cada raio como réplicas do mesmo, verificou-se que não houve diferença significativa entre os raios ($p = 0,2645$), podendo ser um indicativo de que, mesmo com a detecção de cinco concentrações em algumas réplicas do raio de 500 m, estas não foram suficientes para diferenciar estatisticamente dos demais raios (200 e 1000 m)

Tabela 6: Concentrações de cobre dissolvido quantificadas nas estações e réplicas coletadas durante a 19ª campanha de Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos. SUP- superfície, ACTC – acima da termoclina, TC- termoclina.

Estação	Profundidade	Réplica	Concentração (mg.L ⁻¹)	Resolução Conama 357/05 (mg.L ⁻¹)
5	SUP	3.0	0,005	0,005
		1.0	0,014	
	TC	2.0		
		3.0		
8	TC	2.0	0,01	
		3.0	0,011	

Apesar da detecção de cobre dissolvido, cabe destacar que durante a coleta não ocorreu descarte de água produzida, estando esse panorama muito provavelmente associado a fatores externos, que não da atividade da FPSO Fluminense. Observou-se que não houve diferença significativa entre os resultados ($p = 0,486$). Ressalta-se que as estações 5 e 8 foram coletadas em períodos distintos da campanha, respectivamente nos dias 16 de novembro e 30 de outubro, o que pode indicar que não tenham ocorrido interferências de campo (da amostragem).

Para o metal arsênio, foram identificadas concentrações que oscilaram entre 0,0009 mg.L⁻¹ (estações 2 – TC, 4 – SUP, 4 - ACTC) e 0,0028 mg.L⁻¹ (estação 9– SUP), não sendo observado um padrão entre as estações (**Figura 25**). Todos os resultados obtidos estiveram abaixo do limite estabelecido pela Resolução CONAMA 357/05 para águas salinas classe 1. Foram identificadas diferenças significativas (Kruskall-Wallis, $p < 0,05$) entre os resultados

obtidos nos três raios amostrados ($p= 0,0017$). O teste *a posteriore* identificou que a diferença se deu entre os raios de 200 e 1000 m e entre 500 e 1000 m. Este cenário pode estar associado aos maiores valores observados nas estações controle.

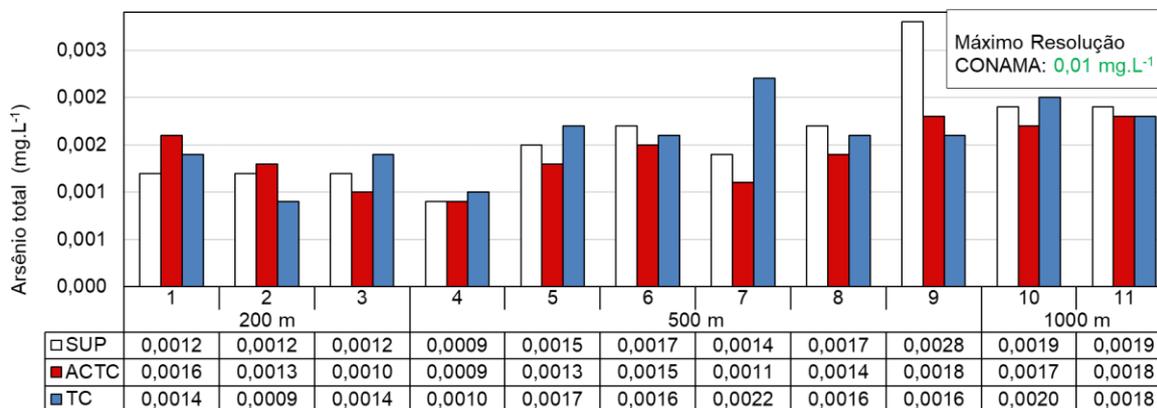


Figura 25: Distribuição das concentrações de arsênio nas estações no entorno do FPSO Fluminense durante a 19ª campanha de Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos.

Para o metal bário, todas as amostras foram quantificadas, com resultados variando entre $0,00140\text{mg.L}^{-1}$ (estação 10 – TC) e $0,0124\text{mg.L}^{-1}$ (estação 3 – ACTC), não sendo observado um padrão entre as estações (**Figura 26**). Todos os resultados obtidos estiveram abaixo do limite estabelecido pela Resolução CONAMA 357/05 para águas salinas classe 1 ($1,0\text{mg.L}^{-1}$) e ao realizar o teste de Kruskal-Wallis ($p<0,05$) não foi identificada diferença significativa (Kruskal-Wallis, $p<0,05$) entre os raios ($p = 0,1528$).

Previamente a atual campanha, foram observados resultados para este parâmetro na campanha de 2010 em uma amostra com valor de $0,03\text{mg.L}^{-1}$, e na campanha passada (2021), com oscilações de $0,0055\text{mg.L}^{-1}$ e $0,0127\text{mg.L}^{-1}$. Os valores aqui obtidos encontram-se nesta faixa.

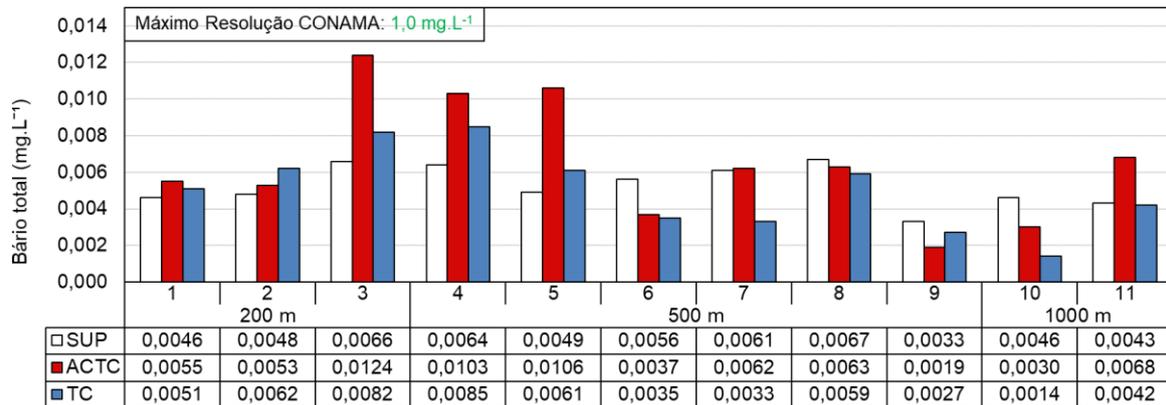


Figura 26: Distribuição das concentrações de bário nas estações no entorno do FPSO Fluminense durante a 19ª campanha de Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos.

Para o metal berílio, a maior parte das amostras esteve abaixo do limite de quantificação ($<0,0002 \text{ mg.L}^{-1}$). Dentre as quatro amostras quantificadas o metal berílio variou de $0,0002 \text{ mg.L}^{-1}$ (estação 10 – SUP) a $0,0004 \text{ mg.L}^{-1}$ (estação 9–ACTC), não sendo observado um padrão entre as estações. Todos os resultados obtidos estiveram abaixo do limite estabelecido pela Resolução CONAMA 357/05 para águas salinas classe 1 e não foram identificadas diferenças significativas (Kruskall-Wallis, $p < 0,05$) entre os raios ($p = 0,4352$). A primeira campanha a apresentar resultados de berílio foi a 18ª (2021), e este cenário provavelmente está ligado aos menores limites de quantificação e detecção utilizados, em relação a campanhas pretéritas.

Para o metal níquel, apenas uma amostra apresentou valor quantificável, correspondendo a $0,003 \text{ mg.L}^{-1}$ (estação 3 – ACTC). Com relação ao chumbo foram 12 as amostras quantificadas, com valores variando de $0,0002$ (estação 2 – SUP) a $0,0031 \text{ mg.L}^{-1}$ (estação 3 – ACTC) (**Figura 27**). Ambos os valores estiveram abaixo do limite estabelecido pela Resolução CONAMA 357/05 para águas salinas classe 1 (Ni: $0,025 \text{ mg.L}^{-1}$; Pb: $0,01 \text{ mg.L}^{-1}$).

A análise estatística para os resultados de chumbo demonstrou diferença significativa entre os raios ($p = 0,0022$), mas o teste *a posteriori* não especificou entre quais raios.

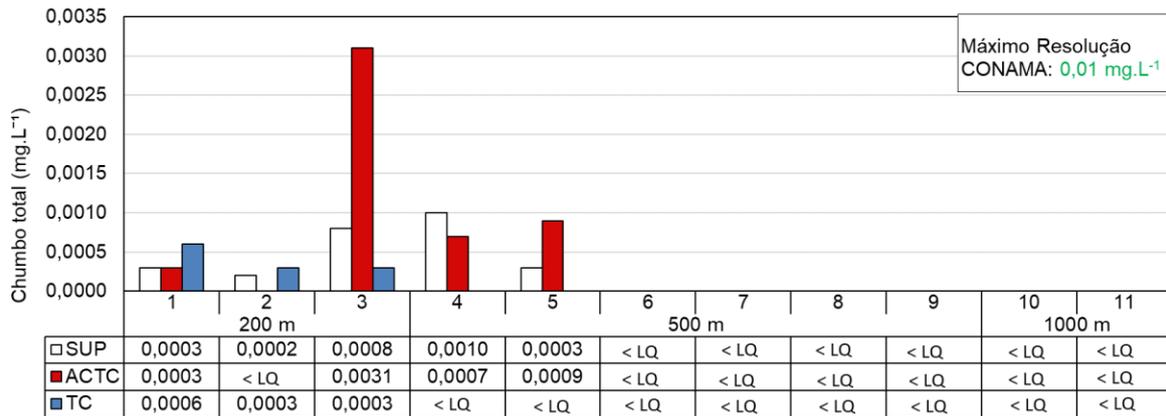


Figura 27: Distribuição das concentrações de chumbo nas estações no entorno do FPSO Fluminense durante a 19ª campanha de Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos.

Para o manganês foram oito as amostras quantificadas, variando de 0,001 (estações 1 - ACTC, 4 - ACTC e 5 - ACTC) a 0,008 mg.L⁻¹ (estação 3 - TC) (**Figura 28**). A análise estatística demonstrou que não houve diferença significativa entre os raios ($p = 0,4036$). Para o alumínio dissolvido foram quantificadas seis amostras, cujas concentrações oscilaram entre 0,007 mg.L⁻¹ (estação 4 - SUP) a 0,803 mg.L⁻¹ (estação 1 - ACTC) (**Figura 29**). Todos os resultados obtidos estiveram abaixo do limite estabelecido pela Resolução CONAMA 357/05 para águas salinas classe 1 e não foram identificadas diferenças significativas (Kruskall-Wallis, $p < 0,05$) entre os resultados de alumínio dissolvido obtidos nos três raios amostrados ($p = 0,4685$).

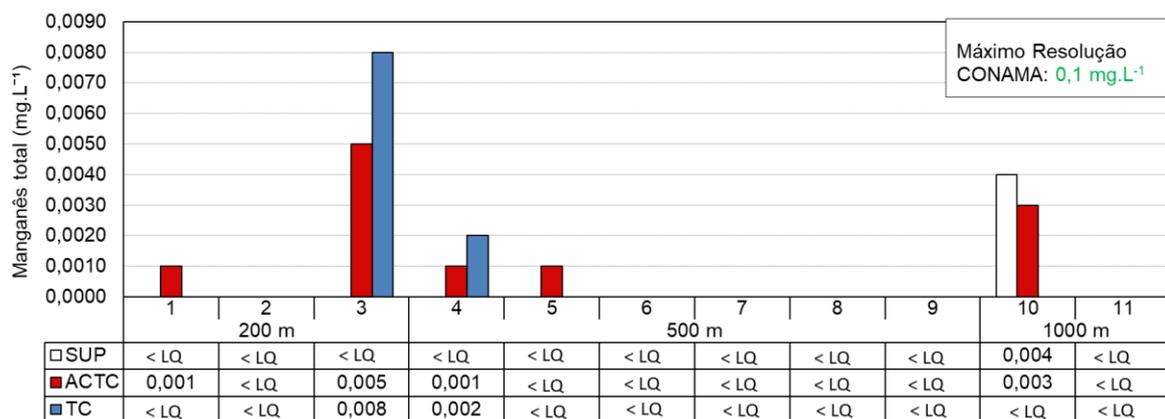


Figura 28: Distribuição das concentrações de manganês nas estações no entorno do FPSO Fluminense durante a 19ª campanha de Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos.

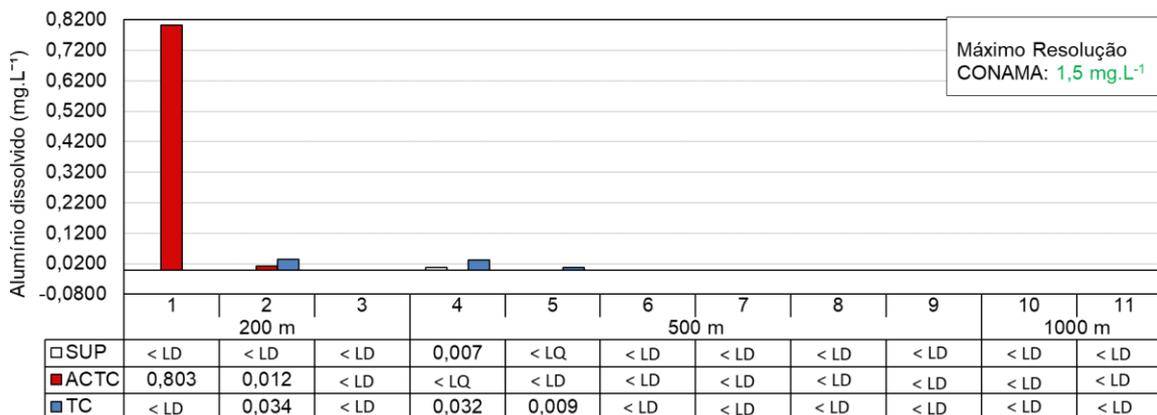


Figura 29: Distribuição das concentrações de alumínio dissolvido nas estações no entorno do FPSO Fluminense durante a 19ª campanha de Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos.

Para o ferro dissolvido, 14 amostras foram quantificadas e suas concentrações variaram entre 0,007 (estações 1 – ACTC e 5 – ACTC) e 0,112 mg.L⁻¹ (estação 3 – SUP) (**Figura 30**). A Resolução CONAMA 357/05 estabelece limite máximo para este metal para águas salinas classe 1 de 0,3 mg.L⁻¹, tendo estado todas as amostras bem abaixo do limite preconizado pela legislação. Adicionalmente não foram identificadas diferenças significativas (Kruskall-Wallis, p<0,05) entre os resultados obtidos nos três raios amostrados (p= 0,2089).

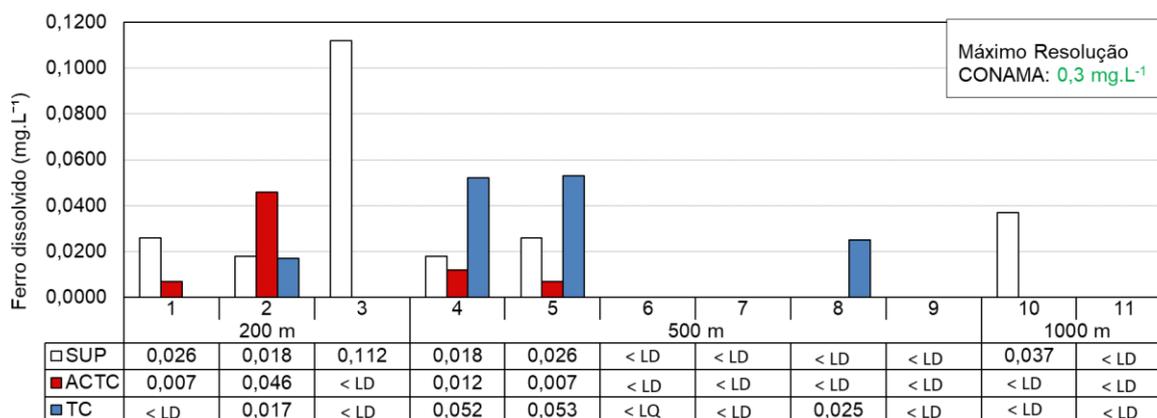


Figura 30: Distribuição das concentrações de ferro dissolvido nas estações no entorno do FPSO Fluminense durante a 19ª campanha de Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos.

Para o metal vanádio, todas as amostras apresentaram concentrações acima do limite de quantificação do método, tendo os valores ido de 0,002 mg.L⁻¹ (estação 2 – ACTC) a 0,0039 mg.L⁻¹ (estação 9-SUP) (**Figura 31**). A Resolução CONAMA 357/05 não estabelece limite máximo para este metal para águas salinas classe 1 e não foram identificadas diferenças significativas (Kruskall-Wallis, p<0,05) entre os resultados obtidos nos três raios amostrados (p= 0,1308).

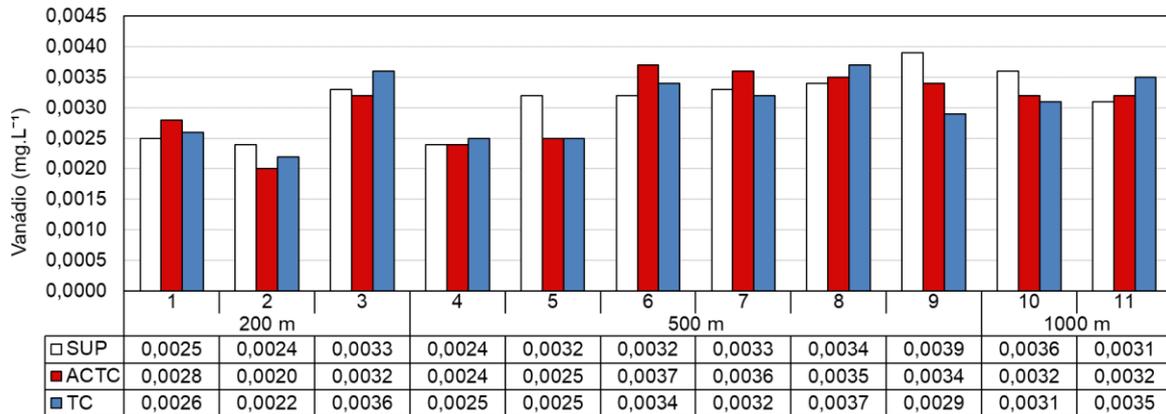


Figura 31: Distribuição das concentrações de vanádio nas estações no entorno do FPSO Fluminense durante a 19ª campanha de Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos.

Para o elemento boro, as concentrações variaram entre 2,62 mg.L⁻¹ (estação 4 - ACTC) e 5,19 mg.L⁻¹ (estação 9 – SUP), conforme **Figura 32**. O semimetal boro apresentou concentrações ligeiramente superiores ao nível estabelecido pela Resolução CONAMA 357/05 (5 mg.L⁻¹) em algumas estações, sendo elas as estações 8 - SUP e 9 – SUP, ambas localizadas a 500m do FPSO.

Os resultados não apresentaram diferenças significativas (Kruskal-Wallis, $p < 0,05$) entre os raios ($p = 0,2601$). Essas concentrações acima do preconizado na legislação também podem ocorrer de forma natural no ambiente, conforme observado em dados secundários da região, onde concentrações de boro superiores a 5 mg.L⁻¹ já haviam sido reportadas por Petrobras (2013) nos resultados do Projeto de Caracterização Regional da Bacia de Campos (PCR-BC), no qual os dados oscilaram entre 0,4-10,9 mg.L⁻¹, sendo indicado que concentrações deste parâmetro em águas costeiras brasileiras podem ultrapassar este limite estabelecido pela legislação. Além disso, nas campanhas de 2019, 2020 e de 2021 do presente PMA também foram obtidas concentrações de até 5,90; 5,23 e 5,35 mg.L⁻¹, respectivamente.

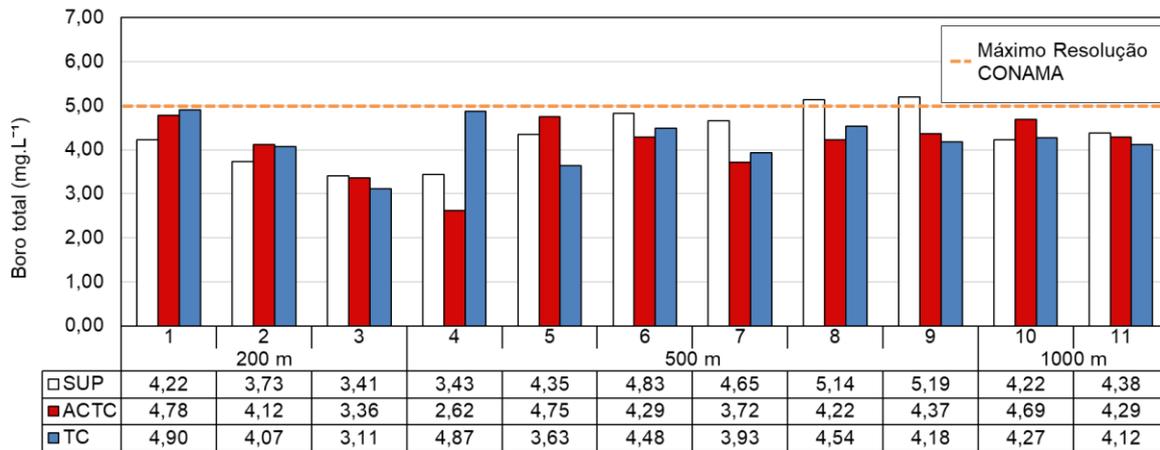


Figura 32: Distribuição das concentrações de boro nas estações no entorno do FPSO Fluminense durante a 19ª campanha de Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema, Baía de Campos.

Os resultados referentes a boro obtidos na presente campanha (2021) foram diferentes significativamente de grande parte das campanhas anteriores (Kruskal-Wallis, $p < 0,05$), com exceção das campanhas de 2011 ($p = 0,1207$), 2012 ($p = 0,1472$), 2013 ($p = 0,049$) e 2021 ($p = 0,3937$) (Figura 33).

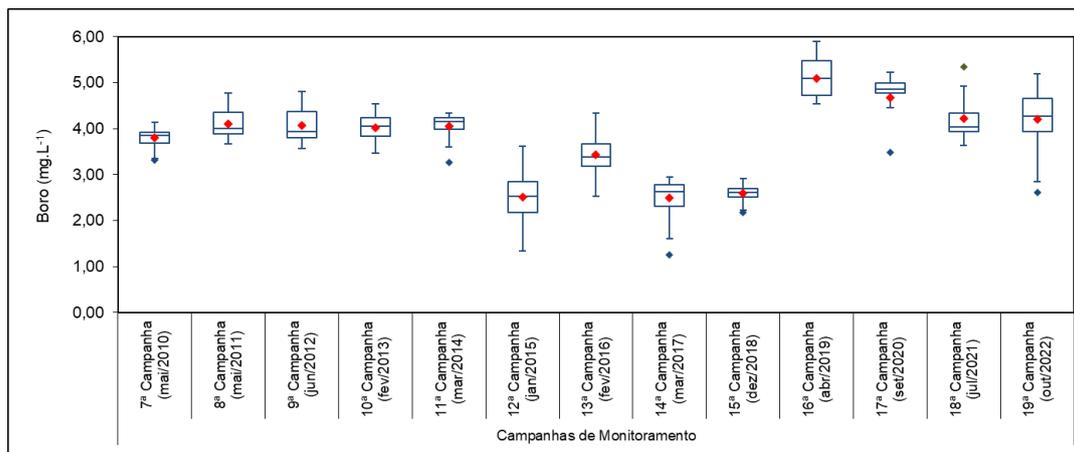


Figura 33: Concentrações de boro observadas nas 13 últimas Campanhas de Monitoramento Ambiental realizadas no campo de Bijupirá e Salema, Baía de Campos.

Para o elemento cromo, foram quantificadas 15 amostras, estando as demais abaixo do limite de quantificação ($< 0,0005 \text{ mg.L}^{-1}$), com variações entre $0,0018 \text{ mg.L}^{-1}$ (estações 2 – SUP e 2 - ACTC) e $0,0081 \text{ mg.L}^{-1}$ (estação 3 – ACTC), conforme Figura 34. Todos os resultados obtidos estiveram abaixo do limite estabelecido pela Resolução CONAMA 357/05 para águas salinas classe 1. Em relação as concentrações de cromo foram identificadas diferenças significativas (Kruskal-Wallis, $p < 0,05$) entre os resultados obtidos nos três raios amostrados ($p = 0,002$). O teste a *posteriore* identificou a diferença entre os raios de 200 e 500 m.

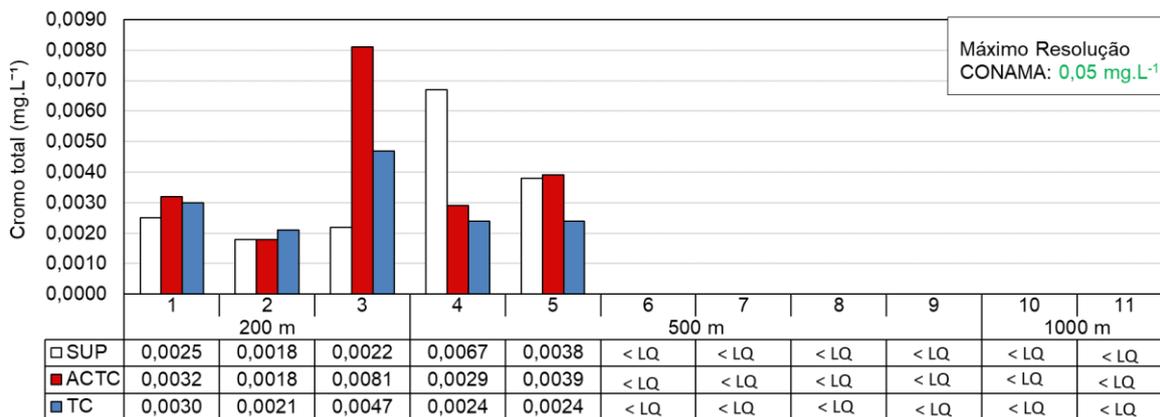


Figura 34: Distribuição das concentrações de cromo nas estações no entorno do FPSO Fluminense durante a 19ª campanha de Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema, Baía de Campos.

Para o ferro total, foram obtidas 22 concentrações quantificáveis, que variaram de a 0,01 mg.L⁻¹ (estação 4 – ACTC) a 0,9 mg.L⁻¹ (estação 3 – TC) (**Figura 35**). A presença de ferro ocorreu na maioria das estações, com o seu maior valor na estação 3, localizada no raio de 200 m. A Resolução CONAMA 357/05 não estabelece limite máximo para ferro total para águas salinas classe 1 e foram identificadas diferenças significativas (Kruskall-Wallis, $p < 0,05$) entre os resultados obtidos nos três raios amostrados ($p = 0,0216$). O teste a *posteriore* que a diferença está entre os raios de 200 e 500 m.

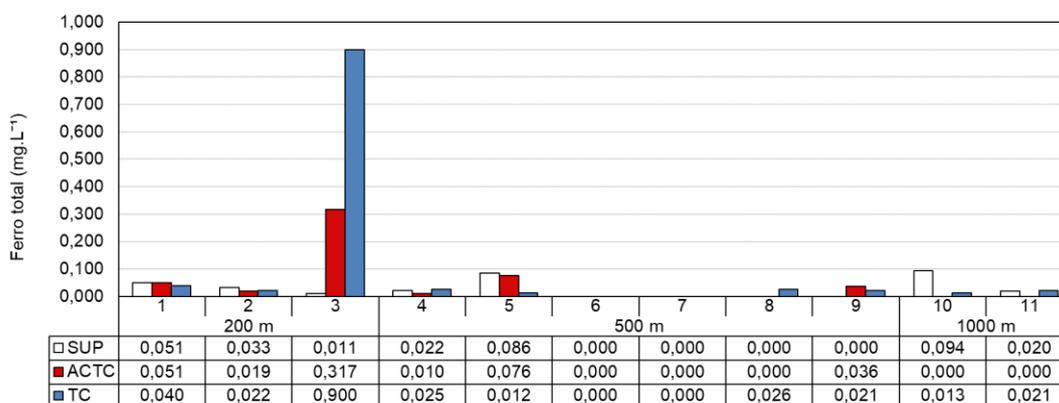


Figura 35: Distribuição das concentrações de ferro total nas estações no entorno do FPSO Fluminense durante a 19ª campanha de Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema, Baía de Campos.

Para o selênio, a maior parte das amostras apresentou resultados quantificáveis, com variações de 0,001 mg.L⁻¹ (estação 11 - SUP) a 0,018 mg.L⁻¹ (estação 4 – SUP) (**Figura 36**). Três resultados estiveram acima do limite estabelecido pela Resolução CONAMA 357/05 para águas salinas classe 1, que é de 0,01 mg.L⁻¹, correspondendo às estações 1 – TC (0,011 mg.L⁻¹); 4 – SUP (0,018 mg.L⁻¹) e 5 – ACTC (0,016 mg.L⁻¹). A estação 5 – SUP teve resultado igual ao limite estabelecido. Adicionalmente o teste de Kruskal-Wallis, ($p < 0,05$)

não identificou diferenças significativas entre os resultados obtidos nos três raios amostrados ($p= 0,15$).

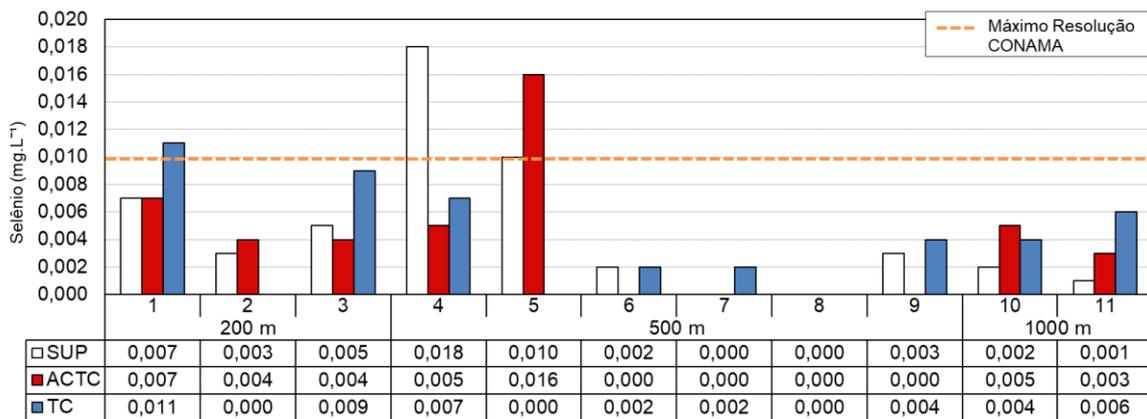


Figura 36: Distribuição das concentrações de selênio nas estações no entorno do FPSO Fluminense durante a 19ª campanha de Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos.

Para o metal tálio apenas duas amostras foram quantificadas, estando as demais inferiores ao limite de quantificação ($< 0,0005 \text{ mg.L}^{-1}$). Ambas as concentrações de tálio obtidas foram de $0,0034 \text{ mg.L}^{-1}$ (estação 9 – SUP) e $0,0039 \text{ mg.L}^{-1}$ (estação 7 – TC), estando abaixo do preconizado pela Resolução CONAMA 357/05 para águas salinas classe 1 ($0,1 \text{ mg.L}^{-1}$).

Para o metal urânio as concentrações variaram de $0,00236 \text{ mg.L}^{-1}$ (estação 7 – TC) a $0,00328 \text{ mg.L}^{-1}$ (estação 9 – SUP), sendo possível observar que não houve um padrão ao longo das estações. **(Figura 37)**. Todas as amostras estiveram abaixo do limite estabelecido pela Resolução CONAMA 357/05 para águas salinas classe 1 ($0,5 \text{ mg.L}^{-1}$). Não foi detectada diferença significativa entre os raios ($p = 0,4679$).

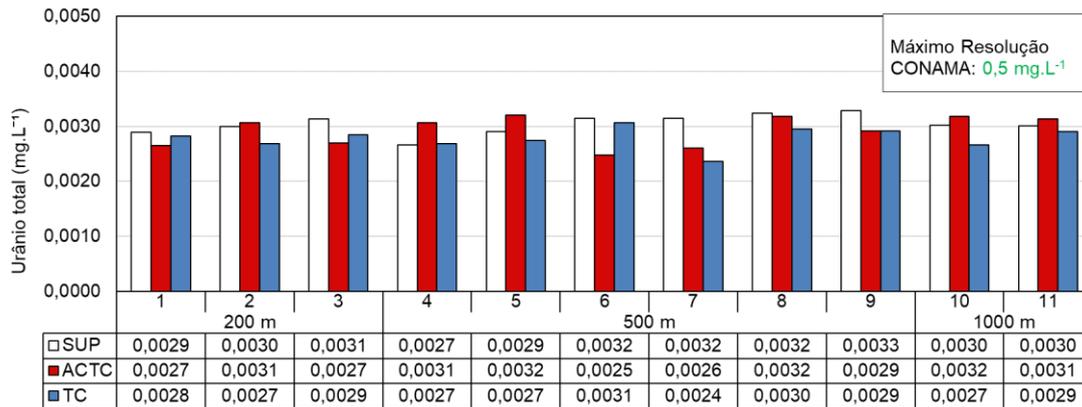


Figura 37: Distribuição das concentrações de urânio nas estações no entorno do FPSO Fluminense durante a 19ª campanha de Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos

Com relação ao elemento zinco, este apresentou sete concentrações quantificadas, com valores indo de 0,05 mg.L⁻¹ (estação 5 - ACTC) até 3,33 mg.L⁻¹ (estação 1 – ACTC), conforme mostra a **Figura 38**. Desses seis resultados, três estiveram acima do limite estabelecido pela Resolução CONAMA 357/05 (0,09 mg.L⁻¹), correspondendo às estações 1 – SUP, 1 – ACTC e 2 – SUP. Destaca-se que apesar deste panorama envolver as amostras no raio de 200 m, é descartada influência da água produzida, tendo em vista que durante o período de campo não foi realizado descarte. Foram identificadas diferenças significativas (Kruskall-Wallis, $p < 0,05$) entre os resultados obtidos nos três raios amostrados ($p = 0,0311$). O teste *a posteriori* não identificou em quais raios se deu essa diferença.

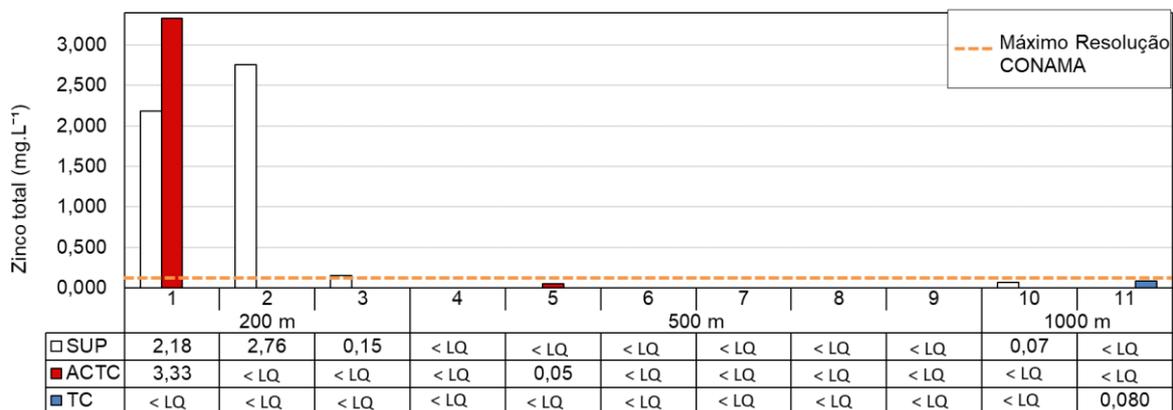


Figura 38: Distribuição das concentrações de zinco nas estações no entorno do FPSO Fluminense durante a 19ª campanha de Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos.

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, as amostras foram coletadas em triplicata para este parâmetro, isto ocorreu pois, durante a etapa de negociação com o laboratório responsável pelas análises químicas da presente campanha, o limite de quantificação (LQ) para Cianeto livre era equivalente ao valor máximo estipulado para águas salinas classe 1 pela Resolução CONAMA 357/05 – 0,001 mg.L⁻¹.

Os resultados das análises mostraram que as concentrações de cianeto foram não detectadas em todas as estações (LD = 0,0003 mg.L⁻¹) em todas as amostras. Nas campanhas anteriores não foram quantificadas concentrações de cianeto no entorno do FPSO Fluminense.

5.2.5. Fluoretos

Nas estações distribuídas no entorno da FPSO Fluminense foram observadas concentrações variando de 0,43 (estação 2 - TC) a 0,68 mg.L⁻¹ (estação 11 - ACTC), sem padrão espacial claro em relação a coluna d'água (**Figura 39**). Este cenário foi corroborado pelo teste estatístico, uma vez que não foi observada diferença significativa (Kruskal-Wallis, $p < 0,05$) entre os raios de amostragem ($p = 0,0608$).

Verificou-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⁻¹). Os resultados de fluoretos obtidos na presente campanha (2022) mostram-se dentro da variabilidade observada nas campanhas anteriores (**Figura 40**). 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. Diferenças significativas (Kruskal-Wallis, $p < 0,05$) em relação à atual campanha foram identificadas em relação aos resultados obtidos para a maioria das estações, à exceção de 2016 ($p = 0,2172$) e 2018 ($p = 1,0$).

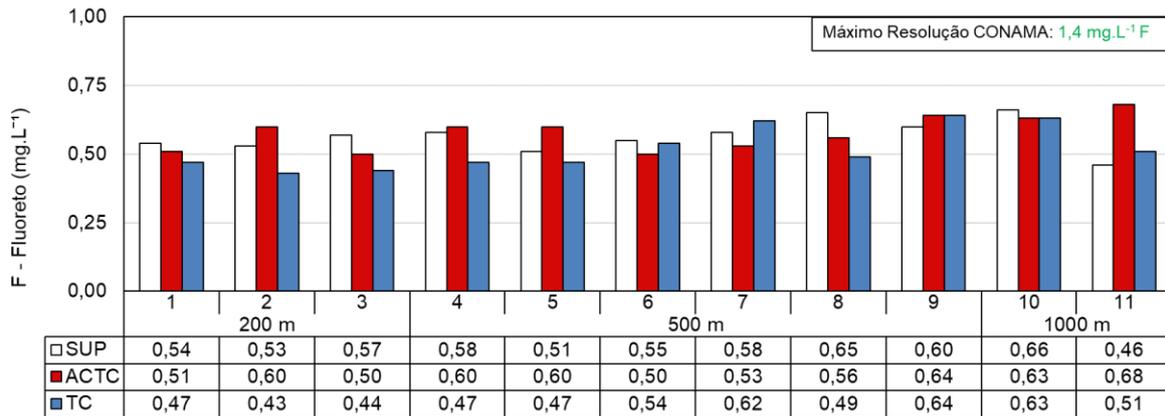


Figura 39: Distribuição das concentrações de fluoreto nas estações no entorno do FPSO Fluminense durante a 19ª campanha de Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos.

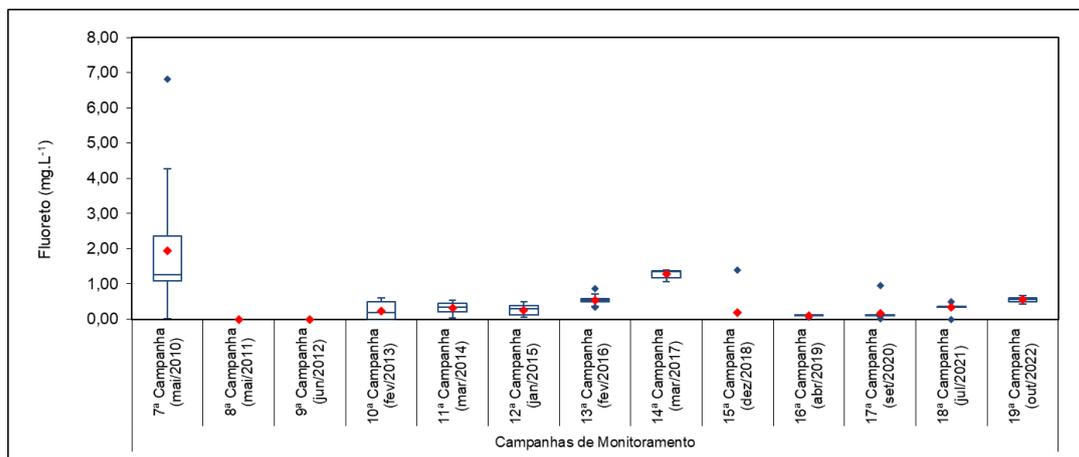


Figura 40: Concentrações de fluoreto observadas nas 12 últimas Campanhas de Monitoramento Ambiental realizadas no campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos.

5.2.6. Sulfetos

A partir dos resultados das análises de sulfeto, não foram encontradas concentrações detectáveis de sulfeto em nenhuma amostra analisada ($LD= 0,0005 \text{ mg.L}^{-1}$), 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 $0,002 \text{ mg.L}^{-1}$).

5.2.7. Cloro Residual Total

A análise de cloro residual total no entorno do FPSO Fluminense foi realizada em triplicata, não sendo verificada concentração detectável em nenhuma das estações amostradas ($LD= 0,003 \text{ mg.L}^{-1}$), resultados inferiores ao máximo requerido para águas salinas classe 1

pela Resolução CONAMA 357/05 (0,01 mg.L⁻¹). Nas campanhas anteriores não foram quantificadas concentrações de cloro residual em nenhuma estação/profundidade.

5.2.8. Radioisótopos

Os radioisótopos Rádio-226 (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, não foram encontradas concentrações quantificáveis (LQ= 0,02 Bq L⁻¹) de ²²⁸Ra. Para ²²⁶Ra apenas uma amostra obteve concentração quantificável (estação 9 – TC: 0,01 Bq L⁻¹) estando as demais amostras <LQ (LQ = 0,01 Bq L⁻¹). A Resolução CONAMA 357/05 não preconiza limites para os radioisótopos.

Nas campanhas realizadas anteriormente no entorno do FPSO Fluminense, foram obtidos resultados de ²²⁶Ra em 2020 (duas amostras, 0,0115 e 0,0132 Bq.L⁻¹) e em 2019 em seis amostras com valores que oscilaram entre 0,010 e 0,020 Bq.L⁻¹, e na campanha de 2020 em apenas uma amostras foi quantificada concentração de ²²⁸Ra, de 0,0254 Bq.L⁻¹ (**Figura 41**).

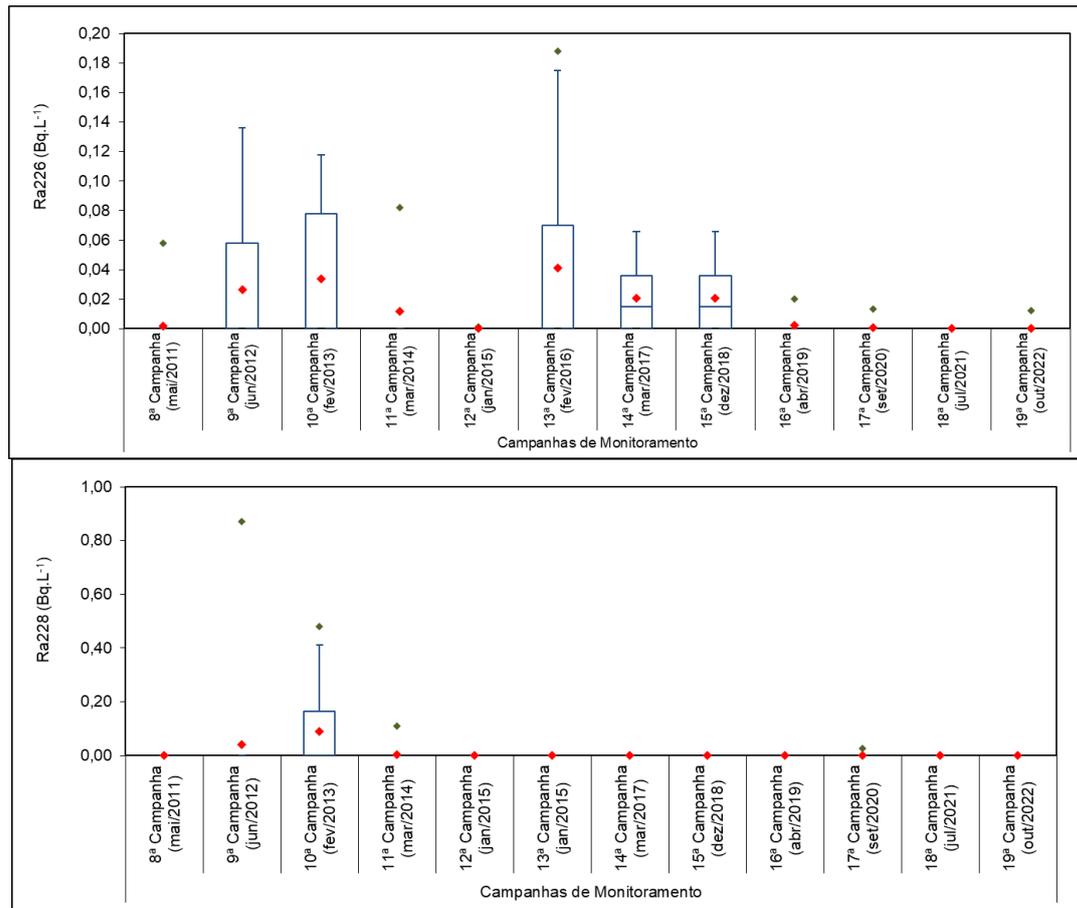


Figura 41: Concentrações de radioisótopos observadas nas 13 últimas Campanhas de Monitoramento Ambiental realizadas no campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos.

5.3. Parâmetros Orgânicos

5.3.1. Carbono Orgânico Total (COT)

As concentrações de carbono orgânico total (COT) observadas no entorno do FPSO Fluminense na presente campanha apresentaram valores que variaram de 0,70mg.L⁻¹ (estação 11 – TC) a 1,60mg.L⁻¹ (estação 2 – ACTC), como pode ser observado na **Figura 42**. Diferenças significativas (Kruskal-Wallis, $p < 0,05$) entre os raios de amostragem foram verificadas ($p = 0,0004$), entretanto o teste *a posteriori* não indicou entre quais raios. A Resolução CONAMA 357/05 estabelece o limite de 3 mg.L⁻¹ de COT para águas salinas classe 1, não tendo nenhum resultado ultrapassado este limiar (**Figura 42**).

As concentrações de COT observadas na presente campanha se mantiveram dentro do intervalo de dados observado ao longo do Projeto Monitoramento do FPSO Fluminense. Ao aplicar o teste de variabilidade, identificou-se que as seguintes campanhas não apresentaram diferença significativa (Kruskal-Wallis, $p > 0,05$) 2011 ($p = 0,0795$); 2017 ($p = 0,6906$), 2020 ($p = 0,0566$) e 2021 ($p = 0,0735$) (**Figura 43**).

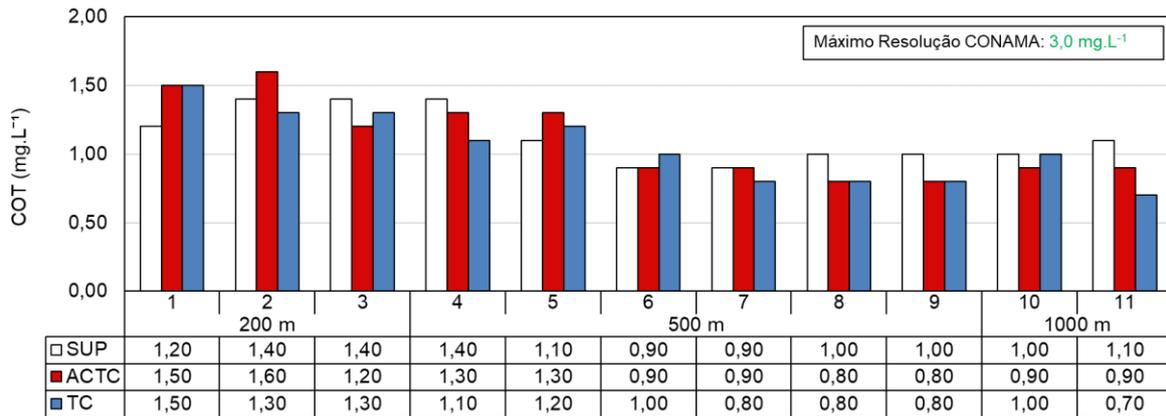


Figura 42: Distribuição das concentrações de Carbono Orgânico Total (COT) nas estações no entorno do FPSO Fluminense durante a 19ª campanha de Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos.

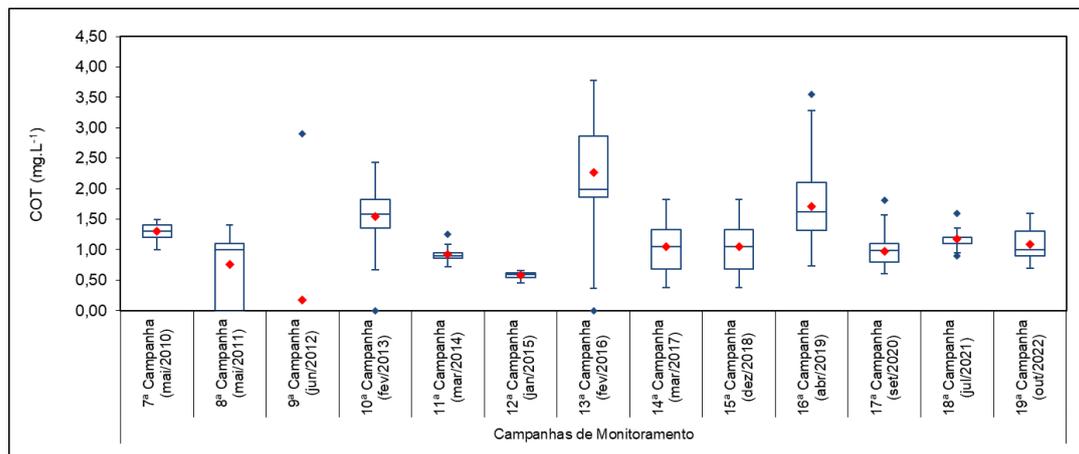


Figura 43: Concentrações de COT observadas nas 12 últimas Campanhas de Monitoramento Ambiental no campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos.

5.3.2. Surfactantes

Na presente campanha, para os surfactantes nenhuma amostra apresentou concentração quantificável, tendo a maioria (15 amostras) dos resultados sido inferior ao LQ (LQ = 0,1 mg.L⁻¹) e 18 amostras sido não detectadas (LD= 0,03 mg.L⁻¹). A Resolução CONAMA 357/05 estabelece o valor máximo de 0,2 mg.L⁻¹ 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 detectadas concentrações de PCBs (LD< 0,000021µg.L⁻¹) 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 $0,03 \mu\text{g.L}^{-1}$.

5.3.4. Tributilestanho

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

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

Este parâmetro apresentou concentrações quantificáveis, pela primeira vez, na campanha de 2019, onde foram observados valores de tributilestanho em quatro amostras com variação de $0,0011$ a $0,015 \mu\text{g.L}^{-1}$, tendo o valor máximo ultrapassado o limite estabelecido pela Resolução CONAMA 357/05 (limite de $0,01 \mu\text{g.L}^{-1}$). Na campanha realizada em 2020 foram verificadas concentrações quantificáveis de tributilestanho ($LQ= 0,001 \mu\text{g.L}^{-1}$) em 20 das 33 amostras coletadas no entorno do FPSO Fluminense, com valores que variaram de $0,0011$ (estação 8 - ACTC) a $0,0083 \mu\text{g.L}^{-1}$ (estação 3 - SUP).

5.3.5. Hidrocarbonetos e Fenóis

No presente trabalho foram avaliados os 16 hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (HPAs) considerados como prioritários segundo a USEPA em função de suas comprovadas características mutagênicas e carcinogênicas: naftaleno, acenaftileno, acenafteno, fluoreno, fenantreno, antraceno, fluoranteno, pireno, benzo(a)antraceno, criseno, benzo(b)fluoranteno, benzo(k)fluoranteno, benzo(a)pireno, indeno(1,2,3-c,d)pireno, dibenzo(a,h)antraceno, benzo(ghi)perileno. Também foram avaliados os hidrocarbonetos alifáticos (C10 a C40), incluindo-se os n-alcenos, pristano, fitano, hidrocarbonetos resolvidos de petróleo (HRP), mistura complexa não resolvida (MCNR) e hidrocarbonetos totais de petróleo (HTP), além de fenóis totais.

Concentrações de hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (HPAs) não foram detectadas ($LD = 0,0015 \mu\text{g.L}^{-1}$). A Resolução CONAMA 357/05 estabelece limite de até $0,018 \mu\text{g.L}^{-1}$ em águas salinas classe 1 para corpos de água onde haja pesca ou cultivo de organismos para fins de consumo intensivo (mais restritivo), sendo este limite aplicável apenas para os

compostos benzo(a)antraceno, benzo(a)pireno, benzo(b)fluoranteno, benzo(k)fluoranteno, criseno, dibenzo(a,h)antraceno e indeno(1,2,3-cd)pireno, estando assim os resultados em conformidade com a legislação.

Os hidrocarbonetos alifáticos ocorrem naturalmente na água do mar em concentrações que variam entre <1 e $10 \mu\text{g.L}^{-1}$, em função da significativa produção biogênica, enquanto que concentrações de n-alcenos de até $16 \mu\text{g.L}^{-1}$ são reportadas na literatura como indicativas de uma contribuição antropogênica baixa ou ausente (PETROBRAS, 2013).

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 (BOULOBASSI; SALIOT, 1993). Resultados da razão MCNR/HRP superiores a 4 indicam um processo de intemperização de hidrocarbonetos, enquanto que valores inferiores a 4 são indicativos de uma introdução recente de óleo (READMAN *et al.*, 2002).

Na presente campanha, não foi verificada concentração detectável de MCNR em nenhuma das estações amostradas ($LD = 30,3 \mu\text{g.L}^{-1}$). Na campanha realizada em 2020 apenas uma amostra (estação 9 – ACTC) apresentou concentração quantificável de MCNR (igual a $407,2 \mu\text{g.L}^{-1}$), nesta mesma campanha o HTP também apresentou concentração de $407,2 \mu\text{g.L}^{-1}$, sendo composto totalmente pela MCNR. Em 2019 apenas uma amostra da estação 7 apresentou concentrações de hidrocarbonetos. No ano de 2014, 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-alcenos totais), além de outros picos não identificados de compostos resolvidos e não resolvidos (HRP e MCNR, respectivamente).

Para a presente campanha foram também analisados os compostos BTEX (benzeno, tolueno, etilbenzeno e xilenos), não tendo sido verificados valores acima do LD ($<0,008 \mu\text{g.L}^{-1}$ para benzeno, etilbenzeno, o-Xileno, tolueno e $0,017 \mu\text{g.L}^{-1}$ para m,p - xileno), estando abaixo do preconizado pela Resolução CONAMA ($215 \mu\text{g.L}^{-1}$).

Na campanha realizada no ano de 2020 os compostos BTEX foram quantificados em apenas duas amostras na estação 5, uma com valor de xileno de $2,8 \mu\text{g.L}^{-1}$ e outra para etilbenzeno de $4,8 \mu\text{g.L}^{-1}$, para as demais amostras os valores estiveram abaixo do LQ ($<1 \mu\text{g.L}^{-1}$ para benzeno, tolueno, etilbenzeno e $2 \mu\text{g.L}^{-1}$ para xilenos), mesmo com duas amostras quantificadas, todos os valores detectados no ano de 2020 estiveram abaixo do preconizado pela legislação.

Concentrações de BTEX, especificamente de tolueno, foram observadas na campanha de 2013, em três amostras da estação 5 com valores de 3,69, 4,86 e 4,07 $\mu\text{g.L}^{-1}$, tendo os presentes valores sido similares ao reportado na campanha de 2020. Contudo, estes valores também estiveram abaixo do estabelecido pela legislação ambiental brasileira.

Para fins de comparação, a Resolução CONAMA 357 estabelece para os compostos benzeno, tolueno e etilbenzeno os limites de até 700, 215 e 25 $\mu\text{g.L}^{-1}$.

Com relação aos fenóis, todas as amostras estiveram abaixo do LD ($<0,3 \mu\text{g.L}^{-1}$). Na campanha de 2020 foram detectadas concentrações em todas as amostras, com os valores oscilando de 0,06 $\mu\text{g.L}^{-1}$ (estação 3 – TC) a 60 $\mu\text{g.L}^{-1}$ (estações 4, 6 e – S; estação 11 -ACTC; estações 1 e 8 – TC), valendo ressaltar que os valores quantificados não ultrapassaram o limite estabelecido pela legislação brasileira para este parâmetro (60 $\mu\text{g.L}^{-1}$). Para a campanha seguinte (2021) os resultados também foram não detectados, estando em acordância com a presente campanha, bem como com os resultados anteriores a 2020.

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^{-1} , com máximo diário de 42,0 mg.L^{-1} . No presente estudo, assim como nas campanhas anteriores não foram verificados óleos e graxas em nenhuma estação, mesmo nas localizadas a 200 m da FPSO 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 na observação de possíveis efeitos da qualidade da água na biota aquática, posto que o efeito sinérgico de poluentes pode 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. Não foi

observada mortalidade em nenhuma amostra, com 100% de sobrevivência no controle. A conclusão foi de que não foi apresentado efeito agudo para *M. juniae*.

Os testes de toxicidade crônica corroboraram a ausência de toxicidade sobre a biota, como pode ser observado na **Tabela 7**. Nestes ensaios, foram avaliados efeitos nocivos aos embriões do ouriço *Echinometra lucunter* após exposição de ovos do organismo às amostras de água do mar por um período entre 24 e 28h. Os resultados em cada estação/profundidade foram representados em percentual (%) de *pluteus* normais. Os menores percentuais de larvas *pluteus* normais foram verificados na amostra da estação 6 – ACTC (88,5%). 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 controles empregados, quando os percentuais de *pluteus* normais foi de 91,5% (amostras de 1 – SUP a 5 – TC) e 88,0% (amostras das estações 6 – SUP a 11 – TC). Assim os resultados estão em acordo com o preconizado pela Resolução CONAMA 357/05.

Tabela 7: Resultados do teste de ecotoxicidade crônica no entorno do FPSO Fluminense durante a 19ª 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	91,2	94,8	92,8
	2	93,5	94,5	96,8
	3	93,8	95,5	93,8
	4	96,5	93,8	93,2
500 m	5	94,5	96,2	94,5
	6	91,0	88,5	94,5
	7	91,5	93,2	92,0
	8	91,8	90,5	91,8
	9	92,5	93,5	92,5
1.000 m	10	92,5	93,0	93,8
1.000 m	11	89,8	88,8	90,0

5.5. Biota

5.5.1. Fitoplâncton

As amostras de fitoplâncton foram coletadas juntamente com as amostras para análises químicas nas mesmas profundidades, porém em cinco estações (estações 1, 3, 5, 7 e 10), distribuídas na malha amostral da 19ª 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 no **ANEXO D**.

5.5.1.1. Composição específica

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

Por outro lado, a comunidade microfitoplanctônica (> 20 μm) permitiu uma análise mais profunda e foi dividida em grandes grupos (categorias taxonômicas como classes e até mesmo grupos artificiais): diatomáceas (Bacillariophyta), dinoflagelados (Dinoflagellata), cianobactérias (Cyanobacteria) e cocolitoforídeos (Haptophyta - Classe Coccolithophyceae), de forma que a composição da comunidade do microfitoplâncton pode ser analisada mais profundamente, conforme será abordado adiante.

Na atual campanha no entorno do FPSO Fluminense, o microfitoplâncton foi composto por 77 táxons distintos, pertencentes a diferentes grupos do fitoplâncton, sendo a maioria diatomáceas (32 táxons), seguido pelos dinoflagelados (31 táxons), cocolitoforídeos (09 táxons), cianobactérias (5 táxons), conforme a **Figura 44**. A predominância de diatomáceas e de dinoflagelados na comunidade microfitoplanctônica, totalizando 41,6% do total de número de táxons, é comum nos ambientes oceânicos, conforme reportado por diversos autores para regiões no Atlântico Sul (TENENBAUM *et al.*, 2007; OLGUÍN *et al.*, 2006). Segundo Hallegraeff (1984) a importância das diatomáceas está associada a sua grande participação na produção primária marinha e sua biodiversidade. Já os dinoflagelados formam parte da alimentação de vários organismos planctônicos e conseqüentemente, são muito importantes na transferência de energia na rede trófica, sendo comum a dominância de dinoflagelados sob diatomáceas em águas oceânicas (TENENBAUM *et al.*, 2006; PASSAVANTE *et al.*, 1982; MARGALEF, 1972). A campanha atual demonstra seguir o padrão de contribuição observado nas campanhas pretéritas, com a composição do microfitoplâncton apresentando também, a predominância de diatomáceas e de dinoflagelados sob os demais grupos, seguidos de cocolitoforídeos (contribuição de 11,7% para esta campanha). As cianobactérias contribuíram, em geral, com 6,5%, estando de acordo com as campanhas pretéritas.

Contribuição por Grupos

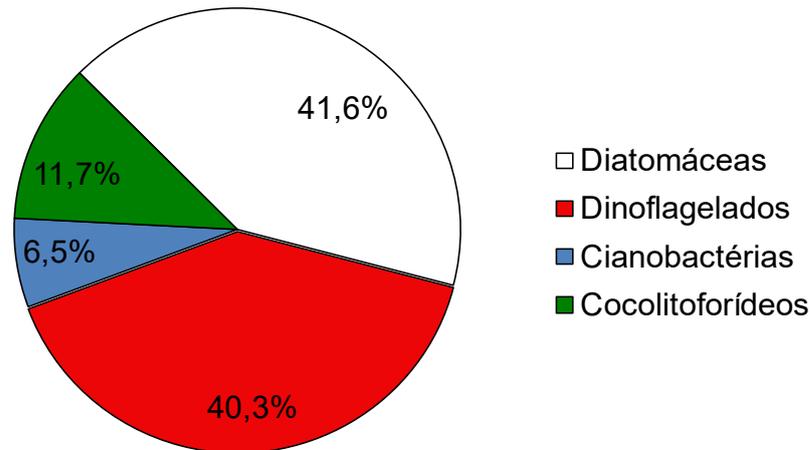


Figura 44: Contribuição percentual das classes taxonômicas do microfitoplâncton identificadas nas estações de amostragem no entorno do FPSO Fluminense durante a 19ª campanha de Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos.

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 *Calciosolenia murrayi* e *Ophiaster hydroideus* (WOOD, 1968; CHRÉTIENNOT-DINET, 1990; HASLE; SYVERSTSEN, 1997; STEIDINGER; TANGEN, 1997; HEIMDAL, 1997; CAPONE *et al.*, 1997; LUNDGREN *et al.*, 2001, TENEMBAUM *et al.*, 2006).

5.5.1.2. Riqueza

Nanoplâncton

Com relação ao nanoplâncton, a riqueza oscilou entre 2 e 5 táxons, tendo o valor máximo sido observado nas estações 07 e 10 em ACTC (**Figura 45**), além disso, não foi identificada diferença significativa entre os três raios de amostragem 200, 500 e 1.000 m (Kruskal-Wallis, $p < 0,05$), com $p = 0,8796$, no entanto, foi indentificada diferença significativa entre os estratos ACTC e TC ($p = 0,0096$).

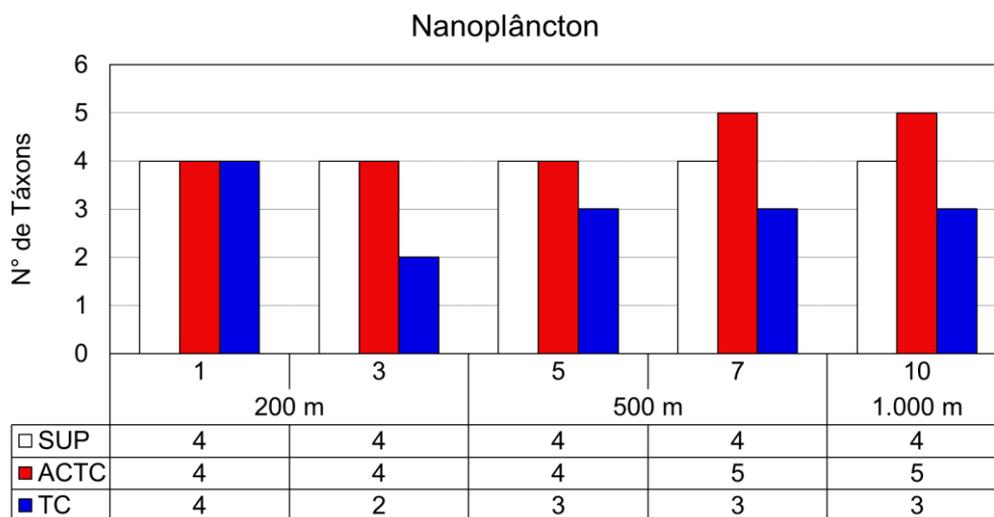


Figura 45: Número de táxons do nanoplâncton em cada profundidade nas cinco estações monitoradas durante a 19ª campanha de Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos.

O nanoplâncton não identificado e as cianobactérias estiveram presentes em 100% das amostras, enquanto as diatomáceas não foram encontradas em duas amostras (ACTC - estação 1 e TC - estação 3), os dinoflagelados não foram encontrados em quatro amostras (SUP e ACTC - estação 3 e TC das estações 5 e 7) e os cocolitoforídeos não foram encontrados em nenhuma profundidade da estação 5 e nas estações 1, 3, 7 e 10, nas profundidades SUP e TC, como pode ser visto na **Figura 46**. Não ocorreu um padrão claro de distribuição desses grupos entre as estações ou profundidades.

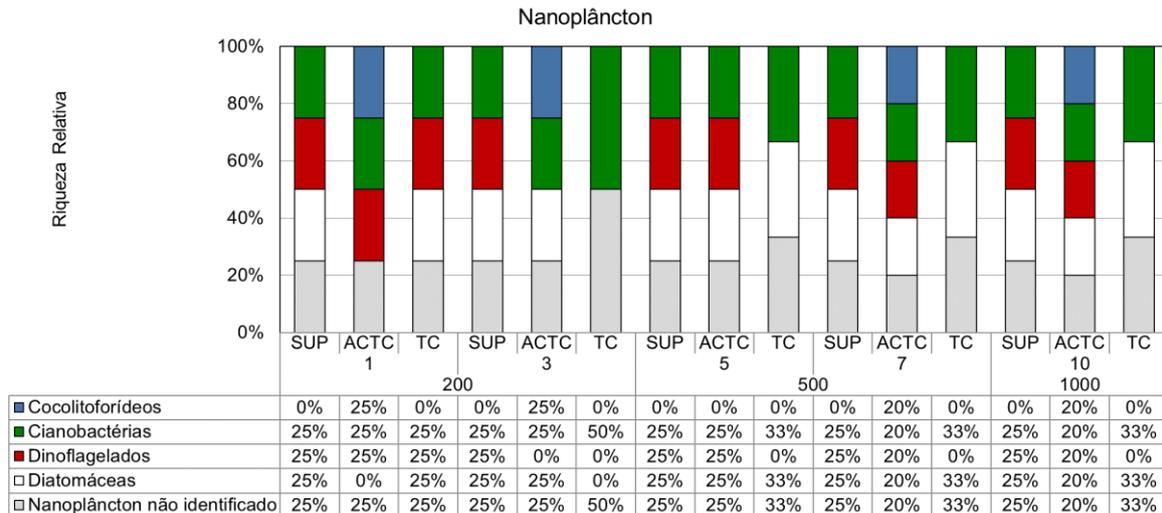


Figura 46: Contribuição percentual da riqueza de táxons do nanoplâncton por categoria taxonômica nas cinco estações e em cada profundidade monitorada durante a 19ª campanha de Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos.

Microfitoplâncton

A **Figura 47** mostra o número de táxons do microfitoplâncton ao longo das estações e profundidades, variando entre 19 táxons na estação 10 – ACTC e 36 táxons na estação 10 – SUP. Não foi identificada uma tendência de comportamento, uma vez que as maiores riquezas de cada estação se alternaram entre os estratos. Este panorama é corroborado pelo teste estatístico Kruskal-Wallis ($p < 0,05$), uma vez que não foi identificada diferença significativa entre os resultados de cada estrato ($p = 0,3144$). Além disso, o teste não indicou diferença entre os raios de amostragem ($p = 0,8742$), não sendo, portanto, identificada uma relação entre o número de táxons e a proximidade do FPSO.

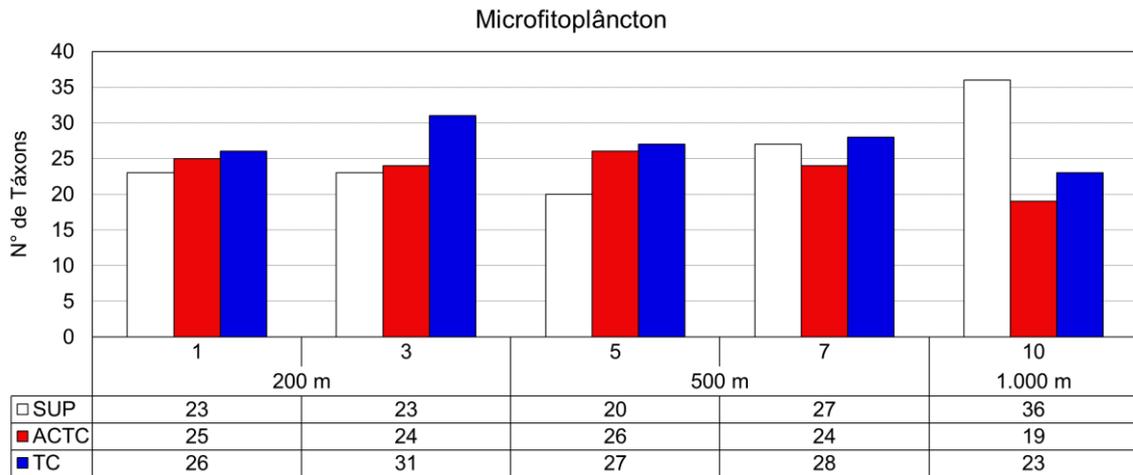


Figura 47: Número de táxons do microfitoplâncton em cada profundidade nas cinco estações monitoradas durante a 19ª campanha de Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos.

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

Tabela 8: Número de táxons do microfitoplâncton e estatística descritiva das cinco estações monitoradas durante a 19ª campanha de Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos.

Distância	Estação	Código	Diatomáceas	Dinoflagelados	Cianobactérias	Cocolitofórídeos	Nº de táxons
200 m	1	SUP	7	11	2	3	23
		ACTC	10	8	3	4	25
		TC	8	13	2	3	26
	3	SUP	6	11	2	4	23
		ACTC	10	10	2	2	24
		TC	8	13	4	6	31
500 m	5	SUP	7	11	1	1	20
		ACTC	7	15	2	2	26
		TC	8	14	2	3	27
	7	SUP	9	13	2	3	27
		ACTC	7	11	2	4	24
		TC	10	14	2	2	28
1.000 m	10	SUP	15	16	3	2	36
		ACTC	7	6	1	5	19
		TC	11	10	2	0	23
TOTAL			32	31	5	9	77
Mínimo			6	6	1	0	19
Máximo			15	16	4	6	36
Média			8,67	11,73	2,13	2,93	25,47
Desvio Padrão			2,29	2,66	0,74	1,53	4,21
CV%			26,41%	22,66%	34,84%	52,29%	16,52%

A **Figura 48** mostra a distribuição por grupos ao longo das estações. Percebe-se que as maiores contribuições de dinoflagelados e diatomáceas ao longo de todas as estações/profundidades, com menores contribuições de cocolitoforídeos e cianobactérias. Na maioria das amostras os dinoflagelados foram predominantes, representando mais de 31% dos táxons. Nas estações em que os dinoflagelados não predominaram, as diatomáceas foram mais representativas.

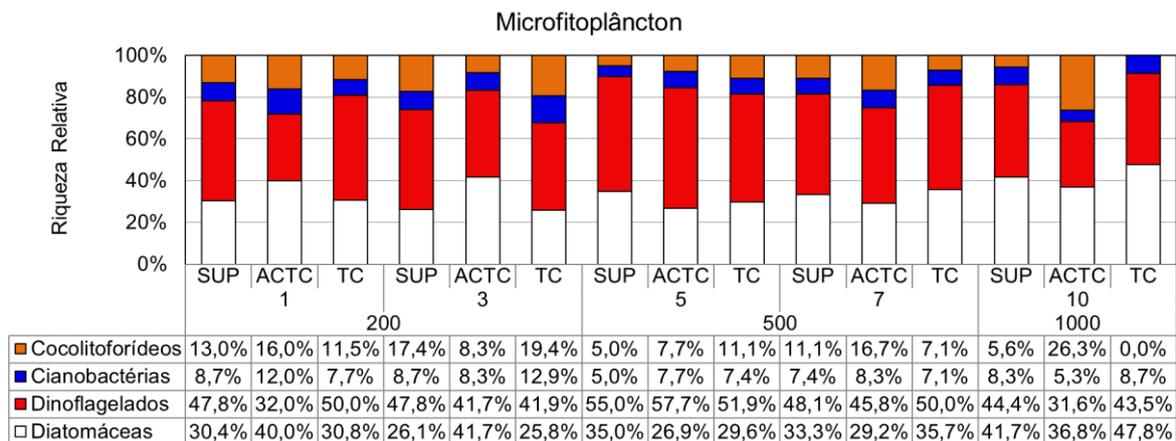


Figura 48: Contribuição percentual da riqueza de táxons por categoria taxonômica nas cinco estações e em cada profundidade monitorada durante a 19ª campanha de Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos.

Um total de 13 táxons (16,9% do total de táxons) foi classificado como muito frequentes na área, por terem sido registrados em mais de 70% das amostras (12 a 15 amostras). A **Tabela 9** lista estes táxons, onde se verifica que uma parcela importante é identificada pelo morfotipo, caso de dinoflagelados e de diatomáceas.

Dentre as diatomáceas mais frequentes, observa-se a espécie *Cylindrotheca closterium* que representa um sinônimo taxonômico da espécie *Ceratoneis 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. 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 meroplanctônicos (Round, 1981 *apud* Kingston, 2009).

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.

Tabela 9: Táxons do microfitoplâncton muito frequentes durante a 19ª campanha de Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos.

Grupo	Táxons mais frequentes (>70%)	Frequência
Diatomácea	<i>Cylindrotheca closterium</i> (Ehrenberg) Lewin & Reimann	100,0%
Diatomácea	Diatomácea penata 1A	100,0%
Dinoflagelado	Gymnodiniales 1A	100,0%
Dinoflagelado	Gymnodiniales 2A	100,0%
Dinoflagelado	Gymnodiniales 3A	100,0%
Dinoflagelado	Gymnodiniales 4A	100,0%
Dinoflagelado	<i>Heterocapsa</i> spp.	100,0%
Cianobactéria	Cianobactéria colonial NI	100,0%
Diatomácea	Pseudo-nitzschia complexo "delicatissima"	86,7%
Dinoflagelado	Dinoflagelado tecado NI 1A	86,7%
Diatomácea	Coscinodiscophyceae A	86,7%
Dinoflagelado	<i>Oxytoxum</i> cf. <i>gracile</i> Schiller	80,0%
Cocolitoforídeo	<i>Calciosolenia murrayi</i> Gran	80,0%

A **Tabela 10** sintetiza os resultados obtidos em números de táxons identificados ao longo das 13 campanhas de monitoramento. A média da campanha variou bastante, de 21 (2015) a 36 (2012), com os resultados obtidos na presente campanha (média de 25,5 táxons) similares aos observados nos últimos anos. Em geral, o número de táxons de diatomáceas predomina sob os táxons de dinoflagelados ao longo das campanhas de monitoramento, no entanto, na presente campanha o número de táxon de dinoflagelados foi mais representativo. Diferenças entre as campanhas e predomínio de grandes grupos pode estar associada à variabilidade entre os períodos amostrados, bem como a fatores físico-químicos.

Tabela 10: Estatística descritiva do número de táxons das estações monitoradas durante as campanhas de Monitoramento Ambiental do entorno do FPSO Fluminense durante os anos de 2010 a 2022.

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	-

Tabela 10: Estatística descritiva do número de táxons das estações monitoradas durante as campanhas de Monitoramento Ambiental do entorno do FPSO Fluminense durante os anos de 2010 a 2022.

NÚMERO DE TÁXONS								
Campanhas	Dado	Total	Diat	Dino	Ciano	Cocol	Silico	Eugl
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	21	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	28,90	15,00	9,00	1,00	0,10	2,80	0,40
	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	28,90	15,00	9,00	1,00	0,10	208,00	0,40
	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	22,00	6,00	12,00	1,00	3,00	-	-
	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	29,80	9,20	14,30	3,20	2,80	-	0,30
	Desvio-padrão	3,32	2,04	2,29	0,77	1,32	-	0,46
2020	Mínimo	23	15	5	1	1	-	1
	Máximo	40	26	13	3	3	-	1
	Média	31,70	20,67	8,60	1,67	1,38	-	1
	Desvio-padrão	5,56	4,20	2,47	0,62	0,74	-	1

Tabela 10: Estatística descritiva do número de táxons das estações monitoradas durante as campanhas de Monitoramento Ambiental do entorno do FPSO Fluminense durante os anos de 2010 a 2022.

NÚMERO DE TÁXONS								
Campanhas	Dado	Total	Diat	Dino	Ciano	Cocol	Silico	Eugl
2021	Mínimo	25	11	8	1	2	0	0
	Máximo	39	21	15	3	7	1	1
	Média	30,40	14,00	10,93	1,40	3,67	0,33	0,07
	Desvio-padrão	3,64	2,42	2,31	0,63	1,40	0,49	0,26
2022	Mínimo	19	6	6	1	0	-	-
	Máximo	36	15	16	4	6	-	-
2022	Média	25,47	8,67	11,73	2,13	2,93	-	-
	Desvio-padrão	4,21	2,29	2,66	0,74	1,53	-	-

Legenda: Diat – Diatomáceas; Dino – Dinoflagelados; Ciano – Cianobactérias; Cocol – Coccolitoforídeos; Silico – silicoflagelados; Eugl - euglenófitas

5.5.1.3. Análise Quantitativa

A densidade celular do fitoplâncton total, nanoplâncton e microfitoplâncton por profundidade de cada estação é apresentada na **Tabela 11**. Como mencionado anteriormente a avaliação do nanoplâncton permite a discussão em termos quantitativos, em detrimento à abordagens qualitativas, visto que os organismos são identificados somente em grandes grupos, sendo possível identificar uma parcela muito pequena do total de organismos. O fitoplâncton total apresentou densidade celular entre $3,98.10^6$ (estação 1 - ACTC) a $6,63.10^6$ cel.L⁻¹ (estação 5 - ACTC), com média de $5,05.10^6$ cel.L⁻¹ (DP – $1,03.10^6$ cel.L⁻¹).

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

Tabela 11: Densidade celular (cel.L⁻¹) total, do microfitoplâncton e do nanofitoplâncton das cinco estações monitoradas durante a 19ª campanha de Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos.

Distância	Amostra	Camada	DENSIDADE		
			Total	Nanoplâncton	Microfitoplâncton
200 m	1	SUP	6193847	6187346	6501
		ACTC	3978494	3969826	8668
		TC	4333756	4326490	7266

Tabela 11: Densidade celular (cel.L⁻¹) total, do microfitoplâncton e do nanofitoplâncton das cinco estações monitoradas durante a 19ª campanha de Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema, Baía de Campos.

Distância	Amostra	Camada	DENSIDADE		
			Total	Nanoplâncton	Microfitoplâncton
200 m	3	SUP	4457430	4450547	6883
		ACTC	6311425	6303650	7775
		TC	4292646	4287722	4923
500	5	SUP	4033938	4025809	8129
		ACTC	6628614	6621298	7316
		TC	4632086	4623332	8755
	7	SUP	4171122	4163665	7457
		ACTC	6100709	6094303	6405
500	7	TC	4626910	4621126	5784
1.000 m	10	SUP	4005101	3980995	24107
		ACTC	6578277	6554077	24200
		TC	5404531	5400111	4420
Mínimo			3.978.494	3.969.826	4.420
Máximo			6.628.614	6.621.298	24.200
Média			5.049.926	5.040.687	9.239
Desvio Padrão			1.027.933	1.027.557	6.179

O valor da densidade máxima da atual campanha está de acordo com os valores encontrados em campanhas anteriores. A maior densidade mínima, contudo, foi a da 17ª campanha (2020) (**Tabela 12**). Este resultado pertenceu à estação 7 – ACTC.

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 Baía de Campos é comum a ocorrência de vórtices e meandros, que alteram localmente o deslocamento das correntes (e. g., SIGNORINI, 1974; GABIOUX, 2008; FRAGOSO *et al.*, 2008), o que pode estimular o crescimento do fitoplâncton, resultando em oscilações nas densidades.

Tabela 12: Densidade do fitoplâncton total (10⁶cel.L⁻¹) 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

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

Campanhas	Mínimo	Máximo
2018	2,00	3,68
2019	3,59	5,71
2020	7,46	13,37
2021	3,41	13,59
2022	3,98	6,63

Os valores de densidade do nanofitoplâncton variaram entre $3,98 \cdot 10^6$ (estação 1 – ACTC) e $6,62 \cdot 10^6 \text{ cel.L}^{-1}$ (estação 5 – ACTC), conforme a Figura 49. Não foi possível identificar um padrão de comportamento da densidade. Isto é corroborado pelos resultados do teste estatístico (Kruskal-Wallis, $p < 0,05$) tanto ao considerar-se as amostras a 200, 500 e 1000 ($p = 0,9554$), como os diferentes estratos ($p = 0,1791$).

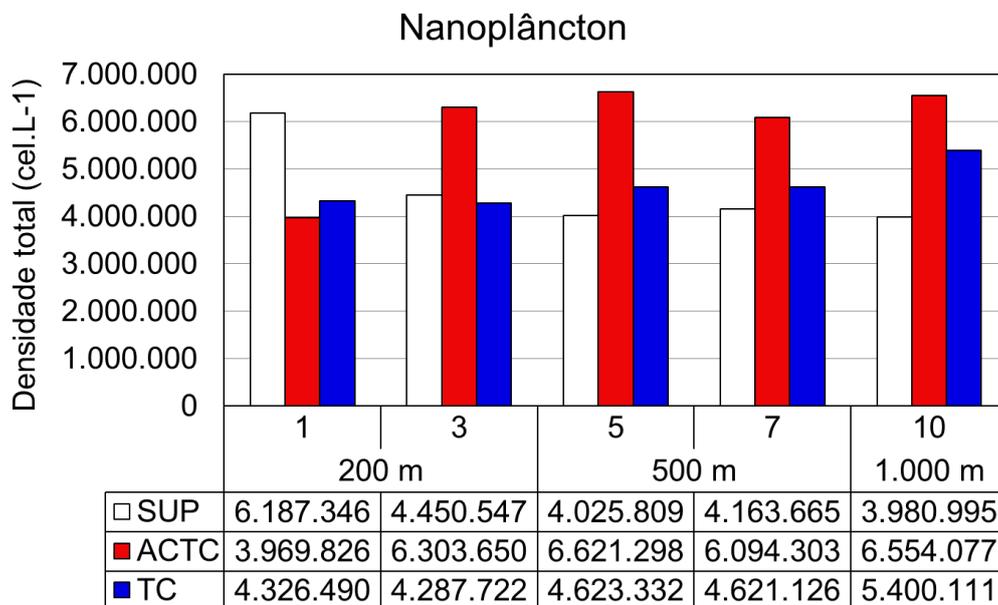


Figura 49: Densidade celular (cel.L^{-1}) do nanofitoplâncton no entorno do FPSO Fluminense durante a 19ª campanha de Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos.

A distribuição da densidade total do microfitoplâncton ($> 20 \mu\text{m}$) variou de $0,4 \cdot 10^4$ (estação 10 - TC) a $2,4 \cdot 10^4 \text{ cel.L}^{-1}$ (estação 10 - ACTC), conforme a **Figura 50**. Não foi observada diferença significativa (Kruskal-Wallis, $p < 0,05$) entre as amostras localizadas a 200, 500 e 1.000 m do ponto de descarte do FPSO para o microfitoplâncton ($p = 0,5037$) e nem ao avaliar os resultados por estrato ($p = 0,2209$).

Os resultados estiveram condizentes com o observado em regiões oceânicas, onde, de um modo geral, são encontradas variações de densidade na ordem de 10^2 a 10^4 cel.L^{-1} no Atlântico Sul (BRANDINI *et al.*, 1997; EYNAUD *et al.*, 1999; CUPELO, 2000).

Tenembaum *et al.* (2017), estudando a comunidade microfitoplânctônica da Bacia de Campos, identificou valores de densidade na plataforma continental oscilando entre as ordens de grandeza de 10^1 a 10^6 cel.L⁻¹ na plataforma continental reduzindo em direção ao talude, estando os atuais valores dentro desta variação.

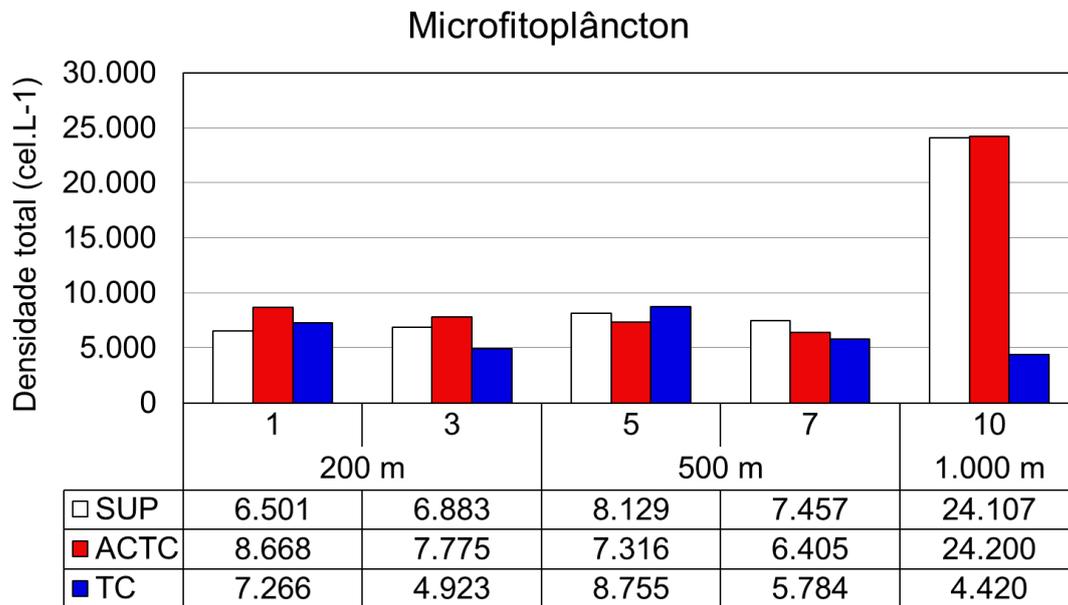


Figura 50: Densidade celular do microfitoplâncton (cel.L⁻¹) nas cinco estações monitoradas durante a 19ª campanha de Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos.

No que diz respeito à densidade celular, os dinoflagelados foram o grupo que apresentou a maior contribuição para a densidade total (média de 3.963 cel.L⁻¹) seguidos das diatomáceas (média de 3.532 cel.L⁻¹), das algas cianobactérias (média de 1.252 cel.L⁻¹) e, em menor número, os coccolitoforídeos (média 492 cel.L⁻¹) (**Tabela 13**).

Tabela 13: Densidade celular (cel.L⁻¹) do microfitoplâncton total e das categorias taxonômicas identificadas nas cinco estações monitoradas durante 19ª campanha de Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos.

Distância	Amostra	Camada	MICROFITOPLÂNCTON				Total
			Diatomáceas	Dinoflagelados	Cianobactérias	Cocolitoforídeos	
200 m	1	SUP	1912	3569	829	191	6.501
		ACTC	3888	3697	637	446	8.668
		TC	1211	3633	1721	701	7.266
	3	SUP	1848	3697	829	510	6.883
		ACTC	2486	4143	765	382	7.775
		TC	1195	2581	717	430	4.923
500	5	SUP	2001	4940	1001	188	8.129
		ACTC	1501	4565	1001	250	7.316
		TC	2001	3815	2501	438	8.755
	7	SUP	1912	3951	1275	319	7.457
		ACTC	2199	3346	621	239	6.405
		TC	1912	3298	382	191	5.784
1.000 m	10	SUP	14070	6472	3283	281	24.107
		ACTC	14258	6003	1126	2814	24.200
		TC	580	1740	2100	0	4.420
Mínimo			580	1.740	382	0	4.420
Máximo			14.258	6.472	3.283	2.814	24.200
Média			3.532	3.963	1.252	492	9.239
Desvio Padrão			4.377	1.193	810	664	6.179

A predominância dos dinoflagelados foi observada na maioria das estações, sendo o máximo da contribuição sido na estação 10 – ACTC, representando 10,89% deste grupo. No entanto, a maior contribuição ocorreu para as diatomáceas na estação 10 – ACTC, representando 26,91% do seu grupo. As menores contribuições dos dois principais grupos ocorreram na estação 10-TC, correspondendo a 2,93% dos dinoflagelados e 1,09% das diatomáceas (**Figura 51**).

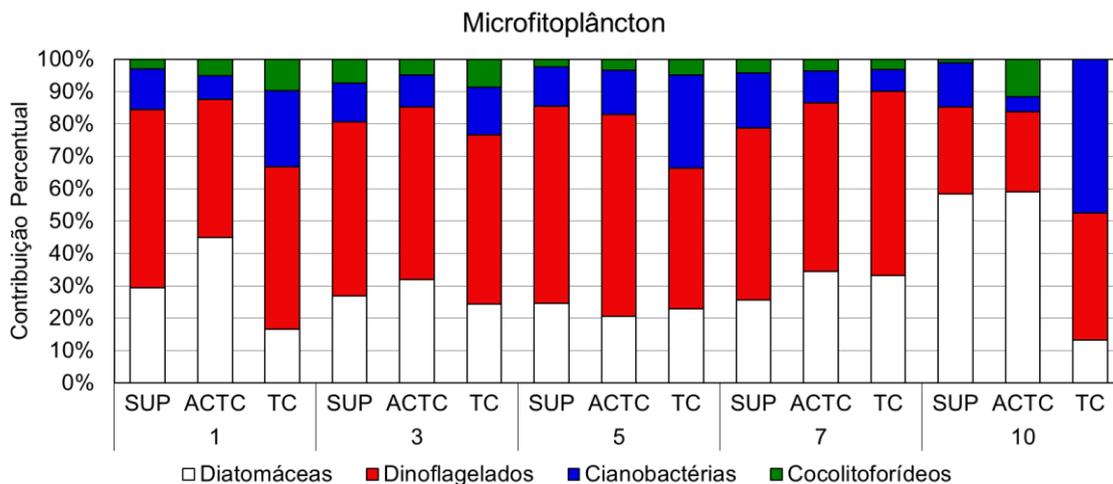


Figura 51: Contribuição percentual das categorias taxonômicas na densidade do microfitoplâncton no entorno da FPSO Fluminense durante a 19ª campanha de Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos.

A **Tabela 14** lista os dez táxons mais abundantes encontrados na atual campanha por grandes grupos, sendo possível observar que os grupos das diatomáceas e dinoflagelados foram os que mais contribuíram – quatro táxons de diatomáceas e cinco táxons de dinoflagelados. No entanto, apesar de ter contribuído com apenas um táxon, a Cianobactéria colonial NI apresentou a maior abundância.

Tabela 14: Dez táxons de maior densidade celular (cel.L^{-1}) dentre o microfitoplâncton identificado nas cinco estações monitoradas durante a 19ª 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^{-1})	Contribuição
Diatomácea	<i>Cylindrotheca closterium</i> (Ehrenberg) Lewin & Reimann	11283	8,14%
Diatomácea	<i>Nitzschia longissima</i> (Brébisson) Ralfs	5084	3,67%
Diatomácea	<i>Pseudo-nitzschia</i> complexo "delicatissima"	15126	10,91%
Diatomácea	Diatomácea penata 1A	8198	5,92%
Dinoflagelado	Gymnodiniales 1A	10401	7,51%
Dinoflagelado	Gymnodiniales 2A	9284	6,70%
Dinoflagelado	Gymnodiniales 3A	13977	10,09%
Dinoflagelado	Gymnodiniales 4A	13822	9,97%
Dinoflagelado	Dinoflagelado tecido NI 1A	2339	1,69%
Cianobactéria	Cianobactéria colonial NI	15923	11,49%

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 52** 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, de um modo geral, as oscilações da diversidade, o que confere maior confiabilidade aos resultados obtidos. Altos valores no índice de equitabilidade em amostras com baixa diversidade específica indicam anomalias no índice de diversidade (VALENTIN *et al.*, 1991), o que não foi observado neste estudo. O índice de diversidade de Shannon variou entre 2,82 a 3,36 bits.ind⁻¹ (estação 10 – ACTC e estação e 10 – SUP, respectivamente), com média de 3,08 e desvio-padrão de 0,16 bits.ind⁻¹. O índice de equitabilidade variou de 0,92 (estações 10 - TC) a 0,97 (estação 3 – ACTC e TC e estação 7 - TC), com média de 0,95 e desvio-padrão de 0,01. Destaca-se que o fato da estação 10 – ACTC ter apresentado os menores índices possivelmente está ligada à sua maior densidade e menor riqueza dentre os outros resultados.

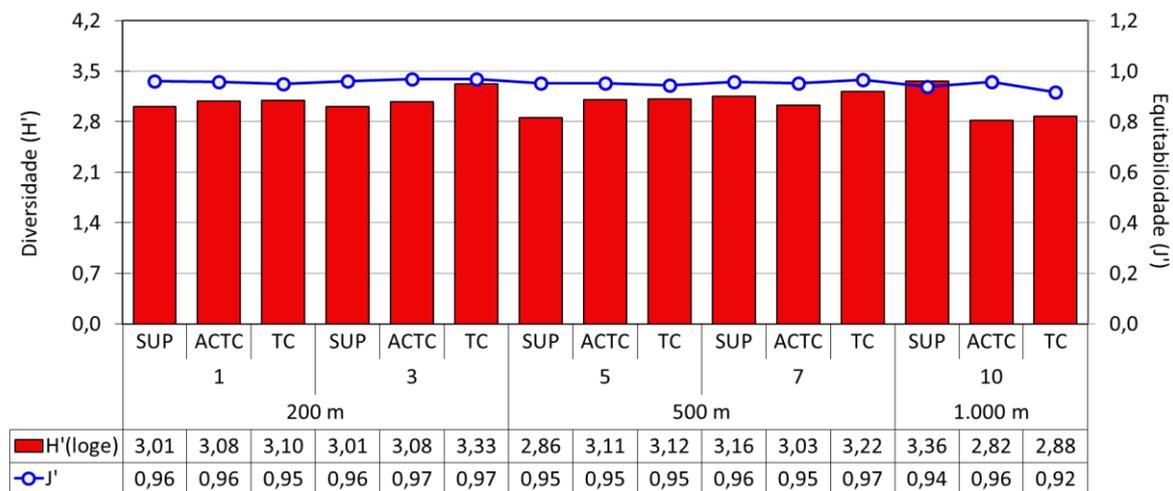


Figura 52: Índice de diversidade (H') e de equitabilidade (J') da comunidade fitoplanctônica das cinco estações monitoradas na 19ª campanha de Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos.

Nas campanhas anteriores, os índices de diversidade e equitabilidade demonstraram faixas relativamente amplas de variação, o que deve refletir em 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 (**Tabela 15**).

Tabela 15: 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	2,10	4,10	0,60	0,90
2011	0,40	2,40	0,10	0,50
2012	2,30	3,80	0,50	0,90
2013	0,70	3,60	0,20	0,70
2014	2,00	2,70	0,60	0,80
2015	2,10	2,70	0,70	0,90
2016	1,79	2,94	0,60	0,90
2017	1,73	2,70	0,56	0,85
2018	1,70	2,52	0,55	0,80
2019	2,51	4,10	0,52	0,83
2020	2,28	2,92	0,67	0,88
2021	2,53	3,10	0,78	0,87
2022	2,82	3,36	0,92	0,97

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 53**.

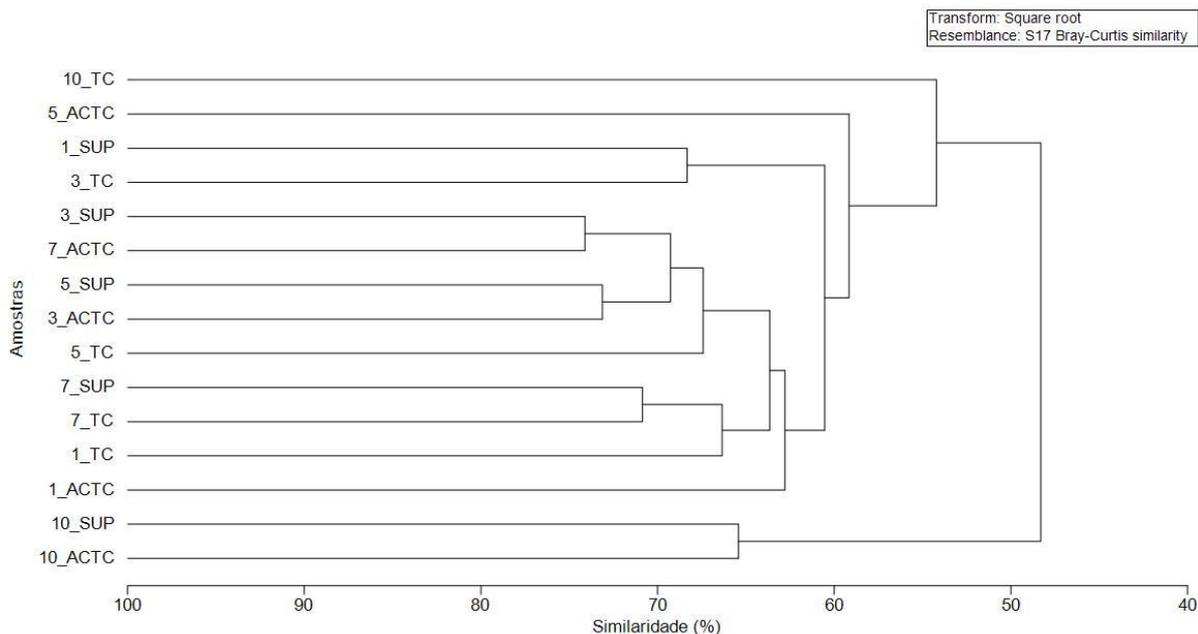


Figura 53: Análise de agrupamento das amostras através do índice de similaridade de Bray-Curtis nas cinco estações monitoradas durante a 19ª campanha de Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos.

Na análise dos grupos formados, há dois clados com a menor similaridade, compostos pelas demais estações frente à estação 10- SUP e ACTC. O resultado demonstrou que a estação 10 está dividida em grupamentos distintos, no entanto, o estrato TC desta estação também distingue-se das demais amostras dentro do seu grupo. Acredita-se que isto pode estar ligado ao fato desta estação apresentar as maiores densidades para SUP e ACTC e a menor densidade para TC. É importante ressaltar que houve a formação de diversos clados, tendo a maior similaridade sido igual a cerca de 75%.

Por outro lado, é importante avaliar que os índices biológicos se demonstraram, de um modo geral, semelhantes ao observado em campanhas anteriores.

5.5.2. Zooplâncton

5.5.2.1. Caracterização da comunidade

Na atual campanha de monitoramento foram identificados 70 táxons distintos do zooplâncton, dos quais 6 atingiram o nível de gênero e 40 o nível de espécie. Os táxons observados se distribuíram em diferentes grupos: Filo Foraminifera; do filo Cnidaria – a classe Hydrozoa e a ordem Siphonophorae; do Filo Mollusca – as classes Bivalvia (larvas), Gastropoda e Cephalopoda; do Filo Annelida – a classe Polychaeta; do filo Arthropoda – as classes Branchiopoda, Copepoda, a subclasse Cirripedia, a classe Malacostraca (ordens Stomatopoda, Amphipoda, Euphasiacea, Decapoda) e a classe Ostracoda; do filo

Chaetognatha a classe Sagittoidea; do filo Chordata – as classes Appendicularia, Thaliacea e subfilo Craniata - os Ovos e Larvas de Peixe.

Ressalta-se que dentre as espécies encontradas no presente monitoramento, não foram observados organismos considerados ameaçados de extinção a níveis nacional e internacional, de acordo com a PORTARIA GM/MMA Nº 300 (2022), anexos CITES, ou de acordo com IUCN (2023).

O número de táxons observado na atual campanha esteve abaixo do 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, em 2017, 99 táxons, em 2019, 101 táxons, em 2020, 78 táxons e em 2021, 81 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 Copepoda (35 táxons), seguidos pela categoria “Outros” (que engloba os grupos constituídos por apenas 1 táxon) (11 táxons), Chaetognatha (7 táxons), Appendicularia (5 táxons), Mollusca (4 táxons), Decapoda e Thaliacea (3 táxons cada) e Branchiopoda (2 táxons) (**Figura 54**). 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.

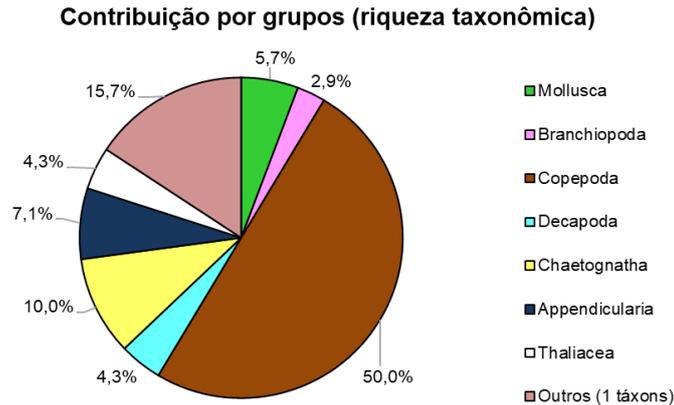


Figura 54: Contribuição média percentual das categorias taxonômicas do zooplâncton identificadas nas cinco estações monitoradas durante a 19ª campanha de Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos.

Quanto à variação espacial do número de táxons identificados, observa-se na **Figura 55** uma pequena variabilidade entre as estações, indo de 40 (estação 1) a 56 táxons distintos (estação 7), sem padrão espacial definido que possa ser relacionado à distância do FPSO.

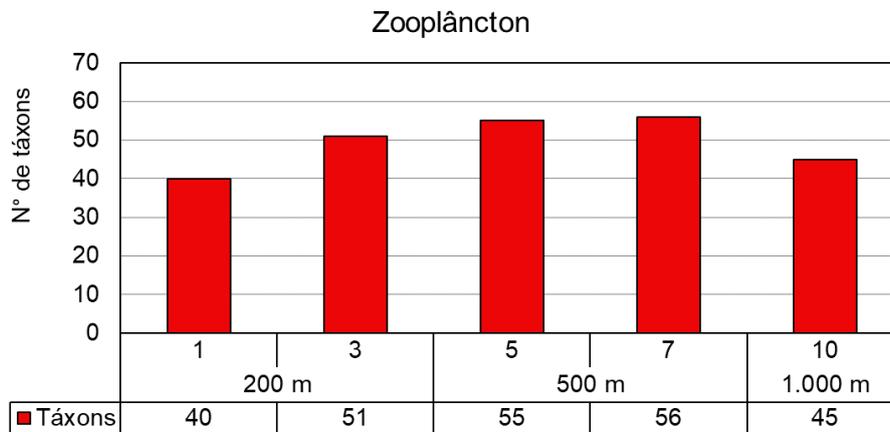


Figura 55: Número de táxon do zooplâncton nas cinco estações monitoradas durante a 19ª campanha de Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos.

Dentre os táxons identificados, a maioria foi recorrente, onde 39 foram considerados muito frequentes (FO > 70%), dos quais oito ocorreram em quatro estações e 31 em todas as estações. Entre os táxons muito frequentes identificados em níveis superiores, cita-se com 100% de Frequência de Ocorrência (FO) o filo Foraminifera, infraclasse Hydroidomedusae, a classe Bivalvia (larvas), classe Gastropoda, ordem Thecosomata (Pterópodes), a classe Polychaeta, ordem Euphausiacea, ordem Decapoda classe Ostracoda, bem como ovos e larvas de peixe. Salienta-se que os níveis superiores podem englobar vários táxons

distintos, o que influi diretamente na frequência. Aponta-se que 12 táxons ocorreram em apenas uma estação, nove em duas e dez em três estações.

A **Tabela 16** lista os táxons com frequência de ocorrências superior a 70% (muito frequentes) considerando os níveis de família, gênero e espécie. Estas espécies são comumente observadas em águas da plataforma continental e oceânicas tropicais e algumas vezes até em ambientes estuarinos. Já foram citadas em outros estudos na Bacia de Campos (ex. PETROBRAS/TERRABYTE, 2011; BONECKER *et. al.*, 2014) e 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. Destaca-se que o táxon *Penilia avirostris*, identificado na campanha 17ª campanha (2020) ocorreu novamente para 2021 e para a atual campanha. Além disso, os táxons *Clausocalanus furcatus*, *Doliolum nationalis*, *Flaccisagitta enflata*, *Oikopleura longicauda* e *Parasagitta friderici* foram os cinco mais comuns às campanhas desde 2010.

Tabela 16: Táxons muito frequentes (FO>70%) dos principais grupos durante a 19ª campanha de Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos (considerados apenas os níveis família, gênero e espécie).

Táxon		FO
Branchiopoda	<i>Penilia avirostris</i>	100%
Branchiopoda	<i>Pseudevadne tergestina</i>	100%
Copepoda	Clausocalanidae	100%
Copepoda	<i>Clausocalanus furcatus</i>	100%
Copepoda	<i>Paracalanus cf. parvus</i>	100%
Copepoda	<i>Paracalanus spp.</i>	100%
Copepoda	<i>Temora stylifera</i>	100%
Copepoda	<i>Temora turbinata</i>	100%
Copepoda	<i>Oithona plumifera</i>	100%
Copepoda	<i>Oithona similis</i>	100%
Copepoda	<i>Triconia cf. conifera</i>	100%
Chaetognatha	<i>Krohnitta mutabbii</i>	100%
Chaetognatha	<i>Decipisagitta decipiens</i>	100%
Chaetognatha	<i>Flaccisagitta enflata</i>	100%
Chaetognatha	<i>Parasagitta friderici</i>	100%
Chaetognatha	Chaetognatha não identificados	100%
Appendicularia	<i>Oikopleura (Coecaria) fusiformis</i>	100%
Appendicularia	<i>Oikopleura (Coecaria) longicauda</i>	100%
Appendicularia	<i>Oikopleura (Vexillaria) rufescens</i>	100%
Thaliacea	<i>Doliolum nationalis</i>	100%
Ovos de peixes	Ovos de peixes	100%
Larvas de peixes	Larvas de peixes	100%
Copepoda	<i>P.-Calanus sp.</i>	80%
Copepoda	<i>Triconia sp.1</i>	80%
Chaetognatha	<i>Parasagitta tenuis</i>	80%
Appendicularia	<i>Oikopleura (Coecaria) intermedia</i>	80%

Tabela 17: Táxons muito frequentes (FO>70%) nas 12 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	2020	2021	2022
<i>Acrocalanus longicornis</i>	-	X	X	-	X	X	-	-	-	-	X	-
<i>Calanoides carinatus</i>	-	-	-	X	-	-	X	X	-	X	X	-
<i>Calocalanus pavoninus</i>	-	X	-	-	-	X	-	-	-	-	-	-
<i>Candacia pachydactyla</i>	-	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Clausocalanus arcuicornis</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	X	X	-	-
<i>Clausocalanus furcatus</i>	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Corycaeus giesbrechti</i>	-	-	-	X	-	-	-	-	-	-	X	-
<i>Corycaeus speciosus</i>	-	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Ctenocalanus citer</i>	-	-	-	X	-	-	X	X	-	-	X	-
<i>Decipisagitta decipiens</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	X	X	X	X
<i>Decipisagitta sibogae</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	X	-	-	-
<i>Decipisagitta spp.</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	X	-	-	-
<i>Doliioletta gegenbauri</i>	X	X	X	X	-	X	-	-	-	X	X	-
<i>Doliolina mülleri</i>	X	-	X	-	-	X	-	-	-	-	-	-
<i>Doliolum nationalis</i>	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Farranulla gracilis</i>	X	X	-	X	X	-	-	X	X	X	X	-
<i>Ferosagitta hispida</i>	X	-	-	-	-	X	-	X	-	X	X	-
<i>Flaccisagitta enflata</i>	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Flaccisagitta hexaptera</i>	X	X	X	-	-	-	X	X	X	X	X	-
<i>Fritillaria formica</i>	-	X	X	X	X	X	-	-	-	-	X	-
<i>Fritillaria pellucida</i>	-	-	X	X	-	-	-	-	-	-	X	-
<i>Fritillaria sargassi</i>	-	-	-	-	-	-	-	X	-	-	-	-
<i>Krohnitta mutabbii</i>	-	-	-	-	-	-	X	X	-	-	X	X
<i>Krohnitta pacifica</i>	-	X	X	X	X	-	-	-	-	-	-	-

Tabela 17: Táxons muito frequentes (FO>70%) nas 12 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	2020	2021	2022
<i>Krohnitta subtilis</i>	X	-	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Lucicutia flavicornis</i>	X	X	X	-	-	X	-	-	-	-	X	-
<i>Lucifer faxoni</i>	-	-	-	-	X	-	-	-	-	-	-	-
<i>Lucifer typus</i>	-	X	X	-	-	X	-	-	-	-	-	-
<i>Macrosetella gracilis</i>	-	X	-	X	-	X	-	-	-	-	X	-
<i>Mecynocera clausi</i>	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Mesosagitta minima</i>	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Nannocalanus minor</i>	X	-	X	-	X	X	X	-	-	-	X	-
<i>Oikopleura cophocerca</i>	X	X	X	-	-	X	X	-	-	-	X	-
<i>Oikopleura fusiformis</i>	X	X	X	X	X	X	X	X	X	-	X	X
<i>Oikopleura intermedia</i>	-	-	-	X	X	-	X	X	X	-	X	X
<i>Oikopleura longicauda</i>	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Oikopleura rufescens</i>	X	X	X	X	X	X	X	-	X	-	-	X
<i>Oithona plumifera</i>	-	X	-	X	-	-	-	-	-	-	X	X
<i>Oithona similis</i>	-	X	X	-	-	-	-	-	-	X	X	X
<i>Oncaea media</i>	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Oncaea sp.1</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X	X	-
<i>Oncaea spp.</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	X	X	X	-
<i>Oncaea venusta</i>	X	X	X	X	X	-	X	X	X	X	X	-
<i>Oncaea venusta venella</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X	X	-
<i>Paracalanus aculeatus</i>	-	-	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Paracalanus spp.</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	X	X	X	X
<i>Parasagitta friderici</i>	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Parasagitta tenuis</i>	-	-	-	-	-	-	X	X	-	-	X	X
<i>Penilia avirostris</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X	X	X
<i>Pleuromamma abdominalis</i>	-	X	-	-	-	X	-	-	-	-	X	-

Tabela 17: Táxons muito frequentes (FO>70%) nas 12 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	2020	2021	2022
<i>Pseudevadne tergestina</i>	-	-	-	-	-	X	-	-	X	-	X	X
<i>Pseudosagitta lyra</i>	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Pterosagitta draco</i>	X	X	X	-	-	X	X	-	-	-	X	-
<i>Sagitta helenae</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	X	-	-	-
<i>Salpa fusiformis</i>	-	-	-	-	-	-	X	-	-	-	-	-
<i>Serratosagitta serratodentata</i>	X	-	-	X	X	X	X	-	X	X	X	-
<i>Solenocera sp.</i>	-	-	-	-	X	-	-	-	-	-	-	-
<i>Temora stylifera</i>	X	-	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Temora turbinata</i>	-	-	-	-	X	-	-	X	-	X	X	X
<i>Triconia conifera</i>	X	X	X	X	X	X	-	X	X	-	-	X
<i>Undinula vulgaris</i>	X	X	X	X	X	X	X	X	-	X	X	-
<i>Triconia sp.1</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X
<i>P.-Calanus sp.</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X
Clausocalanidae	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X
<i>Paracalanus cf. parvus</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X

5.5.2.1. Análise Quantitativa

A densidade do zooplâncton oscilou entre 320,60 ind.m⁻³ (estação 1) e 1010,72 ind.m⁻³ (estação 10), com densidade média e desvio padrão iguais a 529,27 ind.m⁻³ e ± 290,09 ind.m⁻³ respectivamente (**Figura 56**). A **Tabela 18** um compilado dos valores de mínimo e máximo de densidade das campanhas, a partir de 2010. Em termos de variabilidade dos resultados a presente campanha se aproximou mais do observado nas campanhas de 2019, 2015 e 2010.

Ressalta-se que oscilações verificadas, tanto entre estações de uma mesma campanha quanto entre campanhas podem ser explicadas pela distribuição em manchas, comumente reportada pela literatura (COYLE; HUNT, 2000; FOLT; BURNS JR, 1999).

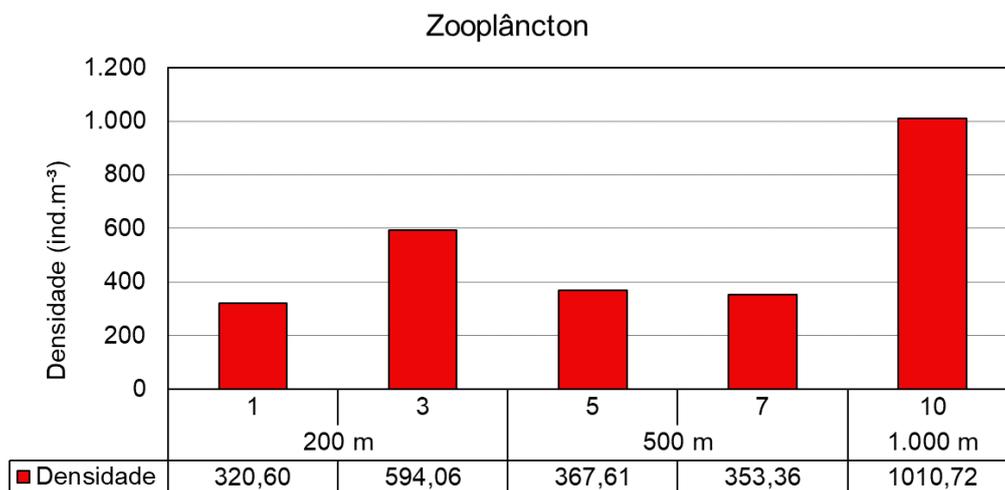


Figura 56: Densidade do zooplâncton nas cinco estações monitoradas durante a 19ª campanha de Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos.

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

Campanha	Densidade (ind/m ³)	
	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
2020	656,9	5.092,5
2021	299,1	8.247,6
2022	320,6	1.010,7

Em relação à distribuição taxonômica, o grupo dos Copepoda foi o mais abundante, contribuindo com 96,82% da abundância observada em toda a campanha. Os outros grupos que contribuíram com mais de 0,1% para a campanha foram, da maior contribuição para a menor, Appendicularia (1,61%), Chaetognatha (0,79%), Thaliacea (0,12%) e Euphausiacea (0,11%). A categoria “Outros”, que englobou os táxons com CR <0,1% contribuíram com 0,54% do total.

A distribuição dos táxons apresentou baixa variabilidade entre as estações. O grupo Copepoda destacou-se em todas as estações, com a menor contribuição na estação 7 (91,31%) e a maior na estação 1 (98,90%). O apendiculários obtiveram certo destaques pontuais em contribuição, com 5,98% - estação 7; 1,53% - estação 5 – e 1,11% - estação 3. As demais categorias contribuíram com menos de 1% em todas as estações (**Tabela 19** e **Figura 57**).

Tabela 19: Densidade zooplanctônica total e por grupos (com participação >0,1%) (ind.m⁻³) durante a 19ª campanha de Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos.

Distância (m)	Estação	Copepoda	Euphausiacea	Chaetognatha	Appendicularia	Thaliacea	Outros (<0,1%)	Total
200	1	317,08	0,18	1,51	0,39	0,24	1,20	320,60
	3	578,53	0,99	3,40	6,57	0,62	3,95	594,06
500	5	353,79	0,62	2,95	5,63	1,05	3,57	367,61
	7	322,67	0,31	5,43	21,15	0,81	3,00	353,36
1.000	10	990,01	0,91	7,66	8,94	0,58	2,62	1010,72
Mínimo		317,08	0,18	1,51	0,39	0,24	1,20	320,60
Máximo		990,01	0,99	7,66	21,15	1,05	3,95	1010,72
Média		512,42	0,60	4,19	8,54	0,66	2,87	529,27
Desvio Padrão		288,01	0,36	2,39	7,71	0,30	1,06	290,09

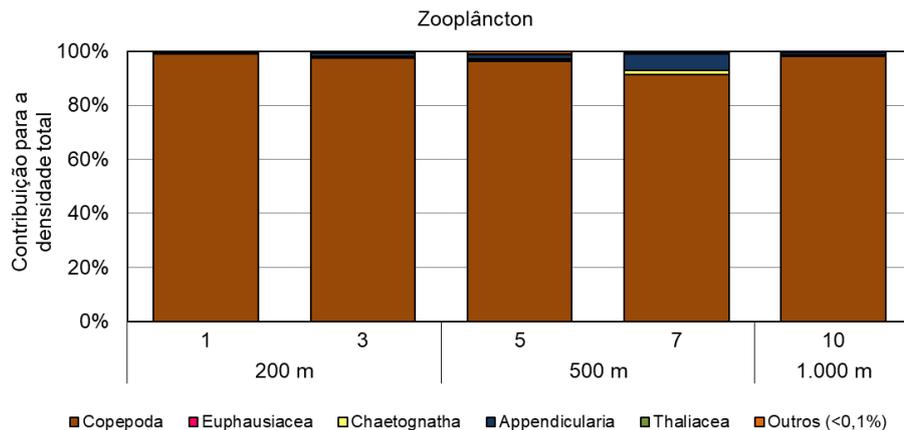


Figura 57: Abundância relativa (%) dos grupos dominantes coletados nas cinco estações monitoradas durante a 19ª campanha de Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos.

Os copépodes identificados na atual campanha estiveram distribuídos em 12 famílias, das quais as mais abundantes foram Clausocalanidae, Paracalanidae, Temoridae, Oithonidae e Oncaeidae. Ocorreram ainda as famílias Acartiidae, Calanidae, Lucicutiidae, Metridinidae, Pontellidae, Scolecitrichidae e Corycaeidae, porém com contribuições inferiores a 3%, de forma que foram agrupadas como “outros”. A **Figura 58** ilustra este cenário, apresentando as famílias de Copepoda que mostraram as maiores contribuições. A família Paracalanidae se destacou por apresentar as maiores contribuições - acima de 35% para todas as estações. Ela tem um destaque ainda maior ao considerar as estações 1 (58,73%) e 10 (63,11%).

A segunda família em termos de destaque foi a Clausocalanidae, com mais de 17% para todas as estações. Aponta-se que a família Temoridae apresentou certo destaque para a estação 3 - com 14% - frente a 2ª maior contribuição, de 9,71% (estação 10) (**Figura 58**).

Os táxons com as maiores densidades foram *Paracalanus* spp., Clausocalanidae, *Paracalanus* cf. *parvus*, *Clausocalanus furcatus*, *Temora turbinata*, *Temora stylifera*, *Oithona similis*, *Oithona plumifera*, *Triconia* sp.1 e *Triconia* cf. *conífera* (**Tabela 20**). Tais espécies são comuns na área de estudo, sendo associadas a águas quentes e amplamente distribuídas em todos os oceanos com elevada abundância em regiões oceânicas (ESNAL, 1999; CAMPOS, 2000; BONECKER; CARVALHO, 2006; BONECKER *et al.*, 2006).

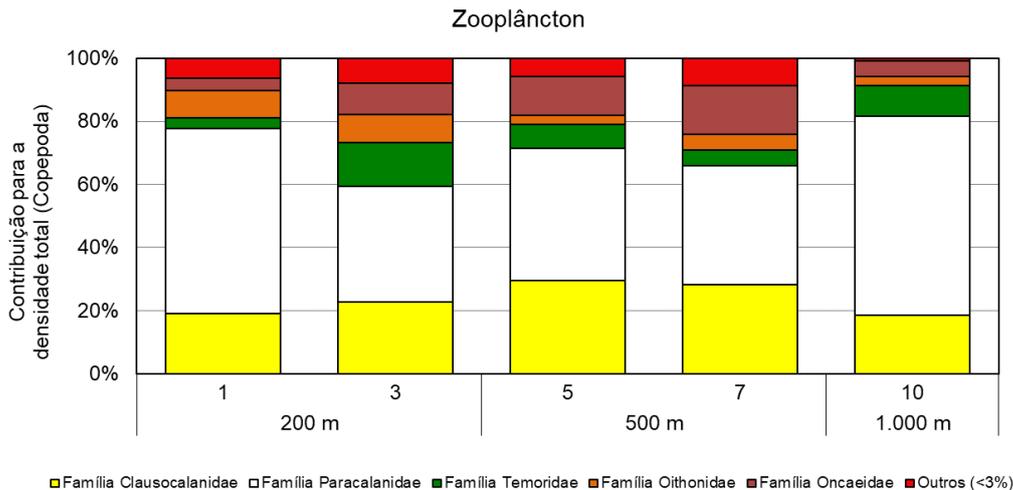


Figura 58: Abundância (%) dos copépodos dominantes coletados nas cinco estações monitoradas durante a 19ª campanha de Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos.

Tabela 20: Táxons de maior densidade na comunidade zooplânctônica coletada durante a 19ª campanha de Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos.

Táxon		Densidade (ind.m ⁻³)
Copepoda	<i>Paracalanus</i> spp.	1001,80
	Clausocalanidae	280,30
	<i>Paracalanus</i> cf. <i>parvus</i>	252,48
	<i>Clausocalanus furcatus</i>	245,06
	<i>Temora turbinata</i>	141,84
	<i>Temora stylifera</i>	87,96
	<i>Oithona similis</i>	66,00
	<i>Oithona plumifera</i>	56,20
	<i>Triconia</i> sp.1	52,92
	<i>Triconia</i> cf. <i>conifera</i>	49,47

5.5.2.2. Estrutura da Comunidade

Os valores do índice de diversidade da atual campanha variaram entre 2,90 (estação 10) e 3,56 bits.ind⁻¹ (estação 7), com média de 3,28 bits.ind⁻¹ (DP ± 0,31 bits.ind⁻¹). Os valores de equitabilidade variaram de 0,76 (estação 10) a 0,88 (estações 3, 5 e 7), com média e desvio-padrão iguais a 0,84 e ±0,05, respectivamente (**Figura 59**). De maneira geral, observa-se que os índices calculados para o zooplâncton, demonstraram um padrão semelhante e homogêneo de comportamento ao longo das estações

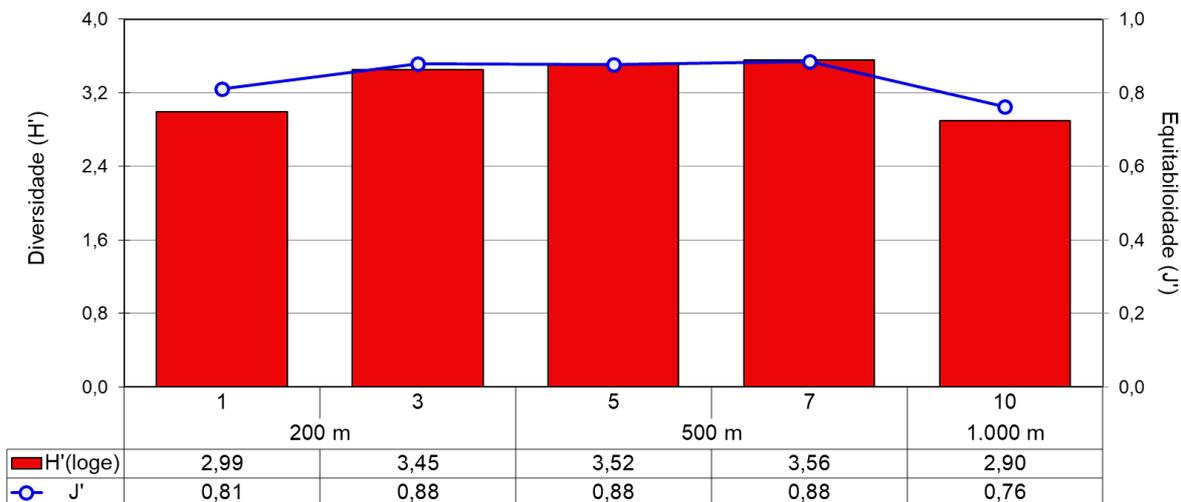


Figura 59: Índice de diversidade e de equitabilidade da comunidade zooplanctônica das cinco estações monitoradas na 19ª campanha de Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema, Baía de Campos.

Na **Tabela 21**, observam-se os valores dos índices referentes à atual campanha, frente aos resultados pretéritos, a partir de 2010. Os valores de diversidades e equitabilidade da atual campanha alcançaram níveis similares aos observados durante o monitoramento, tendo sido maiores quando comparados aos da campanha passada (2021).

Tabela 21: Valores de diversidade e equitabilidade da comunidade zooplanctônica nas 12 últimas Campanhas de Monitoramento Ambiental realizadas no entorno do FPSO Fluminense.

Índice / Campanhas	Diversidade (bits.ind ⁻¹)		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
2020	2,77	2,89	0,70	0,72
2021	2,55	3,09	0,63	0,74
2022	2,90	3,56	0,76	0,88

A análise de agrupamento mostrou a formação de dois clados principais, abrangendo a estação 1 frente às demais, panorama este com cerca de 60% de similaridade. Destaca-se que a estação 10 encontra-se isolada das estações 3, 5 e 7 (**Figura 60**).

Essa separação da estação 1 pode estar associada ao fato de esta estação ter apresentado os menores valores de riqueza e densidade, em conjunto com a maior contribuição da família Copepoda para densidade. Além disso, apresentou a segunda maior contribuição da família Paracalanidae, no que tange aos copépodos. O “isolamento” da estação 10 pode

estar associado ao fato de ter apresentado a maior densidade, porém 2º menor valor de riqueza, além de ter apresentado os valores de mínimo para os índices biológicos. No que tange à contribuição de famílias dos copépodes, foi a estação que apresentou maior percentual de Paracalanidae (63,11%).

As estações 5 e 7 foram as que apresentaram o maior percentual de similaridade, com cerca de 85%. Este panorama muito provavelmente está associado ao comportamento similar dos índices biológicos, bem como dos valores de densidade e riqueza. Ademais, foram as estações que mais obtiveram contribuições de outros grupos, fora os copépodes (**Figura 57**).

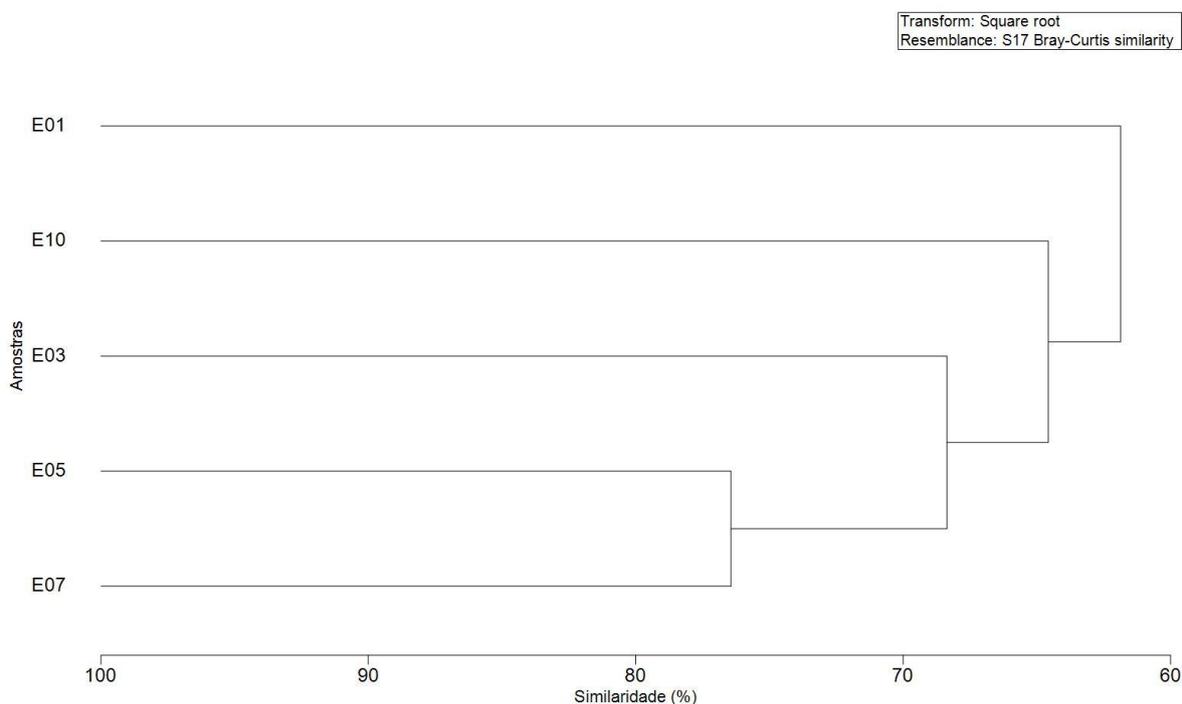


Figura 60: Análise de agrupamento das amostras através do índice de similaridade de Bray-Curtis nas cinco estações monitoradas durante a 19ª campanha de Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos.

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 19 táxons, distribuídos em 11 famílias, 4 gêneros e 10 espécies de larvas de peixes. As larvas de peixe encontradas se distribuíram em 9 ordens distintas, são elas: Clupeiformes, Stomiiformes, Aulopiformes, Myctophiformes, Gadiformes, Gobiiformes, Pleuronectiformes, Labriformes e Perciformes.

Ressalta-se que dentre as espécies encontradas no presente monitoramento, não foram observados organismos considerados ameaçados de extinção a níveis nacional e internacional, de acordo com a PORTARIA GM/MMA Nº 300 (2022), anexos CITES. As espécies ictioplanctônicas foram todas consideradas como *Least Concern* (Pouco preocupante, em tradução literal), segundo IUCN (2023).

Na campanha realizada em 2018 (8ª campanha) não foi realizado o arrasto de ictioplâncton, devido a condições meteoceanográficas adversas. Entre 2010 e 2021 foram observadas, respectivamente 25, 12, 21, 26, 36, 10, 20, 30, 31, 30 e 30 famílias. A diferença observada no número de famílias de larvas de peixes pode estar relacionada a fatores sazonais.

A **Figura 61** 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. O destaque se deu para a categoria outros, que compilou 8 táxons, seguido pela família Myctophidae, com 4 táxons. A família Phosichthyidae teve um total de 3 táxons, e as famílias Bothidae e Gobiidae apresentaram 2 táxons cada. As larvas da família Myctophidae também se destacaram em termos de diversidade taxonômica em outros trabalhos desenvolvidos nas costas sudeste e sul brasileira (KATSURAGAWA *et al.*, 1993; NONAKA *et al.*, 2000), com destaque para a associação realizada à presença da massa d’água AT realizada por Lopes (2006), igualmente ao ocorrido no presente estudo.

Contribuição por grupos (riqueza taxonômica)

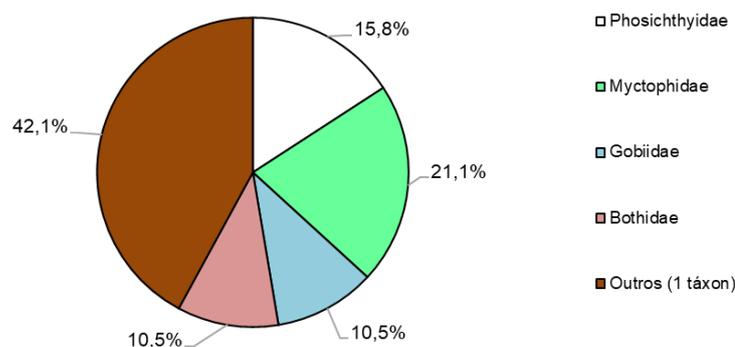


Figura 61: Contribuição percentual do número de táxons por grupos do ictioplâncton durante a 19ª campanha de Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos.

A maioria dos ovos permaneceu como não identificado, à exceção de um ovo da Ordem Anguilliformes, na estação 7. Os resultados por estação encontram-se indicados na **Figura 62** e salienta-se 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.

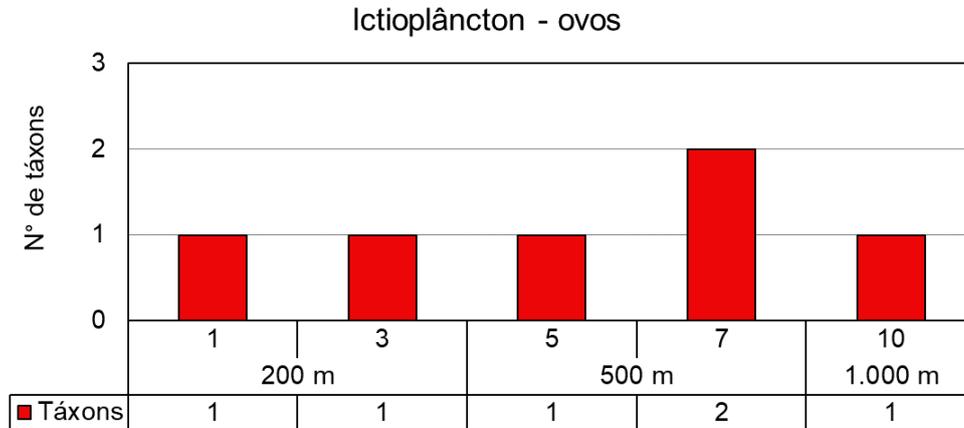


Figura 62: Número de táxons de ovos em cada estação durante a 19ª campanha de Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos.

Em relação à distribuição espacial dos táxons de larvas identificados, foram identificados entre 5 táxons (estação 1) e 14 táxons (estação 10). 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 63**).

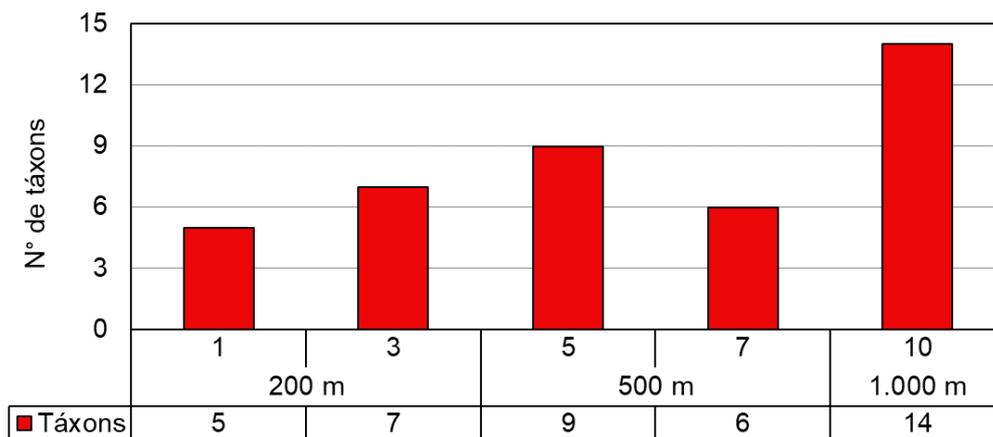


Figura 63: Número de táxons em cada estação no entorno do FPSO Fluminense durante a 19ª campanha de Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos.

A análise da frequência de ocorrência mostra que entre os 19 táxons identificados, a maioria se apresentou como pouco frequente (apenas uma amostra, FO abaixo de 40%), totalizando 11 táxons (57,89% do total). Três táxons (15,79%) foram tidos como frequentes (de 2 a 3

amostras, FO entre 40 e 70%). Cinco táxons (26,32%) foram muito frequentes (4 a 5 amostras, FO >70%). Na **Tabela 22** são apresentados os cinco táxons que foram classificados como muito frequentes. Dentre esses, destacam-se *Pollichthys mauli*, família Myctophidae e *Myctophum* sp. que, foram encontradas em todas as amostras.

Tabela 22: 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
Phosichthyidae	<i>Pollichthys mauli</i>	100%
Myctophidae	Myctophidae	100%
Myctophidae	<i>Myctophum</i> sp.	100%
Myctophidae	<i>Myctophum affine</i>	80%
-	Não identificadas	80%

5.5.3.1. Análise Quantitativa

Ovos de peixe foram encontrados em todas as cinco estações amostradas, tendo como menor com valores de densidade variando entre 9,59 (estação 3) e 236,52 ovos.100m⁻³ (estação 1), com média de 57,76 e desvio padrão (DP) de ± 100 ovos.100m⁻³ (**Figura 64**). Este valor elevado de DP é em decorrência da estação 1, que apresentou densidade muito mais elevada em função das demais.

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 .100m⁻³, respectivamente, incluindo valor mínimo igual a zero ovos.100m⁻³ nas duas estações do ano. Já Franco; Muelbert (2003) encontraram abundância de ovos variando entre 0,08 e 0,71 ovos.100m⁻³ na quebra da plataforma do Sul do Brasil, com valor médio igual a 0,16 ovos.100m⁻³. Logo, os valores da abundância de ovos de ictioplâncton observadas na atual campanha revelam um padrão natural (**Figura 64**).

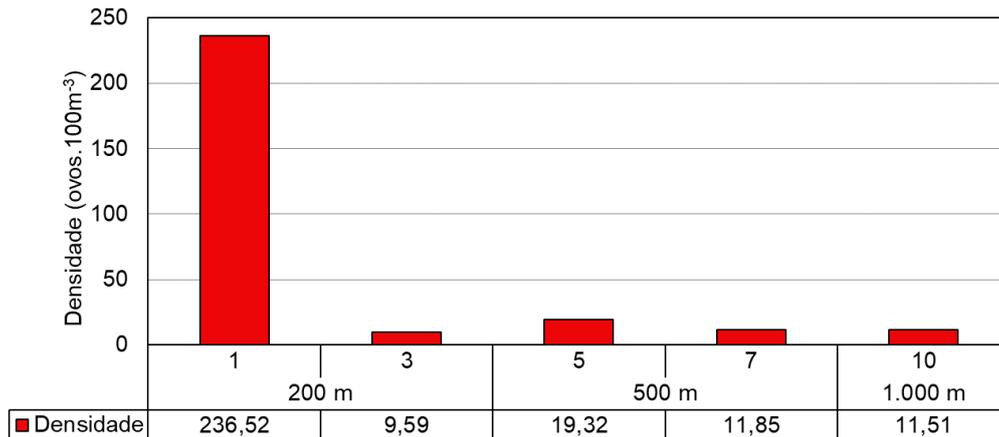


Figura 64: Densidade de ovos de peixes (ovos.100m⁻³) coletados no entorno do FPSO Fluminense durante a 19ª campanha de Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos.

As densidades de larvas de peixes variaram de 18,71 (estação 10) a 57,55 larvas.100m⁻³ (estação 3), conforme a **Figura 65**. Em termos de comportamento, observa-se que as estações no raio de 200 m apresentaram as maiores densidades, seguidos pelas estações no raio de 500 m e por fim a estação controle. Deve-se pontuar que este cenário muito provavelmente é decorrente da variabilidade biológica inerente ao meio.

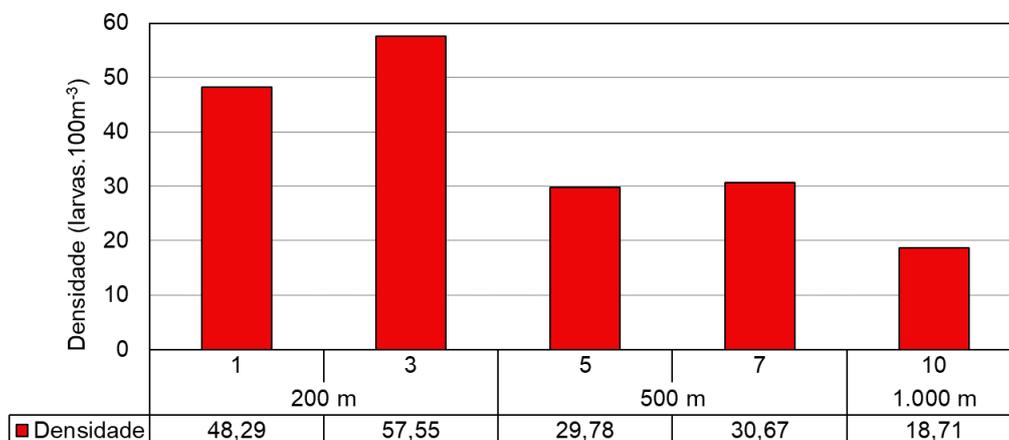


Figura 65: Densidade de larvas de peixes (larvas.100m⁻³) coletados no entorno do FPSO Fluminense durante a 19ª campanha de Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos.

A **Tabela 23** resume a abundância de ovos e larvas do ictioplâncton observadas nas campanhas realizadas ao longo do Monitoramento Ambiental no campo de Bijupirá e Salema. Os valores de densidades de ovos de peixe oscilaram bastante ao longo das campanhas de monitoramento, indo desde valores mínimos de zero ovos.m⁻³ (2011, 2012, 2014 e 2016) até valores máximos de 700,88 ovos.m⁻³ (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 2012 e 2014.

Tabela 23: 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.m ⁻³)		Densidade de Ovos (larvas.m ⁻³)	
	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
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
2020	5,87	28,45	0,35	15,61
2021	16,80	39,64	0,00	1,24
2022	18,71	57,55	9,59	236,52

A **Tabela 24** e **Figura 66** mostram a distribuição espacial das famílias mais abundantes, onde a categoria “outros” engloba as famílias que apresentaram contribuição para a campanha inferior à 1%. Considerando o panorama geral, as famílias que mais contribuíram para a densidade foram Myctophidae e Phosichthyidae. Os mictofídeos foram maioria em termos de contribuição para todas as estações, com um mínimo de 50% para a estação 10 e um máximo de 85,71% na estação 1. A família Phosichthyidae apresentou um mínimo de 3,85% na estação 10 e 15,91% na estação 7.

Demais táxons apresentaram certo destaque a depender da estação, tal como a família Clupeidae - com 7,69%; família Gobiidae – com 7,69% e a categorias outros – com 23,08%, todas na estação 10. A família Bothidae contribuiu com 8,11% na estação 5.

De maneira geral observou-se predomínio das famílias Myctophidae e Phosychthyidae, com contribuições pontuais mais proeminentes de outras famílias, a depender da estação.

Tabela 24: Densidade de larvas de peixes (larvas.100m⁻³) por família em cada estação no entorno do FPSO Fluminense durante a 19ª 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				
Clupeidae	0,00	1,07	0,80	0,00	1,44	0,00	1,44	0,66	0,64
Phosichthyidae	6,90	8,53	4,02	4,88	0,72	0,72	8,53	5,01	2,97
Myctophidae	41,39	42,63	17,71	23,00	9,35	9,35	42,63	26,82	14,71
Gobiidae	0,00	1,07	0,00	0,00	1,44	0,00	1,44	0,50	0,70
Bothidae	0,00	0,00	2,41	0,70	0,72	0,00	2,41	0,77	0,99
Não identificadas	0,00	4,26	4,02	2,09	0,72	0,00	4,26	2,22	1,91
Outros (<1%)	0,00	0,00	0,80	0,00	4,32	0,00	4,32	1,02	1,87

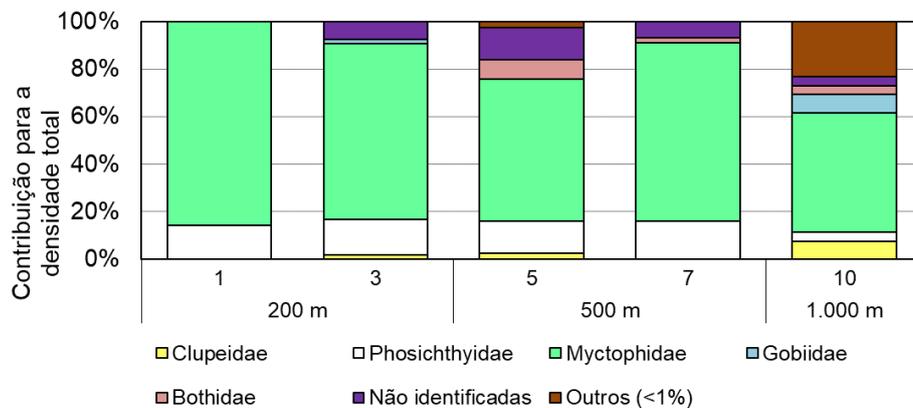


Figura 66: Percentual de larvas de peixes (%) no entorno do FPSO Fluminense durante a 19ª campanha de Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos.

5.5.3.2. Estrutura da Comunidade

Os valores de diversidade e equitabilidade variaram entre 1,36 (estação 1) e 2,56 bits.ind⁻¹ (estação 10) e entre 0,84 (estação 1) e 0,97 (estação 10), respectivamente (**Figura 67**). A média para a diversidade foi de 1,90 bits.ind⁻¹ (DP = ± 0,46) e para equitabilidade foi de 0,92 (DP = ± 0,05). Aponta-se que o comportamento dos índices foi similar. Os valores de diversidade e equitabilidade se mantiveram similares ao longo das estações, demonstrando que os organismos encontram-se bem distribuídos. Aponta-se que a estação 1 apresentou os menores valores para ambos os índices e a estação 10 os maiores.

Este cenário muito provavelmente está associado à densidade, uma vez que a estação 10 foi a que apresentou maior contribuição de outras famílias e a estação 1 teve apenas duas famílias (Myctophidae e Phosichthyidae) (**Figura 66**).

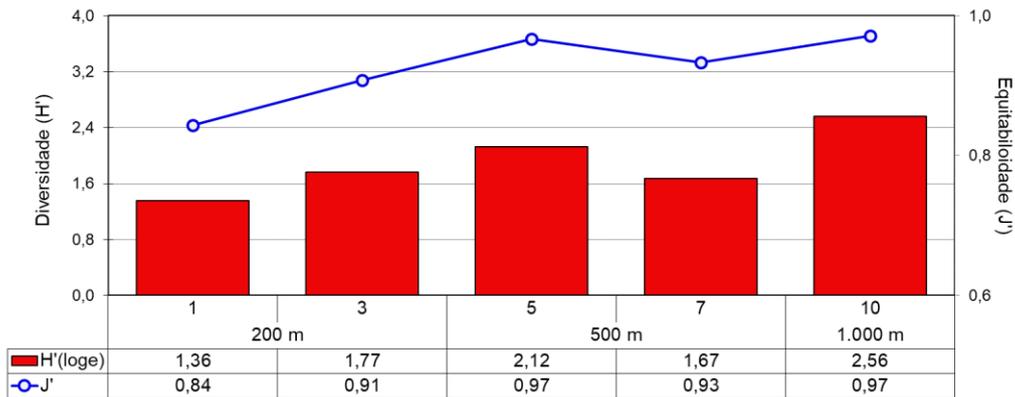


Figura 67: Índice de diversidade e de equitabilidade da comunidade ictioplanctônica das cinco estações monitoradas na 19ª campanha de Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema, Baía de Campos.

De modo a enriquecer 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 68. Houve a formação de dois clados principais, com cerca de 50% de similaridade, formado pela estação 10 frente às demais estações. Este cenário era de certa maneira esperado, em decorrência da estação 10 ter apresentado a menor densidade e a maior riqueza, tendo obtido também os maiores valores de índices de diversidade e equitabilidade.

O clado que apresentou maior similaridade – cerca de 75% - foi formado pelas estações 3 e 7, tendo essas apresentado riquezas similares, bem como índices biológicos, além de terem contribuições parecidas das famílias Myctophidae (estação 3: 74,07%; estação 7 – 75%) e Phosichthyidae (estação 3 – 14,81%; estação 7 – 15,91%) (**Figura 66**).

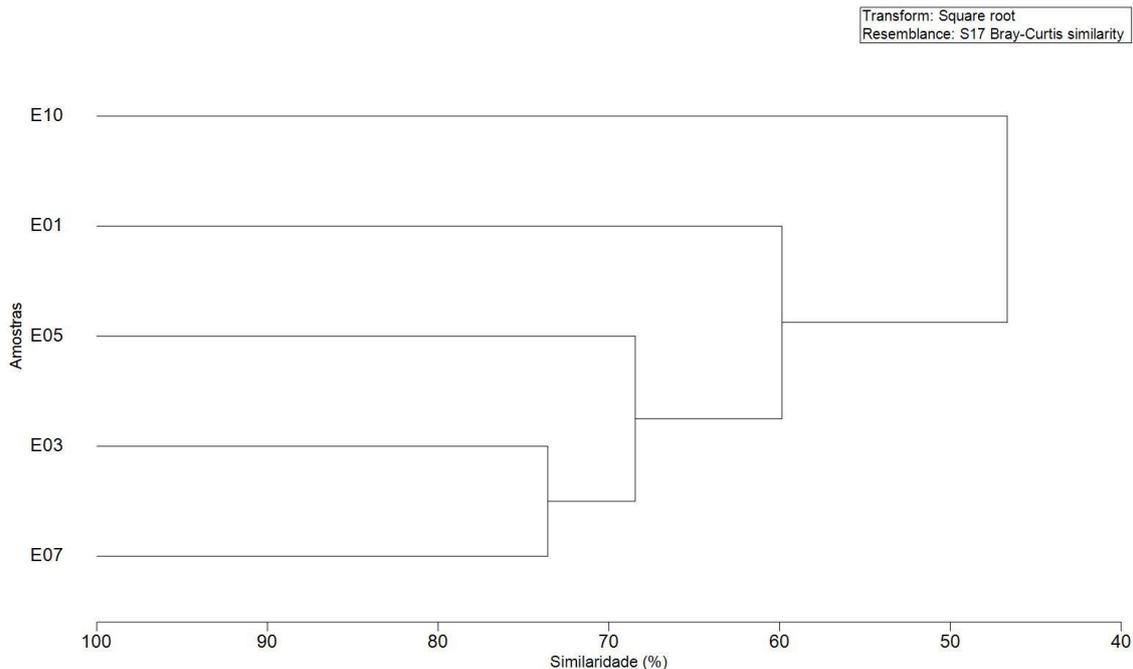


Figura 68: Análise de agrupamento das amostras de ictioplâncton através do índice de similaridade de Bray–Curtis nas cinco estações monitoradas durante a 19ª campanha de Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos.

5.6. Análise Integrada

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

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

Tabela 25: Variáveis abióticas e suas respectivas abreviaturas utilizadas na análise integrada dos dados da 19ª campanha de Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos.

Variáveis	Códigos
Oxigênio Dissolvido	OD
pH	pH
Ferro total	Fe total
Vanádio	V
Arsênio	As
Berílio	Be
Boro	B
Bário	Ba

Tabela 25: Variáveis abióticas e suas respectivas abreviaturas utilizadas na análise integrada dos dados da 19ª campanha de Monitoramento Ambiental do campo de Bijupirá e Salema, Bacia de Campos.

Variáveis	Códigos
Cobre	Cu
Cromo	Cr
Chumbo	Pb
Manganês	Mn
Selênio	Se
Zinco	Zn
Urânio	U
Alumínio dissolvido	Al diss
Ferro dissolvido	Fe diss
Cu dissolvido	Cobre dissolvido
Nitrogênio amoniacal	NH3
Nitrito	NO2
Nitrato	NO3
Carbono Orgânico Total	COT
Fluoreto	F

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

Deste modo, considerando os parâmetros abióticos, a análise integrada foi realizada através de análise multivariada. Assim foi aplicada a Análise de Ordenação de Coordenadas Principais (sigla em inglês – PCO), para qual os dois principais eixos representaram apenas 38,63 % das diferenças observadas entre as estações e profundidades (**Figura 69**).

Foi observada baixa representatividade nesta análise (<50%), não sendo identificada, de forma clara, uma separação das amostras nos dois planos relacionadas às profundidades de coleta (SUP, ACTC e TC), havendo um espalhamento das amostras no plano das análises, refletindo o observado nos itens 5.1, 5.2 e 5.3, onde, de um modo geral, não foram observadas diferenças entre as estações de coleta para os parâmetros analisados, exceto Fe total, As, Cr, Pb, Zn, NO3 e COT. Ao considerar o fator espacialidade, foi possível observar a formação de dois principais grupos, o primeiro agrupando as amostras à 200 e 500 m e o segundo as amostras à 500 e 1000 m. Frente ao observado entende-se que as amostras de 500m apresentam compartimento semelhante as demais, sendo, provavelmente, amostras com características transicionais.

Além disso, quando se aplicou o teste PERMANOVA para identificar se a profundidade, a espacialidade das estações e/ou ambos influenciaram na distribuição das amostras, foi identificada diferença significativa apenas para a espacialidade (profundidade: $p = 0,552$; espacialidade: $p = 0,002$; profundidade *versus* espacialidade: $p = 0,5255$). Este resultado indica que, para o ponto de vista físico-químico, ao longo da coluna d'água as estações apresentaram características semelhantes.

Assim, considerando os raios das estações, os quais 200 e 500 m representam a zona de mistura e 1.000 m a montante do ponto de lançamento do efluente a área controle, a identificação de diferença significativa considerando a espacialidade das estações indica que, do ponto de vista estatístico, o ambiente é heterogêneo, apesar de não ter ocorrido descarte de água produzida durante a coleta das amostras.

A partir da análise visual dos gráficos os parâmetros As, B e nitrato aparentam ter sido determinantes para as amostras a 500 e 1000m, enquanto os parâmetros COT, Zn e Cr se destacaram para as amostras de 200 e as demais de 500m.

Apesar de ter sido identificada diferença significativa em relação ao fator espacialidade, não é possível associar este resultado ao descarte de água produzida, uma vez que o mesmo não ocorreu durante a realização da amostragem.

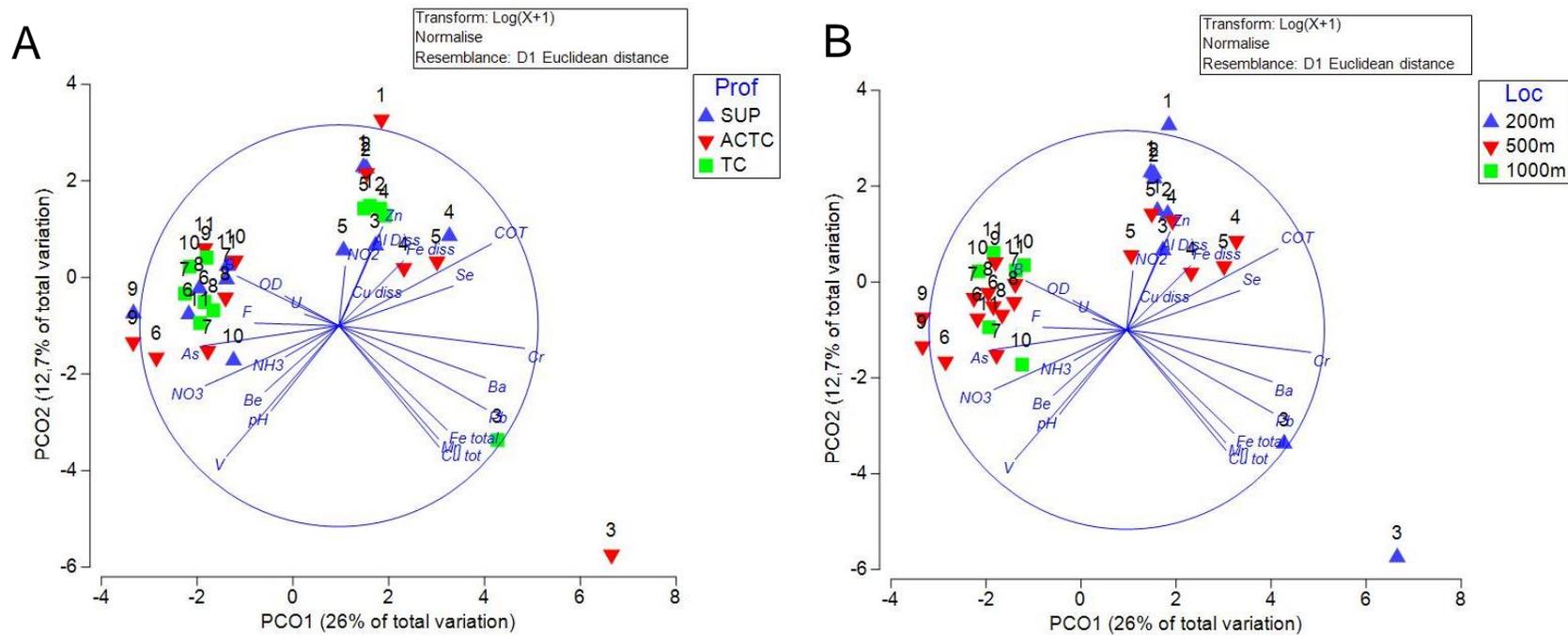


Figura 69: Análise de Ordenação de Coordenadas Principais (PCO) aplicada aos dados físico-químicos com resultados representativos e acima do limite de quantificação ou detecção considerando o fator (A) profundidade; e (B) espacialidade).

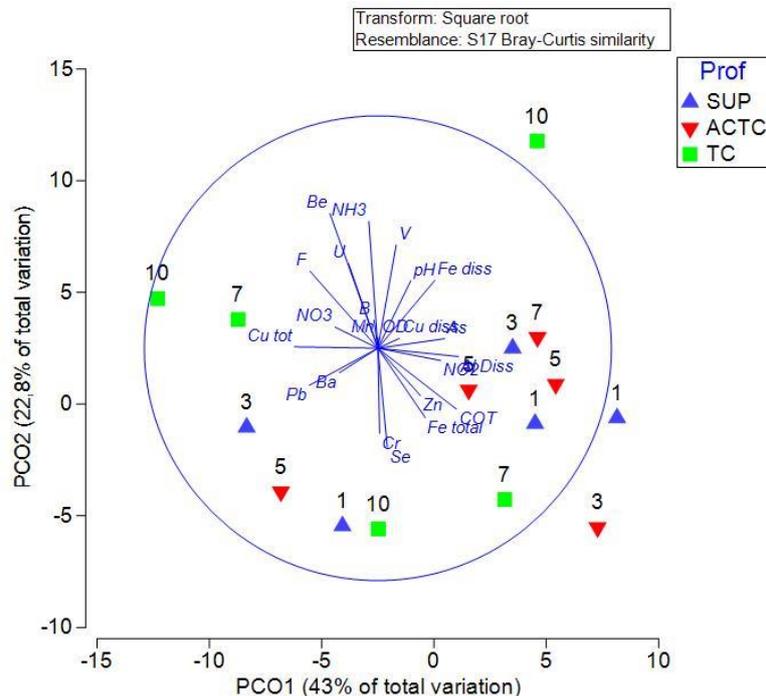


Figura 71: Ordenação de Coordenadas Principais (PCO) aplicada aos dados da comunidade planctônica e físico-químicos.

A análise de BIOENV, que objetiva indicar quais parâmetros melhor contribuíram no comportamento dos dados biológicos, indicou que Be, Al, NH e NO₂ tenderam a influenciar na comunidade biológica.

Por outro lado, realizando as análises de relação (disLM, **Tabela 26**) nenhum parâmetro abiótico apresentou relação no comportamento dos resultados da abundância da comunidade planctônica. Deste modo, os resultados estatísticos observados não indicaram, de um modo geral, que os fatores físico-químicos, especialmente aqueles que podem ser considerados poluentes, têm influência direta na comunidade fitoplanctônica da região no entorno do FPSO Fluminense.

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

Variáveis	Pseudo-F	p
pH	0,64935	0,679
OD	0,44125	0,846
Fe total	0,78432	0,567
V	0,91972	0,497
As	0,97047	0,419
Be	1,6066	0,174
B	0,94233	0,437

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

Variáveis	Pseudo-F	p
Pb	0,71894	0,636
Ba	0,29387	0,950
Cr	0,53896	0,761
Mn	0,43575	0,842
Se	1,3142	0,260
Zn	1,2398	0,294
U	1,1171	0,333
Al Diss	1,6154	0,173
Fe diss	0,913	0,484
NH3	1,3109	0,249
NO2	0,53447	0,799
NO3	0,75161	0,581
COT	1,2579	0,285
F	1,0752	0,394
Cu diss	0,53901	0,831
Cu tot	1,113	0,352

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 local e caracterizar a comunidade planctônica na área, com a finalidade de verificar o enquadramento das águas quanto ao requerido pela Resolução CONAMA 357/05.

As perfilagens de salinidade e temperatura demonstraram, até a profundidade máxima monitorada (aproximadamente 250 m), a presença da Água Tropical (AT) e da Água Central do Atlântico Sul (ACAS), massas d'água típicas da bacia de Campos. A assinatura dessas massas d'água refletiram nos dados de nutrientes, que apareceram, de um modo geral, em baixas concentrações, reforçando o padrão oligotrófico da área. Através das concentrações obtidas, não foi possível verificar aumentos de salinidade nas camadas superficiais que pudessem ser associadas ao descarte de água produzida pelo FPSO.

Os valores de pH, oxigênio dissolvido, nutrientes e COT foram comuns a área estudada e estiveram de acordo com o observado ao longo do monitoramento e, em geral, com o estabelecido pela Resolução CONAMA 357/05 para águas salinas classe 1. A exceção foi o valor máximo de nitrogênio amoniacal, para a estação 6 - SUP que esteve acima do limite máximo estabelecido por esta legislação. Niencheski *et al.* (1999), apresentou valores

descritos entre 4 e 9,15 mg.L⁻¹, podendo-se considerar os resultados como comuns de regiões oceânicas.

Como indicativo da boa qualidade da água na área estudada, cita-se a não verificação de diversos contaminantes com potencial nocivo à biota, como o cianetos, HPA, HTP, BTEX, índice de fenóis, óleos e graxas, surfactantes, PCB's, tributilestanho, além dos metais cádmio, mercúrio e prata.

Para a presente campanha, assim como em 2020, foram obtidas algumas concentrações quantificáveis de cobre dissolvido e total, estando a forma dissolvida acima, ou igual, ao preconizado pela legislação, nas amostras quantificadas (6 amostras de 99). No cenário da atual campanha, entretanto, este panorama não poderia ser associado à atividade de produção, pois a coleta, excepcionalmente, ocorreu sem descarte de água produzida.

Com relação aos demais metais analisados, de maneira geral, estes estiveram abaixo dos limites máximos estabelecidos pela Resolução CONAMA 357/05 para águas salinas classe 1, bem como com o observado nas campanhas anteriores. Algumas exceções foram algumas amostras de boro, selênio e zinco.

O boro ultrapassou, em duas amostras, o limite máximo estabelecido por esta resolução. Por outro lado, concentrações de boro acima do preconizado na legislação também podem ocorrer de forma natural no ambiente, conforme mostra dados secundário da região, onde concentrações de boro superiores a 5 mg.L⁻¹ já haviam sido reportadas por Petrobras (2013) nos resultados do Projeto de Caracterização Regional da Bacia de Campos (PCR-BC). Além disso, as campanhas de 2019, 2020 e 2021, além do presente PMA também detectaram concentrações de até 5,90¹; 5,23 e 5,35 mg.L⁻¹, respectivamente. Para o selênio, três amostras superaram o valor preconizado (0,01 mg.L⁻¹), com um valor máximo de 0,018 mg.L⁻¹. O zinco apresentou quatro concentrações acima do referencial (0,09 mg.L⁻¹).

Ressalta-se que a ausência de efeito nocivo à biota foi ratificada pelos resultados dos testes de ecotoxicidade, que não demonstraram efeito crônico ou agudo. Os resultados de radioisótopos demonstraram concentrações abaixo do limite de quantificação do método para ²²⁸Ra. No que tange a ²²⁶Ra apenas uma amostra obteve concentração quantificável. A não quantificação reportada para a atual campanha é um cenário comum verificado ao longo do monitoramento.

Quanto à análise da comunidade planctônica no entorno do FPSO, observou-se resultados condizentes para a área de estudo, indicando não estar sofrendo nenhuma alteração/impacto relacionada com as atividades do FPSO. Para o microfitoplâncton observou-se dominância de diatomáceas, dinoflagelados, e os cocolitoforídeos, destacando-

se a maior presença de diatomáceas na atual campanha, condizentes com regiões mais ricas em nutrientes da Bacia de Campos. No que tange ao nanoplâncton foram identificados cinco táxons: Diatomácea, Dinoflagelado, Cianobactéria, Cocolitoforídeo e Nanoplâncton não identificado. Para o zooplâncton o grupo dos copépodes (organismos holoplanctônicos) se destacou. Na análise do ictioplâncton foi observada uma composição comum para área, com destaque para a família Myctophidae.

É possível concluir que esta 19ª 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 associada 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 27: Avaliação dos Objetivos, Metas, Indicadores e Resultados do PMA.

Objetivo	Meta	Indicadores	Resultados
<p>- Verificar <i>in situ</i> o impacto do descarte de água produzida, considerando o prognóstico de modelagem 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 <p>Alterações na estrutura e composição planctônica, através de parâmetros como composição, riqueza, densidade e índices de diversidade dos táxons da comunidade.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Os parâmetros físico-químicos apresentaram valores, em geral, compatíveis para as regiões oceânicas e as perfilagens de salinidade e temperatura indicaram massas d'água típicas da plataforma brasileira (AT e ACAS). - A análise de nutrientes demonstrou características de regiões oligotróficas, como esperado para áreas oceânicas, tendo apenas uma exceção pontual de valor elevado, anômolo (não representativo); - Dos metais analisados, três concentrações de boro, três de selênio, quatro de zinco e cinco de cobre dissolvido apresentaram concentrações acima do limite estabelecido pela CONAMA 357/05. Essas concentrações não demonstraram padrão espacial claro, que pudesse ser relacionado a distâncias do FPSO. - Não foram detectadas concentrações efetivas dos compostos orgânicos surfactantes, HPA, HTP, PCB's, BTEX, índices de fenóis, óleos e graxas; - Não foram evidenciados efeitos agudos e crônicos nos testes de toxicidade; - De um modo geral, não foi evidenciada alteração ambiental no entorno do FPSO. Deve-se levar em conta que não houve descarte de água produzida durante o momento de coleta. <p>- A composição planctônica encontrada foi típica da região oceânica monitorada;</p> <p>- A riqueza taxonômica e os índices de diversidade e equitabilidade apresentaram valores condizentes com os dados pretéritos do monitoramento.</p>

7. EQUIPE

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

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

Nome	Cadastro Técnico Federal (CTF/BAMA)	Registro	Assinatura
Larissa Corso Velloso Oceanógrafa	8112778	Não aplicável	
Luisa Santos Machado Oceanógrafa	7526192	Não aplicável	
Luiz Carlos Ramos da Silva Filho Oceanógrafo Msc. Planejamento Ambiental	5006019	Não aplicável	
Nicole Silva Caliman Monteiro Bióloga Marinha/UFF M ^a e Dr ^a . em Dinâmica dos Oceanos e da Terra/UFF	7099214	131044/02	



REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADL, S., BASS, D., LANE, C., LUKEŠ, J., SCHOCH, C., ALEXEY, S., AGATHA, S., BERNEY, C., BROWN, M., BURKI, F., CÂRDENAS, P., CEPICKA, I., CHISTYAKOVA, L., DEL CAMPO, J., DUNTHORN, M., EDVARDSEN, B., EGLIT, Y., GUILLOU, L., HAMPL, V. & ZHANG, Q., 2018. Revisions to the Classification, Nomenclature, and Diversity of Eukaryotes. **Journal of Eukaryotic Microbiology**, 66: 1-119.

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

ANP – AGÊNCIA NACIONAL DE PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS. Boletim da Produção de Petróleo e Gás Natural, 2022. Disponível em: <https://www.gov.br/anp/pt-br/centrais-de-conteudo/publicacoes/boletins-anp/boletins/arquivos-bmppgn/2022/boletim-novembro.pdf>. Acesso em: Fevereiro, 2023

APHA, AWWA, AEF, 2005. **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**, 21st ed. Washington, DC. Acesso em: Fevereiro, 2022.

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.

AVILA, L.R.M.; ARRUDA, M.R. & BONECKER, S.L.C., 2006. Chaetognatha. In: BONECKER, S.L.C. (Ed.). **Atlas da Região Central da Zona Econômica Exclusiva brasileira**. Museu Nacional Série de livros n. 21, Rio de Janeiro, p. 165-185.

BERGESCH, M.; ODEBRECHT, C. & MOESTRUP, O., 2008. Nanoflagellates form coastal waters of southern Brazil (32oS). **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., 2017. **Gêneros de algas de águas continentais do Brasil - Chave para identificação e descrições** - 3a edição. Editora RIMA. 554 p.

BONECKER, A.C.T. & CASTRO, M.S. 2006. **Atlas de larvas de peixes da região central da Zona Econômica Exclusiva brasileira**. Museu Nacional Série Livros n. 19. Rio de Janeiro. 216 p.

BONECKER, 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.



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

BONECKER, 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. & 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.; VALENTE, A.; DIAS, C.O.; FERNANDES, L.D.A.; ARRUDA, M.; ALPINO, P.; COSTA, R.F.C. & CARVALHO, P.F., 2014. **Catálogo digital de zooplâncton da região da Bacia de Campos**. [online]. Disponível em <http://www.intranet.biologia.ufrj.br/lizi/cat.zoo/index.html>. Acesso em: 16 de janeiro de 2023.

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.

BOUTRUP, P.V.; MOESTRUP, Ø.; TILLMANN, U. & DAUGBJERG, N., 2016. Katodinium glaucum (Dinophyceae) revisited: proposal of new genus, family and order based on ultrastructure and phylogeny. **Phycologia**, 55: 147-164.

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

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

CALBET, A.; LANDRY, M. R. & NUNNERY, S., 2001. Bacteria-Flagellate Interactions in the Microbial Food Web of the Oligotrophic Subtropical North Pacific. **Aquatic Microbial Ecology**, 23: 283-292.

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

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



CASTRO, B. M., MIRANDA, L. B. PHYSICAL OCEANOGRAPHY OF THE WESTERN ATLANTIC CONTINENTAL SHELF LOCATED BETWEEN 4°N AND 34°S COSTAL SEGMENT (4,W). CHAPTER 8. INSTITUTO OCEANOGRÁFICO, UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO. *THE SEA*, V. 11, N.1, P. 209-251, 1998.

CASTRO, M. S.; RICHARDS, W. J. & BONECKER, A. C. T., 2010. Occurrence and Distribution of Larval Lanternfish (Myctophidae) from the Southwest Atlantic Ocean (12°S-22°S). **Revista Brasileira de Zoologia**, 27(4): 541–553.

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

CHRÉTIENNOT-DINET, M. J., 1990. **Atlas du phytoplancton Marin. Chlorarachnoiphyceés, Chlorophyceés, Chrysophyceés, Cryptophyceés, Euglénophyceés, Eustigmatophyceés, Prasinophyceés, Prymnésiophyceés, Rhodophyceés et Tribophyceés**. 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 – Convention on International Trade in Endangered Species of Wild Fauna and Flora. Disponível em: <http://checklist.cites.org/#/en>. Acesso em: Março, 2023.

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

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

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

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

DIAS, C.O. & ARAUJO, A.V., 2006. Copepoda. In: BONECKER, S.L.C. (Ed.). **Atlas da Região Central da Zona Econômica Exclusiva brasileira**. Museu Nacional Série de livros n. 21, Rio de Janeiro, p. 23-101.

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



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

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

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

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, Canadá: 1696 p.

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

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

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

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

FRICKE, R., ESCHMEYER, W.N. & VAN DER LAAN, R. (Eds.), 2022. **Eschmeyer's Catalog of Fishes: Genera, species, references**. (<http://researcharchive.calacademy.org/research/ichthyology/catalog/fishcatmain.asp>). Electronic version accessed 03/01/2023.

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.



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

GÓMEZ, F., 2012. A checklist and classification of living dinoflagellates (Dinoflagellata, Alveolata). **Cicimar Océánides**, 27(1): 65-140.

GÓMEZ, F., 2021. Speciation and infrageneric classification in the planktonic dinoflagellate *Tripos* (Gonyaulacales, Dinophyceae). **Current Chinese Science**, 1(3): 346-372.

GÓMEZ, F., TAKAYAMA, H., MOREIRA, D. & LÓPEZ-GARCIA, P., 2016. Unarmoured dinoflagellates with a small hyposome: *Torodinium* and *Lebouridinium* gen. nov. for *Katodinium glaucum* (Gymnodiniales, Dinophyceae). **European Journal of Phycology**, 51(2): 226-241.

GUIRY, M.D. & GUIRY, G.M., 2023. **Algaebase**. World-wide electronic publication, National University of Ireland, Galway. <https://www.algaebase.org>; acesso em 02 de janeiro de 2023.

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

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

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

HEIMDAL, B.R., 1997. Modern Coccolithoforids. In: TOMAS, C. R. (Ed.) **Identifying Marine Phytoplankton**. San Diego: 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.

IUCN. **International Union for Conservation of Nature**. 2023 Disponível em: <http://www.iucnredlist.org/>. Acessado em Março, 2023

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

JORDAN, R. W., CROS, L. & YOUNG, J. R., 2004. A Revised Classification Scheme for Living Haptophytes. **Micropaleontology**, 50: 55-79.



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.

KAWAI, H. & NAKAYAMA, T., 2015. Introduction (Heterokontobionta p.p.), Cryptophyta, Dinophyta, Haptophyta, Heterokontophyta (except Coscinodiscophyceae, Mediophyceae, Fragilariophyceae, Bacillariophyceae, Phaeophyceae, Eustigmatophyceae), Chlorarachniophyta, Euglenophyta. In: FREY, W. (Ed.). **Syllabus of plant families. Adolf Engler's Syllabus der Pflanzenfamilien. Ed. 13. Phototrophic eukaryotic Algae. Glaucocystophyta, Cryptophyta, Dinophyta/Dinozoa, Haptophyta, Heterokontophyta/Ochrophyta, Chlorarachniophyta/Cercozoa, Chlorophyta, Streptophyta p.p.** Stuttgart: Borntraeger Science Publishers. 324 p.

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.**, 82(3): 247-345.

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

KOMÁREK, J., KAŠTOVSKÝ, J., MAREŠ, J. & JOHANSEN, J.R. 2014. Taxonomic classification of cyanoprokaryotes (cyanobacterial genera) 2014, using a polyphasic approach. **Preslia**, 86: 295-335.

KRETSCHMANN, J., ELBRÄCHTER, M., ZINSSMEISTER, C., SOEHNER, S., KIRSCH, M., KUSBER, W. H. & GOTTSCHLING, M., 2015. Taxonomic clarification of the dinophyte *Peridinium acuminatum* Ehrenb., *Scrippsiella acuminata*, comb. nov. (Thoracosphaeraceae, Peridinales), **Phytotaxa**, 220(3): 239-256.

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

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

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

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

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

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

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

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 Metereology, Geophysics and Bioklimatology** (Ser. A), 7: 502-527.

MEDLIN, L. K. & KACZMARSKA, I., 2004. Evolution of the diatoms: V. Morphological and cytological support for the major clades and a taxonomic revision. **Phycologia**, 43: 245-270.

MEDLIN, L. K., 2016. Evolution of the diatoms: major steps in their evolution and a review of the supporting molecular and morphological evidence. **Phycologia**, 55(1): 79-103.

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

MOESTRUP, Ø. & CALADO, A.J., 2018. **Süßwasserflora von Mitteleuropa. Freshwater Flora of Central Europe**, Volume 6: Dinophyceae. pp. [i]-xii, [1]-560, 421 figs. Berlin: Springer Spektrum.

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

MMA (MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE). 2022. Portaria GM/MMA Nº 300, de 13 de dezembro de 2022. Disponível em: <https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/portaria-gm/mma-n-300-de-13-de-dezembro-de-2022-450425464>. Acesso em: Março. 2023.

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

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.

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.

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



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

OLGUÍN, H. F.; BOLTOVSKOY, D.; LANGE, C. B. & BRAndINI, F. 2006. Distribution of spring phytoplankton (mainly diatoms) in the upper 50 m of the Southwestern Atlantic Ocean (30° to 61°S). **Journal of Plankton Research**, 13. 45 p.

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

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

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

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

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

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

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

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

REZENDE, C. E.; ANDRADE, L.; SUZUKI, M. S.; TOVAR-FARO, B.; GONZALEZ, A. S. M. & PARANHOS, R. 2006. HIDROQUÍMICA. IN: **CARACTERÍSTICAS HIDROLÓGICAS DA REGIÃO CENTRAL DA ZONA ECONÔMICA EXCLUSIVA BRASILEIRA (SALVADOR, BA, AO CABO DE SÃO TOMÉ, RJ)** / JEAN LOUIS VALENTIN, ORGANIZADOR. BRASÍLIA: MMA 31-60 PP (SÉRIE DOCUMENTOS REVIZEE – SCORE CENTRAL, 2).

RICHARDS, W.J. 2006. **Early stages of Atlantic fishes: an identification guide for the Western North Atlantic**. Volume I and Volume II. CRC Press, Boca Raton, Florida: 2640 p.

ROUND, F.E.; CRAWFORD, R.M.; MANN, D.G., 1990. **The diatoms: biology and morphology of the genera**. The Bath Press, Reino Unido, 747 p.

SÁNCHEZ-VELASCO, L.; AVALOS-GARCIA, C.; RENTERÍA-CANO, M. & SHIRASAGO, B., 2004. Fish larvae abundance and distribution in the central Gulf of California during strong environmental changes (1997-1998 El Niño and 1998-1999 La Niña). **Deep-Sea Research II**, v. 51, p. 711-722.

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

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

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

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

SHELL/AECOM. 2013. **Relatório da 9ª Campanha do Projeto de Monitoramento Ambiental, Campo de campo de Bijupirá e Salema – FPSO Fluminense**. Relatório Técnico. 91p.

SHELL/AECOM. 2014. **Relatório da 10ª Campanha do Projeto de Monitoramento Ambiental, Campo de campo de Bijupirá e Salema – FPSO Fluminense**. Relatório Técnico. 116p.

SHELL/AECOM. 2015. **Relatório da 11ª Campanha do Projeto de Monitoramento Ambiental, Campo de campo de Bijupirá e Salema – FPSO Fluminense**. Relatório Técnico. 108p.

SHELL/AECOM. 2016. **Relatório da 12ª Campanha do Projeto de Monitoramento Ambiental, Campo de campo de Bijupirá e Salema – FPSO Fluminense**. Relatório Técnico. 106p.

SHELL/AECOM. 2017. **Relatório da 13ª Campanha do Projeto de Monitoramento Ambiental, Campo de campo de Bijupirá e Salema – FPSO Fluminense**. Relatório Técnico. 99p.

SHELL/AECOM. 2018. **Relatório da 15ª Campanha do Projeto de Monitoramento Ambiental, Campo de campo de Bijupirá e Salema – FPSO Fluminense**. Relatório Técnico. 98p.

SHELL/WITTOBRIENS. 2019. **Relatório da 16ª Campanha do Projeto de Monitoramento Ambiental, Campo de campo de Bijupirá e Salema – FPSO Fluminense**. Relatório Técnico. 95p.



- SHELL/WITTOBRIENS. 2020. **Relatório da 17ª Campanha do Projeto de Monitoramento Ambiental, Campo de Bijupirá e Salema – FPSO Fluminense.** *Relatório Técnico.* 109p.
- SHELL/WITTOBRIENS. 2021. **Relatório da 18ª Campanha do Projeto de Monitoramento Ambiental, Campo de Bijupirá e Salema – FPSO Fluminense.** *Relatório Técnico.* 113 p.
- SIGNORINI, S. R. 1978. On the circulation and volume transport of the Brazil Current between the Cape of São Tomé and Guanabara Bay. *Deep Sea Res.*, Vol. 25(5). 481-490p.
- SILVEIRA, I.C.A. O SISTEMA **Corrente do Brasil na Bacia de Campos**, RJ [TESE DE LIVRE DOCÊNCIA]. SÃO PAULO: UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO, 2007.
- SILVEIRA, I.C.A.; SCHMIDT, A.C.K; CAMPOS, E.J.D.; GODOI, S.S. & IKEDA, Y. 2000. A Corrente Do Brasil Ao Largo Da Costa Leste Brasileira. **Rev. Bras. Oceanogr.**, 48(2): 171–183.
- SOEST, R.W.M., 1981. A monograph of the order Pyrosomatida (Tunicata, Thaliacea). **Journal of Plankton Research**, 3(4): 603-631.
- SOURNIA, A., 1978. Phytoplankton Manual. **Monogr. Oceanogr. Methodol**, 6: 69-74.
- STEIDINGER, K.A. & TANGEN, K., 1997. Dinoflagellates. In: **Identifying Marine Phytoplankton**. Tomas, C.R. (ed.). U.S.A., Academic Press, 583 p.
- STRAMMA L & ENGLAND M. 1999. On the water masses and mean circulation of the South Atlantic Ocean. **J. Geophys. Res.**, 104(C9): 20863-20883.
- SVERDRUP, H.U., JOHNSON, M.W. & FLEMING, R.H. 1942. The Oceans: their physics, chemistry and general biology. **Englewood Cliffs, Prentice- Hall Inc.** 1087 p.
- TAYLOR, F.J.R., 1976. Dinoflagellates from the International Indian Ocean Expedition. A report on material collected by the R. V. “Anton Bruun” 1963-1954. **Bibliotheca Botanica**, 132: 1-234.
- TENENBAUM, D. R.; GOMES, E. A. T. & GUIMARÃES, G. P. 2007. **Microorganismos planctônicos: pico, nano e micro**. In: VALENTIN, J. L. (Org.). Características hidrobiológicas da região central da zona econômica exclusiva brasileira (Salvador, BA ao Cabo de São Tome, RJ). Brasília, MMA. 168 p.
- THRONDSSEN, J., 1997. The Planktonic Marine Flagellates. In: TOMAS, C.R. (Ed.). **Identifying Marine Phytoplankton**. San Diego: Academic Press. 583 p.
- URIARTE, I. & VILLATE, F., 2005. Differences in the abundance and distribution of copepods in two estuaries of the Basque coast (Bay of Biscay) in relation to pollution. **Journal of Plankton Research**, 27: 863-874.



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

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

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

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

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

WORMS., 2023. **World Register of Marine Species**. Disponível em: <https://www.marinespecies.org/index.php>. Acesso em: 16 de janeiro de 2023.

YOUNG, J.R., GEISEN, M., CROS, L., KLEIJNE, A., SPRENGEL, C., PROBERT, I. & OSTERGAARD, J.B., 2003. A guide to extant calcareous nanoplankton taxonomy. **Journal of Nanoplankton Research Special Issue**, 1: 1-125



EnvironPact

SUSTENTABILIDADE
E RESILIÊNCIA

Rua da Glória, 122 | 10º Andar | Glória
Rio de Janeiro | RJ | Brasil | CEP 20.241-180
Tel.: +55 [21] 3032-6750 | 3032-6762
comercial@environpact.com
environpact.com

EMERGÊNCIA: 0800 627 4367