

RELATÓRIO FINAL DA 9ª CAMPANHA DE MONITORAMENTO AMBIENTAL (PMA) DO PARQUE DAS CONCHAS (BACIA DE CAMPOS) – FPSO ESPÍRITO SANTO

Campanha de 2019

Desenvolvido para: Shell Brasil Petróleo Ltda.



Rev. 00– março, 2020.





CONTROLE DE REVISÕES

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



SUMÁRIO

SUMÁRIO.....	II
1. INTRODUÇÃO.....	11
2. OBJETIVOS E METAS.....	12
3. ÁREA DE ESTUDO	12
3.1. MALHA AMOSTRAL.....	14
4. MÉTODOS	17
4.1. QUALIDADE DA ÁGUA.....	17
4.1.1. MÉTODOS DE CAMPO	17
4.1.1.1. MÉTODOS DE ANÁLISE	20
4.2. BIOTA.....	24
4.2.1. MÉTODOS DE CAMPO	24
4.2.2. MÉTODOS DE ANÁLISE	25
5. RESULTADOS.....	28
5.1. PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS.....	28
5.1.1. TEMPERATURA, SALINIDADE E DENSIDADE.....	28
5.1.2. OXIGÊNIO DISSOLVIDO.....	33
5.1.3. POTENCIAL HIDROGENIÔNICO (PH)	34
5.2. PARÂMETROS INORGÂNICOS	36
5.2.1. NITROGÊNIO E FÓSFORO	36
5.2.2. CLOROFILA-A	41
5.2.3. METAIS.....	42
5.2.4. CIANETO LIVRE	45
5.2.5. FLUORETOS	46
5.2.6. SULFETOS	47
5.2.7. CLORO RESIDUAL TOTAL.....	47
5.2.8. RADIOISÓTOPOS.....	47
5.3. PARÂMETROS ORGÂNICOS	49
5.3.1. CARBONO ORGÂNICO TOTAL (COT).....	49
5.3.2. SURFACTANTES	51
5.3.3. BIFENILAS POLICLORADAS (PCBs)	52
5.3.4. TRIBUTILESTANHO	53
5.3.5. HIDROCARBONETOS E FENÓIS	54
5.3.6. ÓLEOS E GRAXAS	57



5.4. ECOTOXICIDADE	57
5.5. BIOTA.....	59
5.5.1. FITOPLÂNCTON	59
5.5.1.1. COMPOSIÇÃO ESPECÍFICA.....	59
5.5.1.2. RIQUEZA	61
5.5.1.3. ANÁLISE QUANTITATIVA	65
5.5.1.4. ESTRUTURA DA COMUNIDADE FITOPLANCTÔNICA	70
5.5.2. ZOOPLÂNCTON.....	72
5.5.2.1. CARACTERIZAÇÃO DA COMUNIDADE.....	72
5.5.2.2. ANÁLISE QUANTITATIVA	77
5.5.2.3. ESTRUTURA DA COMUNIDADE	80
5.5.3. ICTIOPLÂNCTON	82
5.5.3.1. CARACTERIZAÇÃO DA COMUNIDADE.....	82
5.5.3.2. ANÁLISE QUANTITATIVA	84
5.5.3.3. ESTRUTURA DA COMUNIDADE	87
5.6. ANÁLISE INTEGRADA	89
6. CONCLUSÃO.....	97
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	102
7. EQUIPE TÉCNICA	112



LISTA DE ANEXOS

ANEXO A – Laudo analítico I - química

ANEXO B – Laudo analítico II - toxicidade

ANEXO C – Laudo biológico – fitoplâncton

ANEXO D – Laudo biológico e Relatório de Tombo – zooplâncton

ANEXO E – Laudo biológico e Relatório de Tombo – ictioplâncton

ANEXO F – ABIO e Cartas de Aceite



LISTA DE FIGURAS

<i>Figura 1: Localização do Parque das Conchas (BC-10), Bacia de Campos (Datum SIRGAS2000).</i>	13
<i>Figura 2: FPSO Espírito Santo e seu bordo de descarte de água produzida durante a 9ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos.</i>	14
<i>Figura 3: Esquema da malha amostral do compartimento água, conforme previsto no Projeto de Monitoramento Ambiental (PMA) do Parque das Conchas, Bacia de Campos.</i>	16
<i>Figura 4 – Embarcação Waterbuck utilizada durante a 9ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos. Fonte: www.nauticexpo.com</i>	17
<i>Figura 5: CTD utilizado durante a 9ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos.</i>	18
<i>Figura 6: Lançamento e recolhimento de garrafas durante a 9ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos.</i>	19
<i>Figura 7: Equipamentos utilizados na medição dos parâmetros físico-químicos in situ e na filtração durante a 9ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos.</i>	19
<i>Figura 8 – Exemplo de representação de dados em um gráfico Box plot.</i>	23
<i>Figura 9 – Em sequência, rede de plâncton do tipo bongô durante a 9ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos.</i>	25
<i>Figura 10: Perfis de temperatura nas estações monitoradas durante a 9ª Campanha de Monitoramento Ambiental do FPSO Espírito Santo, Parque das Conchas, Bacia de Campos. – profundidades amostradas.</i>	29
<i>Figura 11: Perfis de salinidade nas estações monitoradas durante a 9ª Campanha de Monitoramento Ambiental do FPSO Espírito Santo, Parque das Conchas, Bacia de Campos. – profundidades amostradas.</i>	30
<i>Figura 12: Perfis de densidade nas estações monitoradas durante a 9ª Campanha de Monitoramento Ambiental do FPSO Espírito Santo, Parque das Conchas, Bacia de Campos. – profundidades amostradas.</i>	31
<i>Figura 13: Diagrama TS dos dados amostrados nas estações no entorno do FPSO Espírito Santo durante a 9ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos.</i>	32
<i>Figura 14: Distribuição das concentrações de Oxigênio Dissolvido (OD) nas estações no entorno da FPSO Espírito Santo durante a 9ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos.</i>	33
<i>Figura 15: Concentrações de Oxigênio Dissolvido (OD) observadas nas nove últimas Campanhas de Monitoramento Ambiental realizadas no Parque das Conchas, Bacia de Campos.</i>	34
<i>Figura 16: Valores de pH nas estações no entorno do FPSO Espírito Santo durante a 9ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos.</i>	35
<i>Figura 17: Resultados de pH observados nas nove últimas Campanhas de Monitoramento Ambiental realizadas no do Parque das Conchas, Bacia de Campos.</i>	36
<i>Figura 18: Distribuição das concentrações de nitrato, nitrito e nitrogênio amoniacal nas estações no entorno do FPSO Espírito Santo durante a 9ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos.</i>	37



Figura 19: Concentrações de nitrato e nitrito observadas nas nove últimas Campanhas de Monitoramento Ambiental realizadas no Parque das Conchas, Bacia de Campos.	39
Figura 20: Concentrações de nitrogênio amoniacal observadas nas nove últimas Campanhas de Monitoramento Ambiental realizadas no Parque das Conchas, Bacia de Campos.	39
Figura 21: Distribuição das concentrações de fósforo nas estações no entorno do FPSO Espírito Santo durante a 9ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos.	40
Figura 22: Concentrações de fósforo observadas nas nove últimas Campanhas de Monitoramento Ambiental realizadas no Parque das Conchas, Bacia de Campos.....	41
Figura 23: Distribuição das concentrações de clorofila-a nas estações no entorno do FPSO Espírito Santo durante a 9ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos.....	42
Figura 24: Distribuição das concentrações de boro nas estações no entorno do FPSO Espírito Santo durante a 9ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos.	44
Figura 25: Concentrações de boro observadas nas nove últimas Campanhas de Monitoramento Ambiental realizadas no Parque das Conchas, Bacia de Campos.....	44
Figura 26: Distribuição das concentrações de zinco nas estações no entorno do FPSO Espírito Santo durante a 9ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos.	45
Figura 27: Concentrações de zinco observadas nas nove últimas Campanhas de Monitoramento Ambiental realizadas no Parque das Conchas, Bacia de Campos.....	45
Figura 28: Distribuição das concentrações de fluoreto nas estações no entorno do FPSO Espírito Santo durante a 9ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos.	46
Figura 29: Concentrações de fluoreto observadas nas nove últimas Campanhas de Monitoramento Ambiental realizadas no Parque das Conchas, Bacia de Campos.....	47
Figura 30: Distribuição das concentrações de ^{226}Ra nas estações no entorno do FPSO Espírito Santo durante a 9ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos.	48
Figura 31: Concentrações de ^{226}Ra e ^{228}Ra observadas nas nove últimas Campanhas de Monitoramento Ambiental realizadas no Parque das Conchas, Bacia de Campos.	49
Figura 32: Distribuição das concentrações de Carbono Orgânico Total (COT) nas estações no entorno do FPSO Espírito Santo durante a 9ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos.	50
Figura 33: Concentrações de COT observadas nas nove últimas Campanhas de Monitoramento Ambiental realizadas no Parque das Conchas, Bacia de Campos.....	51
Figura 34: Distribuição das concentrações de surfactantes nas estações no entorno do FPSO Espírito Santo durante a 9ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos.	52
Figura 35: Distribuição das concentrações de tributilestano nas estações no entorno do FPSO Espírito Santo durante a 9ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos.	53
Figura 36: Contribuição percentual das classes taxonômicas do microfitoplâncton identificadas nas estações de amostragem no entorno do FPSO Espírito Santo durante a 9ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos.	61



Figura 37: Número de táxons do microfitoplâncton em cada profundidade nas cinco estações monitoradas durante a 9ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos.	62
Figura 38: Contribuição percentual da riqueza de táxons por categoria taxonômica nas cinco estações e em cada profundidade monitorada durante a 9ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos.	63
Figura 39: Densidade celular (cel/L) do nanofitoplâncton no entorno do FPSO Espírito Santo durante a 9ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos.	67
Figura 40: Densidade celular do microfitoplâncton (cel/L) nas cinco estações monitoradas durante a 9ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos.	68
Figura 41: Contribuição percentual das categorias taxonômicas na densidade do microfitoplâncton no entorno da FPSO Espírito Santo durante a 9ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos.	69
Figura 42: Índice de diversidade (H') e de equitabilidade (J') da comunidade fitoplanctônica das cinco estações monitoradas na 9ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos.	71
Figura 43: Análise de agrupamento das amostras através do índice de similaridade de Bray–Curtis nas cinco estações monitoradas durante a 9ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos.	72
Figura 44: Contribuição média percentual das categorias taxonômicas do zooplâncton identificadas nas cinco estações monitoradas durante a 9ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos.	73
Figura 45: Número de táxon do zooplâncton nas cinco estações monitoradas durante a 9ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos.	74
Figura 46: Densidade do zooplâncton nas cinco estações monitoradas durante a 9ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos.	78
Figura 47: Abundância relativa (%) dos grupos dominantes coletados nas cinco estações monitoradas durante a 9ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos.	79
Figura 48: Abundância (%) dos copépodes dominantes coletados nas cinco estações monitoradas durante a 9ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos.	80
Figura 49: Índice de diversidade e de equitabilidade da comunidade zooplanctônica das cinco estações monitoradas na 9ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos.	81
Figura 50: Análise de agrupamento das amostras através do índice de similaridade de Bray–Curtis nas cinco estações monitoradas durante a 9ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos.	82
Figura 51: Contribuição percentual do número de táxons por grupos do ictioplâncton identificados nas redes de 330 e 500 μm (A e B, respectivamente) durante a 9ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos. *Soma de táxons de famílias com no máximo 2 táxons cada, além dos anquiliformes e das larvas não identificados.	83



<i>Figura 52: Número de táxons em cada estação no entorno do FPSO Espírito Santo durante a 9ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos.</i>	<i>84</i>
<i>Figura 53: Densidade de larvas de peixes (larvas/100m³) coletados com as malhas de 330 e 500 µm em cada estação no entorno do FPSO Espírito Santo durante a 9ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos.</i>	<i>85</i>
<i>Figura 54: Percentual de larvas de peixes (%) no entorno do FPSO Espírito Santo durante a 9ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos.</i>	<i>87</i>
<i>Figura 55: Índice de diversidade e de equitabilidade da comunidade ictioplanctônica das cinco estações monitoradas na 9ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos.</i>	<i>88</i>
<i>Figura 56: Análise de agrupamento das amostras de ictioplâncton através do índice de similaridade de Bray–Curtis nas cinco estações monitoradas durante a 9ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos.</i>	<i>88</i>
<i>Figura 57: Ordenação das variáveis abióticas em relação aos fatores 1 e 2 extraídos na análise de componentes principais (ACP) em função das diferentes profundidades da coluna d'água – referente à 9ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos.</i>	<i>92</i>
<i>Figura 58: Distribuição tridimensional dos principais fatores gerados na ACPs - referente à 9ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos, com ênfase no eixo referente ao Fator 3.</i>	<i>93</i>
<i>Figura 59: Ordenação das variáveis abióticas e bióticas em relação aos fatores 1-2 extraídos na análise de componentes principais (ACP) em função das diferentes profundidades da coluna d'água – referente 9ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos.</i>	<i>95</i>
<i>Figura 60: Distribuição tridimensional dos principais fatores gerados na ACPs - variáveis abióticas e bióticas - referente à 9ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos, com ênfase no eixo referente ao Fator 3.</i>	<i>96</i>



LISTA DE TABELAS

<i>Tabela 1: Coordenadas geográficas, distâncias e profundidades dos pontos de amostragem durante a 9ª Campanha do Projeto de Monitoramento Ambiental do FPSO Espírito Santo no Campo Parque das Conchas, Bacia de Campos (Datum SIRGAS2000).</i>	<i>16</i>
<i>Tabela 2: Métodos de acondicionamento das amostras para a avaliação dos parâmetros físico-químicos e ecotoxicológicos empregados durante a 9ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos.</i>	<i>20</i>
<i>Tabela 3: Métodos analíticos para a análise dos parâmetros físico-químicos e ecotoxicológicos empregados durante a 9ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos.</i>	<i>21</i>
<i>Tabela 4: Códigos utilizados na 9ª Campanha para individualizar os organismos do microfitoplâncton de acordo com a forma e maior dimensão celular.</i>	<i>26</i>
<i>Tabela 5: Metais que apresentaram concentrações abaixo do Limite de Quantificação (LQ) nas estações no entorno do FPSO Espírito Santo durante a 9ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos.</i>	<i>42</i>
<i>Tabela 6: Concentrações quantificáveis de hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (HPAs, µg/L) nas estações no entorno do FPSO Espírito Santo durante a 9ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos.</i>	<i>55</i>
<i>Tabela 7: Concentrações quantificáveis de hidrocarbonetos alifáticos (µg/L) nas estações no entorno do FPSO Espírito Santo durante a 9ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos.</i>	<i>56</i>
<i>Tabela 8: Resultados do teste de ecotoxicidade aguda nas estações no entorno do FPSO Espírito Santo durante a 9ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos.</i>	<i>58</i>
<i>Tabela 9: Resultados do teste de ecotoxicidade crônica no entorno do FPSO Espírito Santo durante a 9ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos.</i>	<i>59</i>
<i>Tabela 10: Número de táxons do microfitoplâncton e estatística descritiva das cinco estações monitoradas durante a 9ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos.</i>	<i>62</i>
<i>Tabela 11: Táxons do fitoplâncton muito frequentes durante a 9ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos.</i>	<i>64</i>
<i>Tabela 12: Estatística descritiva do número de táxons das estações monitoradas durante as campanhas de Monitoramento Ambiental do entorno do FPSO Espírito Santo durante os anos de 2011 a 2019.</i>	<i>65</i>
<i>Tabela 13: Densidade celular (cel/L) total, do microfitoplâncton e do nanofitoplâncton das cinco estações monitoradas durante a 9ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos.</i>	<i>66</i>
<i>Tabela 14: Densidade do fitoplâncton total (10⁶cel/L) registradas nas Campanhas de Monitoramento Ambiental realizadas no entorno do FPSO Espírito Santo.</i>	<i>67</i>



<i>Tabela 15: Densidade celular (cel/L) do microfitoplâncton total e das categorias taxonômicas identificadas nas cinco estações monitoradas durante 9ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos.....</i>	<i>68</i>
<i>Tabela 16: Dez táxons de maior densidade celular (cel/L) dentre o microfitoplâncton identificado nas cinco estações monitoradas durante a 9ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos. Os valores de densidade apresentados referem-se à média dos resultados das amostras (estações/profundidades).</i>	<i>70</i>
<i>Tabela 17: Valores de diversidade e equitabilidade da comunidade fitoplanctônica nas últimas Campanhas de Monitoramento Ambiental realizadas no entorno do FPSO Espírito Santo.</i>	<i>71</i>
<i>Tabela 18: Táxons muito frequentes (FO>70%) durante a 9ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos (considerados apenas os níveis família, gênero e espécie).</i>	<i>75</i>
<i>Tabela 19: Táxons muito frequentes (FO>70%) nas seis últimas Campanhas de Monitoramento Ambiental realizadas no entorno do FPSO Espírito Santo (considerados apenas espécies).</i>	<i>76</i>
<i>Tabela 20: Densidade zooplanctônica (ind/m³) registradas nas Campanhas de Monitoramento Ambiental realizadas no entorno da plataforma FPSO Espírito Santo.</i>	<i>78</i>
<i>Tabela 21: Densidade zooplanctônica total e por grupos (com participação >1%) (ind/m³) durante a 9ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos.</i>	<i>78</i>
<i>Tabela 22: Táxons de maior densidade na comunidade zooplanctônica coletada durante a 9ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos.</i>	<i>80</i>
<i>Tabela 23: Valores de diversidade e equitabilidade da comunidade zooplanctônica nas nove últimas Campanhas de Monitoramento Ambiental realizadas no entorno do FPSO Espírito Santo.</i>	<i>81</i>
<i>Tabela 24: Táxons do ictioplâncton (larvas de peixe*) muito frequentes (FO>70%) das amostras durante a atual campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos.</i>	<i>84</i>
<i>Tabela 25: Densidade das larvas e ovos do ictioplâncton encontrados ao longo das campanhas do Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas.</i>	<i>85</i>
<i>Tabela 26: Densidade de larvas de peixes (larvas/100m³) por família em cada estação no entorno do FPSO Espírito Santo durante a 9ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos.</i>	<i>86</i>
<i>Tabela 27: Variáveis abióticas e bióticas e respectivas abreviaturas utilizadas na análise integrada dos dados da 9ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos.</i>	<i>89</i>
<i>Tabela 28: Análise de Componentes Principais (ACPs) das variáveis químicas analisadas nas amostras de água da 9ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos.</i>	<i>90</i>
<i>Tabela 29: Análise de Componentes Principais (ACPs) das variáveis químicas e biológicas analisadas nas amostras de água da 9ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos. .</i>	<i>94</i>
<i>Tabela 30: Avaliação dos Objetivos, Metas, Indicadores e Resultados do PMA.</i>	<i>100</i>
<i>Tabela 31: Relação da equipe técnica responsável pela elaboração do presente documento.</i>	<i>112</i>



1. INTRODUÇÃO

O atual relatório apresenta e discute os resultados da 9ª campanha oceanográfica de Monitoramento Ambiental realizada no entorno da unidade de produção FPSO Espírito Santo, conforme previsto pelo Projeto de Monitoramento Ambiental (PMA) do Sistema de Produção e Escoamento de Petróleo e Gás no campo Parque das Conchas – Bacia de Campos, no âmbito da Renovação da Licença de Operação (RLO) Nº 847/2009. Este relatório está em conformidade com a versão consolidada do PMA apresentada na resposta ao Parecer Técnico COPROD/CGMAC/DILIC Nº 061/18 por meio da correspondência SHELL-HSSE-2250-2018 de 13 de Abril de 2018.

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

Em julho de 2009, a Shell iniciou a produção na área do Parque das Conchas. O descarte de água produzida pelo FPSO Espírito Santo, no entanto, iniciou-se efetivamente em março de 2010. Após o início do descarte ocorreu à primeira campanha de monitoramento, realizada em março de 2011 (SHELL/AECOM, 2011). Como continuidade das ações do PMA foram realizadas as campanhas nos seguintes períodos, abril de 2012 - 2ª campanha, janeiro de 2013 - 3ª campanha, março de 2014 - 4ª campanha, fevereiro de 2015 – 5ª campanha, fevereiro/março de 2016 – 6ª, março de 2017 – 7ª campanha, dezembro de 2018 – 8ª campanha e em março de 2019 – 9ª campanha de monitoramento (respectivamente, SHELL/AECOM, 2012, 2013, 2014, 2015, 2016, 2017, 2018 e o atual estudo SHELL/Witt O'Brien's, 2019).

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

No Brasil, os padrões de descarte de água produzida foram definidos pela Resolução CONAMA nº 393/07 a qual, além de estabelecer critérios de descarte, também define critérios de qualidade da água após a “zona de mistura” (i.e. área de 500m no entorno do ponto de descarte). De acordo com este último critério, as águas oceânicas no entorno do FPSO Espírito Santo devem apresentar características de enquadramento



como “Águas Salinas - Classe 1”, conforme padrões estabelecidos pela Resolução CONAMA 357/05. Destaca-se que a coleta das amostras ocorreu concomitantemente ao descarte de água produzida pelo FPSO.

A partir da análise de diversos parâmetros físico-químicos, químicos e biológicos da água coletada no entorno do FPSO Espírito Santo, buscou-se avaliar a qualidade da mesma, relacionando com as possíveis influências das atividades da unidade, atendendo assim os objetivos do projeto.

2. OBJETIVOS E METAS

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

Objetivo:

- Avaliar a qualidade da água do mar na área em função do descarte de água produzida pela unidade, com base nos requerimentos estabelecidos na Resolução CONAMA 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 Espírito Santo, após a zona de mistura, atende ao enquadramento como Águas Salinas – Classe 1 de acordo os limites definidos pelas resoluções CONAMA 357/05 e 393/07, e que eventuais parâmetros que excedam esses limites, não tenham origem no descarte de água produzida do FPSO Espírito Santo .

3. ÁREA DE ESTUDO

A bacia de Campos, situada no litoral dos estados do Rio de Janeiro e do Espírito Santo, limita-se a sul pelo Alto de Cabo Frio, que a separa da Bacia de Santos e a norte pelo Alto de Vitória, que constitui o limite com a Bacia do Espírito Santo. Abrange uma área total em torno de 102 mil km², sendo 6,5 mil km² em terra e 95,5 mil km² em mar até a cota batimétrica de 3.000 m. Atualmente é a segunda maior bacia produtora do país, responsável por cerca de 47% da produção nacional de óleo e 21% da produção nacional de gás (ANP, 2018).

O Parque das Conchas está localizado na Bacia de Campos a aproximadamente 120 km a SE do município de Anchieta, ES (**Figura 1**). A profundidade local varia de 1.500 a 2.000 m, com corrente predominante com

sentido para SO, acompanhando a Corrente do Brasil. O bloco BC-10, chamado atualmente de Parque das Conchas, é composto por quatro campos denominados Argonauta, Ostra, Abalone e Nautilus.

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

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

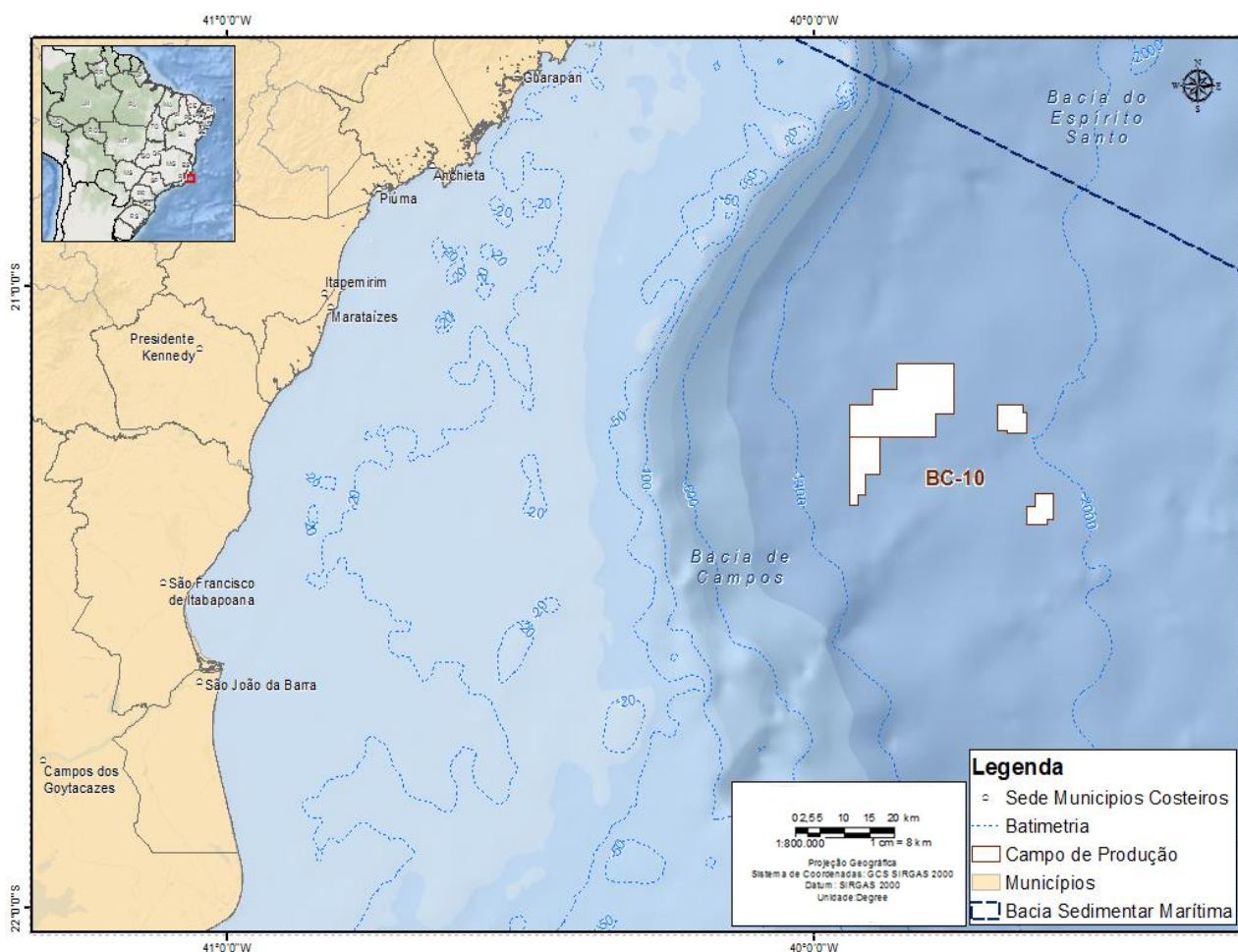


Figura 1: Localização do Parque das Conchas (BC-10), Bacia de Campos (Datum SIRGAS2000).



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

3.1. MALHA AMOSTRAL

Para a definição da malha amostral para avaliação da qualidade da água no entorno do FPSO Espírito Santo, tomou-se como base o ponto de descarte de água produzida. Conforme o PMA a malha amostral é móvel, na medida em que o FPSO possui giro livre ao redor do *turret*, consequentemente, o ponto de descarte também pode variar. Assim, cada estação de coleta foi realizada considerando a posição do FPSO no momento da coleta (**Figura 2**).



Figura 2: FPSO Espírito Santo e seu bordo de descarte de água produzida durante a 9ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos.

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

As amostragens de água, visando às análises físico-químicas, foram realizadas em 11 pontos distribuídas em três radiais (200, 500 e 1.000m) de distância do ponto de descarte da água produzida. As duas estações a 1.000m do ponto de descarte configuram as estações controle, as quais fazem parte de ajustes na malha amostral, conforme aprovado via Parecer Técnico nº 61/2018-COPROD/CGMAC/DILIC e encaminhado via



correspondência SBEP-HSSE-2250-2018 de 13 de abril de 2018, implementada a partir da campanha de 2018, realizada no mês de dezembro do corrente ano. As profundidades de coleta variaram entre sub-superfície, ± 25 metros (acima da termoclina) e ± 50 metros (termoclina). As coletas na superfície, em conformidade com o Projeto, avaliaram a mesma camada de lançamento da água produzida; a profundidade intermediária ajuda a aferir os resultados da modelagem de dispersão da água produzida; e a profundidade na termoclina o controle a partir das condições naturais do ambiente. Ressalta-se que a profundidade chamada de acima da termoclina correspondeu a 20 m na maioria das estações, porém em algumas se utilizou 15 ou 25m, por pequenas variações observadas no início da termoclina entre as estações.

Para as análises relacionadas à comunidade planctônica, no entorno do FPSO foram obtidas amostras através de arrastos nas estações numeradas como 1, 3, 5, 7 e 10 para zooplâncton e ictioplâncton. Os arrastos foram realizados no período noturno, com o objetivo de uma melhor representação da comunidade, devido à migração vertical diária que causa maior adensamento de organismos nas camadas superiores da coluna d'água durante a noite (HAYS, 2003). Para o fitoplâncton, foram amostradas as mesmas estações (1, 3, 5, 7 e 10) nas mesmas três profundidades estabelecidas para as análises físico-químicas.

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

A **Figura 3** apresenta o esquema da malha amostral empregada nesta 9ª Campanha de Monitoramento Ambiental no entorno do FPSO Espírito Santo, conforme apresentado no PMA, encaminhado por meio da correspondência SBEP-HSSE-2250-2018, aprovado pela CGMAC haja visto a mudança em relação à campanhas iniciais, enquanto que as coordenadas geográficas efetivamente realizadas são apresentadas na **Tabela 1**.

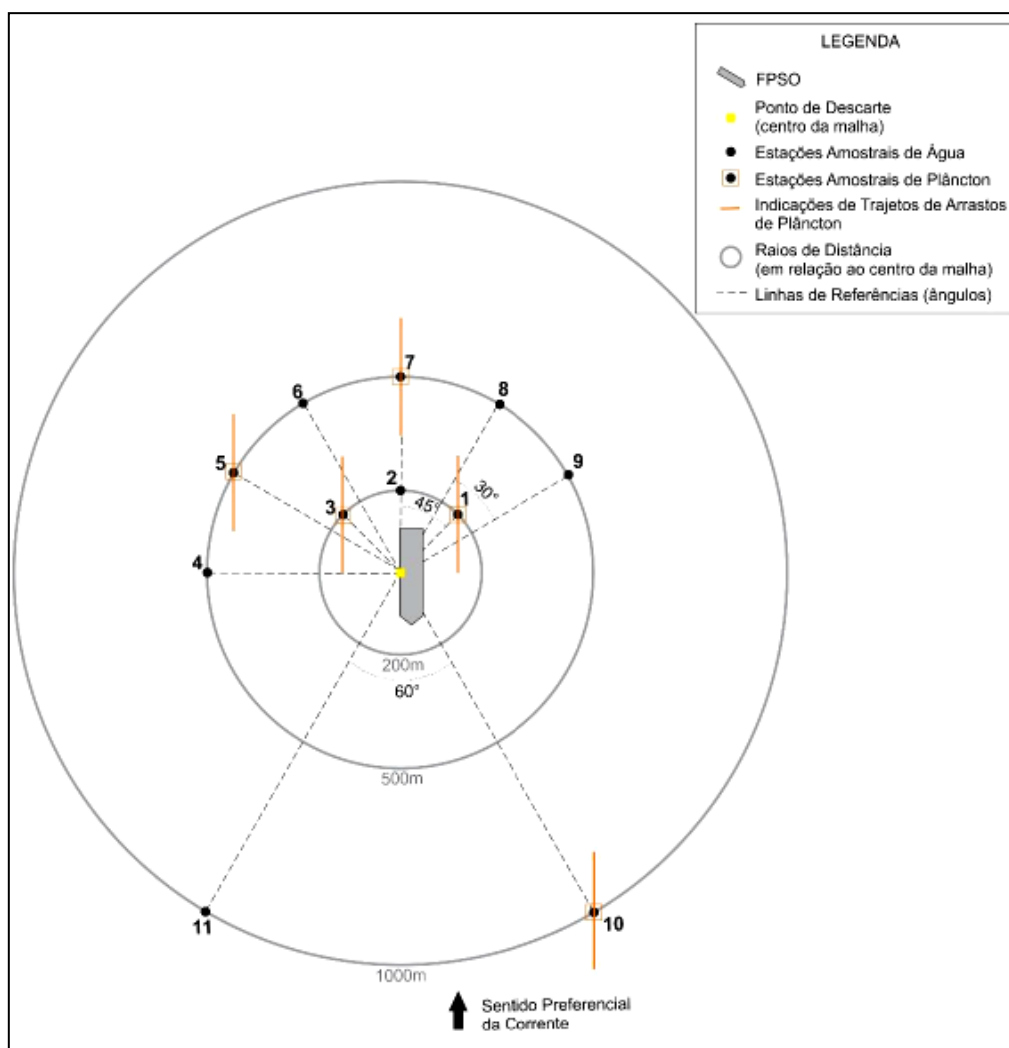


Figura 3: Esquema da malha amostral do compartimento água, conforme previsto no Projeto de Monitoramento Ambiental (PMA) do Parque das Conchas, Bacia de Campos.

Tabela 1: Coordenadas geográficas, distâncias e profundidades dos pontos de amostragem durante a 9ª Campanha do Projeto de Monitoramento Ambiental do FPSO Espírito Santo no Campo Parque das Conchas, Bacia de Campos (Datum SIRGAS2000).

Estação de coleta	Data	Latitude	Longitude	Distância do ponto de descarte do FPSO	Profundidade de coleta (m)		
					SUP*	ACTC**	TC***
1	26/03/2019	21°12,277S	039°44,560'W	200m	10	30	60
2	26/03/2019	21°12,243'S	039°44,713'W	200m	10	20	40
3	26/03/2019	21°12,367'S	039°44,820'W	200m	10	25	50
4	26/03/2019	21°12,329'S	039°12,935'W	500m	10	30	60
5	25/03/2019	21°12,532'S	039°44,963'W	500m	10	20	40
6	25/03/2019	21°12,397'S	039°45,004'W	500m	10	25	50
7	26/03/2019	21°12,172'S	039°44,903'W	500m	10	25	50
8	25/03/2019	21°12,160'S	039°44,864'W	500m	10	25	50



Tabela 1: Coordenadas geográficas, distâncias e profundidades dos pontos de amostragem durante a 9ª Campanha do Projeto de Monitoramento Ambiental do FPSO Espírito Santo no Campo Parque das Conchas, Bacia de Campos (Datum SIRGAS2000).

Estação de coleta	Data	Latitude	Longitude	Distância do ponto de descarte do FPSO	Profundidade de coleta (m)		
					SUP*	ACTC**	TC***
9	25/03/2019	21°12,216'S	039°44,666'W	500m	10	25	50
10	27/03/2019	21°12,871'S	039°44,439'W	1000m	10	25	50
11	26/03/2019	21°12,797'S	039°44,970'W	1000m	10	25	50

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

4. MÉTODOS

A 9ª Campanha do Projeto de Monitoramento Ambiental no Campo de Parque das Conchas foi realizada entre dias 25 e 27 de março de 2019, utilizando-se a embarcação Waterbuck (**Figura 4**), contemplando onze (11) estações amostrais no entorno do FPSO Espírito Santo.



Figura 4 – Embarcação Waterbuck utilizada durante a 9ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos. Fonte: www.nauticexpo.com

4.1. QUALIDADE DA ÁGUA

4.1.1. Métodos de Campo

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

Um CTD da marca SEABIRD, foi utilizado na perfilagem de temperatura e salinidade (**Figura 5**). O equipamento foi lançado com auxílio de um guincho com cabo de aço, a uma velocidade aproximada de

0,3 m/s. O equipamento foi configurado, antes de cada lançamento, para amostragem contínua a uma taxa de 1 Hz. Os dados brutos foram processados de forma a se apresentar somente os dados de descida do aparelho, de 3 metros até o máximo de profundidade alcançada em cada ponto. A densidade foi calculada utilizando o método polinomial descrito no documento técnico da UNESCO (FOFONOFF *et al.*, 1983).



Figura 5: CTD utilizado durante a 9ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos.

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



Figura 6: Lançamento e recolhimento de garrafas durante a 9ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos.

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



Figura 7: Equipamentos utilizados na medição dos parâmetros físico-químicos in situ e na filtração durante a 9ª campanha de 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 sub-amostragens realizadas para a avaliação dos parâmetros físico-químicos em laboratório.

Tabela 2: Métodos de acondicionamento das amostras para a avaliação dos parâmetros físico-químicos e ecotoxicológicos empregados durante a 9ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos.

Análises	Frasco – Volume - Preservante	Acondicionamento	Laboratório Responsável
SVOC (incluindo HPA e fenóis)	âmbar - 1L - Sem preservante	Refrigeração	Eurofins / Innolab
HTP	âmbar - 1L - Sem preservante	Refrigeração	
Tributilestanho	âmbar - 1L - Sem preservante	Refrigeração	
PCBs	âmbar - 1L - Sem preservante	Refrigeração	
Cianeto	pet - 250ml - NaOH	Refrigeração	
Fenóis Totais	pet - 250ml - H2SO4	Refrigeração	
VOC (incluindo BTEX)	2 vials - 40ml cada - HCl	Refrigeração	
Óleos e Graxas	âmbar - 1L - HCl	Refrigeração	
Metais dissolvidos	pet - 250ml - HNO3	Refrigeração	
Metais Totais	pet - 250ml - HNO3	Refrigeração	
Cloro e Surfactantes	pet - 250ml - Sem preservante	Refrigeração	
Sulfetos	pet - 40ml - Ac/Zn	Refrigeração	Unidade Multiusuário de Análises Ambientais (UMAA) Universidade Federal do Rio de Janeiro
COT	âmbar - 60ml - HCL	Refrigeração	
Clorofila	Filtro GF/F 47mm		
Fluoreto	pet - 250ml - Sem preservante	Refrigeração	
Nutrientes (Nitrato, Nitrito, Nitrogênio Amoniacal e Fosfato)	pet - 200ml - filtração	Congelamento	
Radioisótopos	âmbar - 1L - Sem preservante	Refrigeração	LabÁguas
Ecotoxicidade Crônica e Aguda	Frascos polietileno 1L	Congelamento	Labtox

4.1.1.1. Métodos de Análise

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



Tabela 3: Métodos analíticos para a análise dos parâmetros físico-químicos e ecotoxicológicos empregados durante a 9ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos.

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

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

Análises dos Dados de Qualidade da Água

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



Utilizou-se como valores de referência os limites estipulados pela Resolução CONAMA n° 357/05 para Águas Salina - Classe 1. Sempre que o n-amostral permitiu (considerando os resultados que estiveram acima do LQ das análises laboratoriais), foi testada a diferença significativa entre os resultados encontrados a 200 m, 500 m e 1000m do FPSO na atual campanha. O teste aplicado foi o de Kruskal-Wallis, para dados não paramétricos, comparando dois grupos de variáveis independentes, com nível de significância de 95%, em que $p < 0,05$ corresponde à diferença significativa. Na comparação entre campanhas foram utilizados gráficos estilo box plot, representando os resultados de todas as campanhas em conjunto. Destaca-se que os gráficos box plot apresentam os seguintes valores, ilustrada na **Figura 8**:

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

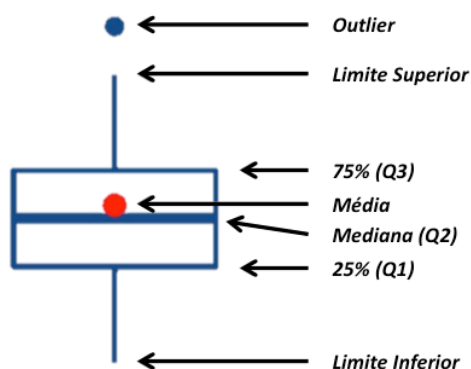


Figura 8 – Exemplo de representação de dados em um gráfico *Box plot*.

Com relação aos dados obtidos por CTD (temperatura, salinidade e densidade), os gráficos gerados apresentam os valores obtidos pelo equipamento até a profundidade de 200 m, sendo estes dados utilizados na identificação das massas d'água da região (diagrama TS). Também foi registrado os valores obtidos nas profundidades onde foi realizada a amostragem de água para a análise dos parâmetros químicos e biológicos.

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

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

Ao fim do relatório, há uma avaliação integrada dos dados físico-químicos e biológicos avaliados na 9ª campanha de Monitoramento Ambiental do campo do Parque das Conchas. É apresentada uma análise multivariada (análise de componentes principais - ACP) realizada a partir dos resultados dos parâmetros abióticos com resultados significativos, ou seja, acima do LQ na maioria das amostras. O software utilizado para a análise estatística multivariada foi o Statistica.



4.2. BIOTA

4.2.1. Métodos de Campo

Fitoplâncton

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

Zooplâncton

O zooplâncton foi coletado no período noturno através de arrastos oblíquos desde a profundidade de 200 m até a superfície em cinco estações de coleta (1, 3, 5, 7 e 10). Em cada arrasto, foi utilizada uma rede bongô composta por dois aros de 0,6 m de diâmetro e duas redes cilíndrico-cônicas de 2,50 m de comprimento, a estrutura da bongô foi utilizada para os arrastos de zooplâncton e ictioplâncton simultaneamente. A malha da rede de zooplâncton utilizada foi de 200 μm de abertura (**Figura 9**). Foi acoplado um fluxômetro (General Oceanics®), previamente aferido, no centro do aro para estimar o volume de água filtrada (m^3) e um depressor junto ao copo coletor. O tempo médio dos arrastos foi de 10 minutos. Imediatamente após as coletas, as amostras foram fixadas com formaldeído diluído a 4% em água do mar, previamente tamponado com tetraborato de sódio à razão de 20 g.L^{-1} .

Ictioplâncton

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

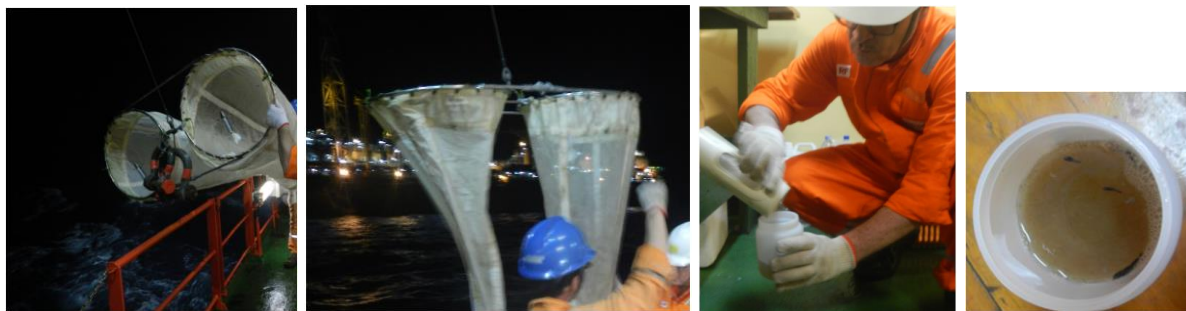


Figura 9 – Em sequência, rede de plâncton do tipo bongô durante a 9ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos.

4.2.2. Métodos de Análise

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

Fitoplâncton

A análise do nanoplâncton foi realizada em laboratório a partir de alíquotas de 100 mL, sedimentadas segundo o método de Utermöhl (1958). As amostras foram avaliadas em microscópio invertido Coleman NID-100 e Nikon TS100, sob o aumento final de 400X, com contraste de fase. Os organismos presentes foram quantificados em campos aleatórios até atingir o mínimo de 400 unidades sedimentadas. A identificação em nível específico requer um tratamento diferenciado das amostras desde a coleta até a análise (SOURNIA, 1978; BICUDO & MENEZES, 2006; BERGESH et al., 2008), sendo assim, os organismos foram categorizadas em nanoplâncton não identificado ou em um nível taxonômico mais abrangente.

A análise do microfitoplâncton foi realizada em laboratório a partir de alíquotas de 100 mL, sedimentadas por 72h, segundo o método de UTERMÖHL (1958). As amostras foram avaliadas em microscópio invertido Nikon TS100, sob o aumento final de 200X, com contraste de fase.

O microfitoplâncton, organismos maiores de 20 μm , foi analisado quali-quantitativamente sempre que possível em nível de espécie, a partir da contagem de um mínimo de 100 unidades sedimentadas. Em virtude da metodologia utilizada, alguns caracteres morfológicos necessários à identificação em nível específico nem sempre são evidenciados. Deste modo, visando minimizar o erro na avaliação da riqueza de espécies (expressa pelo número de táxons por amostra), para alguns organismos, utilizou-se a individualização em categorias taxonômicas mais amplas (classe, ordem e família) segundo sua forma e dimensão celular (de acordo com a **Tabela 4**). Os valores quantitativos foram expressos em unidades de densidade (cel.L^{-1}).



A identificação dos organismos foi realizada de acordo com os trabalhos de CUPP (1943), HASLE & SYVERTSEN (1997), WOOD (1968), TAYLOR (1976) e STEIDINGER & TANGEN (1997). Os sistemas de classificação para circunscrição e arranjo taxonômico em nível de divisões, classes e famílias utilizados foram: ROUND et al. (1990) para as diatomáceas, FENSOME et al. (1993) para os dinoflagelados; KOMÁREK & ANAGNOSTIDIS (1989 e 2005) para as cianobactérias; HEIMDAL (1997) para os cocolitoforídeos.

Tabela 4: Códigos utilizados na 9ª Campanha para individualizar os organismos do microfitoplâncton de acordo com a forma e maior dimensão celular.

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

Análise dos Dados

A diversidade específica do microfitoplâncton foi determinada a partir do índice de Shannon-Wiener, definido pela equação $H' = - \sum p_i \log_2 p_i$, onde $p_i = N_i/N$, sendo N_i = número de indivíduos do táxon i e N = densidade total da amostra. O índice de Pielou, dado pela equação $H'/\log_e S$, onde H' é a diversidade e S o número de táxons na amostra, foi utilizado para calcular a equitabilidade das amostras. Os cálculos foram efetuados no programa Primer 5.

Para verificar se houve diferença significativa ($p < 0,05$) entre as estações a 200, 500 e 1.000 m do FPSO utilizou-se o teste não-paramétrico de Kruskal-Wallis. Essas análises foram realizadas no programa Statistica. A estrutura da comunidade fitoplanctônica foi avaliada através da análise de agrupamento (cluster). A análise de agrupamento foi realizada utilizando-se o coeficiente de similaridade de Bray-Curtis no programa Primer 5.



Zooplâncton

Os organismos zooplancônicos foram contados e triados sob microscópio estereoscópio Olympus SZ51. As amostras foram fracionadas com o auxílio do “Folsom Plankton Sample Splitter” (McEWEN *et al.*, 1954). Os organismos foram triados até um limite mínimo de 100 indivíduos por grupo (FRONTIER, 1981).

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

Os grupos zooplancônicos Branchiopoda, Copepoda, Decapoda (Crustacea), Chaetognatha, Appendicularia, Salpida e Doliolida, importantes na caracterização da comunidade local, foram identificados a níveis taxonômicos inferiores, utilizando-se bibliografia especializada: ONBÉ (1999) para Branchiopoda; DIAS & ARAUJO (2006) para Copepoda; GURNEY (1924), POHLE *et al.* (1999), FERNANDES *et al.* (2006) para Decapoda; AVILA *et al.* (2006) para Chaetognatha; BONECKER & CARVALHO (2006) para Appendicularia; BONECKER & QUINTAS (2006a) para Doliolida e BONECKER & QUINTAS (2006b) para Salpida. A referência BONECKER *et al.* (2014) foi utilizada para a identificação de todos os grupos citados acima. Os demais grupos foram todos quantificados.

A abundância do zooplâncton coletado foi padronizada em indivíduo por metro cúbico de água filtrada (ind. m⁻³). Os volumes de água filtrada na rede foram estimados através do cálculo da expressão: “V=a.n.c”, onde: V= volume de água filtrada (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).

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

Análise dos dados

Estudos de ecossistemas complexos envolvem normalmente uma multiplicidade de variáveis bióticas e abióticas, ligadas por uma complexa rede de inter-relações e que exigem uma prévia homogeneização dos dados (VALENTIN, 2000). A fim de reduzir a variância interna dos dados e ressaltar os descritores pertinentes aos objetivos desse estudo, os valores de densidades foram transformados pelo $\log^{(x+1)}$. A fim de destacar as semelhanças entre estações de coleta, foi realizada uma análise de agrupamento (Cluster) com base no coeficiente de similaridade de Bray-Curtis (CLARKE & WARWICK, 1994). Também foi realizado o cálculo o índice de Shannon e a equitabilidade de Pielou, conforme fórmulas já descritas no fitoplâncton, através do programa Primer 5.



5. RESULTADOS

Este item apresenta e discute os resultados das análises da água e da comunidade planctônica referente à 9ª Campanha de Monitoramento Ambiental no Campo Parque das Conchas, na Bacia de Campos. Destaca-se que ao longo da discussão são apresentadas comparações com os resultados das últimas campanhas deste PMA (1ª a 8ª Campanha) e com áreas similares. Os laudos analíticos são disponibilizados no **ANEXO A** (resultados químicos), **ANEXO B** (resultados de toxicidade), **ANEXO C** (resultados de fitoplâncton), **ANEXO D** (resultados de zooplâncton) e **ANEXO E** (resultados de ictioplâncton). Os **ANEXOS D** e **E** também apresentam as informações de Tombo do zooplâncton e do ictioplâncton, respectivamente. Já o **ANEXO F** apresenta a Autorização de Captura, Coleta e Transporte de Material Biológico (ABIO) concedida pela CGMAC/IBAMA para a amostragem do material biológico, assim como a Declaração de Recebimento das Amostras pela Instituição Depositária.

5.1. PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS

5.1.1. Temperatura, Salinidade e Densidade

Estrutura da coluna d'água

Os perfis verticais de temperatura e salinidade até a profundidade de 200 m são apresentados nas **Figura 10** e **Figura 11**, respectivamente. Nos perfis de temperatura, é possível identificar com maior clareza a presença de uma camada superficial com pouca variabilidade entre a superfície e profundidades entre 40 (estações 2 e 5) e 60 m (estações 1, 4, 10 e 11). Esta camada se encontra na zona epipelágica do oceano e é denominada de camada de mistura, uma vez que as águas encontradas neste intervalo interagem com ventos e ondas, misturando a água e distribuindo o calor de forma homogênea. Na base desta camada tem início a termoclina, que é a camada de transição entre as águas mais quentes da superfície a temperaturas mais baixas em direção ao assoalho oceânico. O início desta camada é marcado por uma mudança abrupta dos valores de temperatura, 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, seguido de um decréscimo dos valores a partir do início da termo-clina (ou haloclina, no caso da variação vertical de salinidade). Considerando-se as profundidades amostradas, os valores de temperatura variaram desde 26,7°C (estação 1 – TC) a 29,1°C (estação 6 – SUP), enquanto que a salinidade variou entre 37,2 (estação 1 – TC) e 37,5 (estação 1 – SUP).

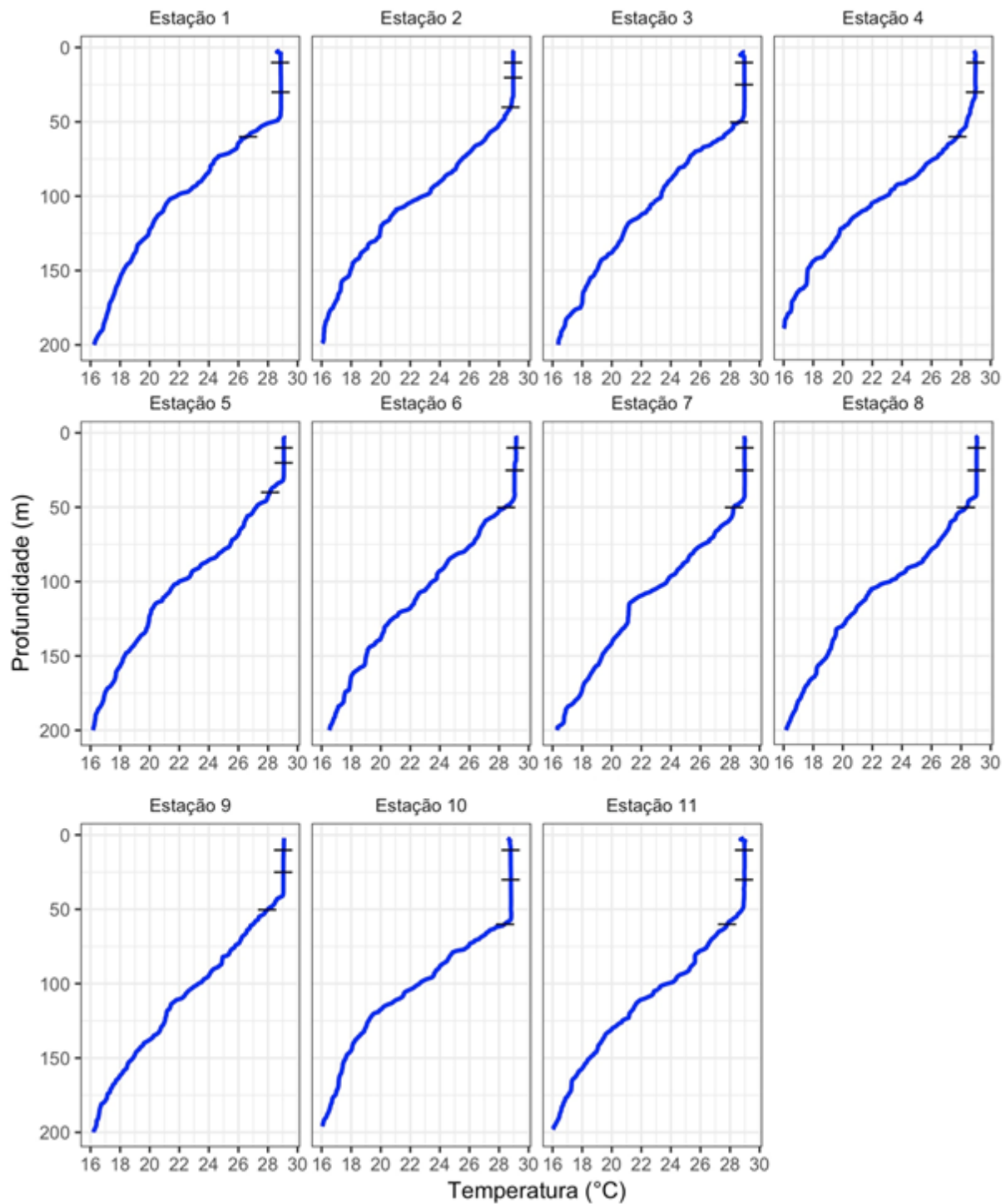


Figura 10: Perfis de temperatura nas estações monitoradas durante a 9ª Campanha de Monitoramento Ambiental do FPSO Espírito Santo, Parque das Conchas, Bacia de Campos. – profundidades amostradas.

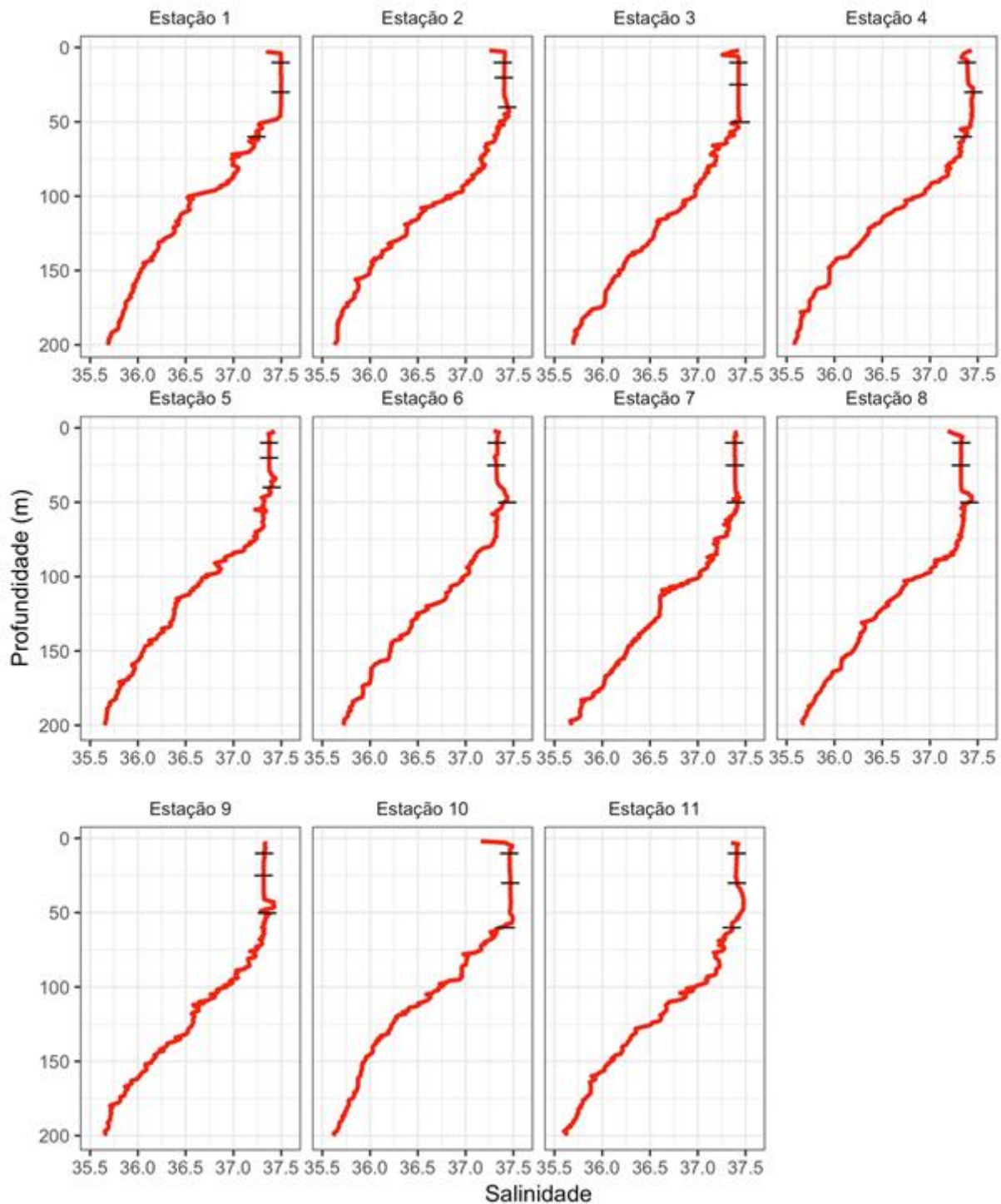


Figura 11: Perfis de salinidade nas estações monitoradas durante a 9ª Campanha de Monitoramento Ambiental do FPSO Espírito Santo, Parque das Conchas, Bacia de Campos. – profundidades amostradas.

Apesar de maiores salinidades contribuírem para o aumento da densidade da água, sofre também o efeito inverso da temperatura, sendo as variações verticais de densidade em regiões quentes mais sensíveis à temperatura do que em relação à salinidade. Desta forma, observa-se na camada de mistura menores valores

Handwritten signature or mark.



de densidade do que a partir da termoclina (ou piconclina para variações de densidade), conforme a **Figura 12**. Os valores de densidade em sigma-T (σ_T) nas amostras variaram de 23,8 (estação 6 - SUP) a 24,8 (estação 1 - TC).

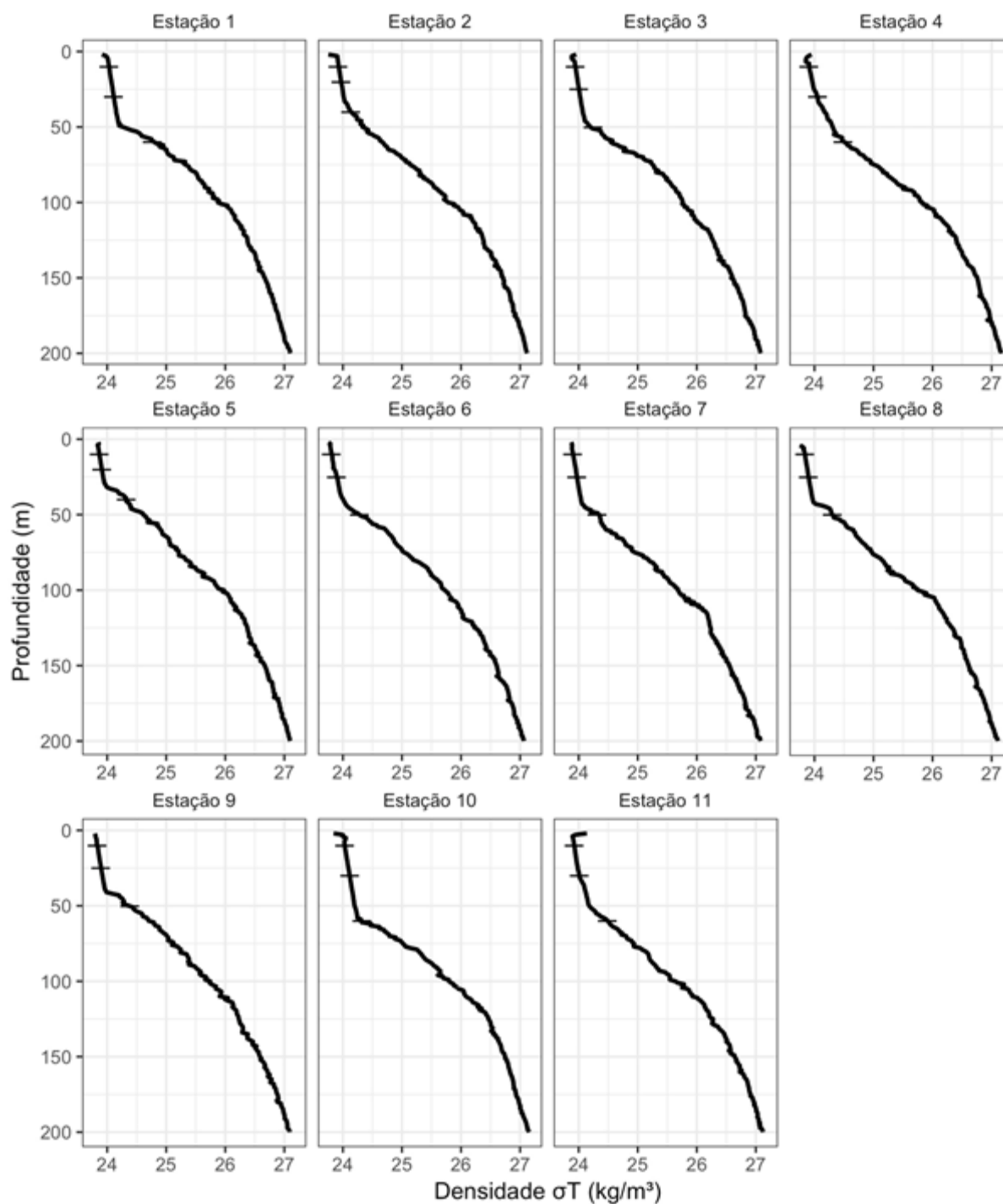


Figura 12: Perfis de densidade nas estações monitoradas durante a 9ª Campanha de Monitoramento Ambiental do FPSO Espírito Santo, Parque das Conchas, Bacia de Campos. – profundidades amostradas.



Massas d'água

A partir dos resultados de temperatura e salinidade obtidos é possível identificar as massas d'água que dominam a região, bem como suas características termohalinas (**Figura 13**). Na camada superficial até profundidades entre 120 e 140 m foi verificada a presença de Água Tropical (AT), definida por valores maiores de 20°C e 36 de salinidade, nas camadas superficiais. A Água Tropical (AT) corresponde a uma massa d'água típica na região em consequência da intensa radiação e do excesso de evaporação em relação à precipitação, condição típica do Atlântico Tropical (Emilson, 1961, Silveira *et al.*, 2000). Com o aumento da profundidade, é possível observar que as águas tornaram-se gradativamente mais frias e menos salinas. Em profundidades entre 140 e 170 m evidenciou-se a transição da AT para a Água Central do Atlântico Sul (ACAS), caracterizada por Sverdrup (1942) como uma massa de água com uma relação T-S (temperatura-salinidade) quase linear, desde os valores de temperatura e salinidade de 6°C e 34,5 até valores 18°C e 36, respectivamente. A ACAS é formada na convergência subtropical (entre 30° e 40° S), se deslocando em direção a baixas latitudes e se posicionando em uma camada logo abaixo da AT. Em termos gerais, os resultados obtidos de temperatura e salinidade espelham as características termohalinas das massas d'água da região e estão de acordo com os resultados descritos em estudos anteriores para a Bacia de Campos (Pedrosa *et al.*, 2006; Valentin *et al.*, 2006).

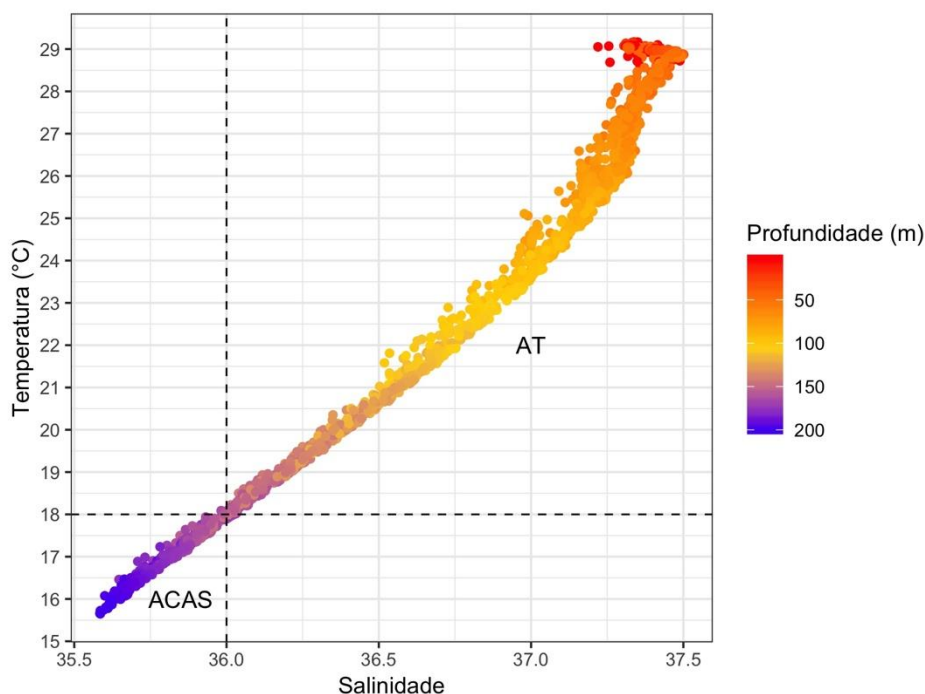


Figura 13: Diagrama TS dos dados amostrados nas estações no entorno do FPSO Espírito Santo durante a 9ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos.



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

5.1.2. Oxigênio Dissolvido

As concentrações de OD no entorno do FPSO Espírito Santo nesta 9ª campanha variaram entre 4,14 (estação 10 - SUP) e 6,02 mg/L (estações 3 e 9 - TC), com a maioria dos valores em níveis inferiores ao mínimo estipulado pela Resolução CONAMA 357/05 para águas salinas classe 1 (6 mg/L), como pode ser verificado na **Figura 14**. Não foi possível observar um padrão espacial, horizontal ou vertical, em relação à coluna d'água na variação das concentrações de oxigênio, sendo observados valores entre 5,5 e 6 mg/L nas amostras da estação 11 e concentrações inferiores a 4,5 mg/L nas três amostras da estação 10. Estas duas estações estão localizadas a 1.000 km do FPSO ES no sentido contrário da corrente, sendo, portanto, consideradas como estações controle por não estarem expostas à pluma de água produzida, mostrando assim, que os resultados obtidos não podem ser relacionados diretamente à atividade de produção da referida plataforma. Apesar de muitos resultados se mostrarem inferiores ao limite especificado pela legislação ambiental, cabe ressaltar que as concentrações de oxigênio dissolvidos detectadas no atual estudo são consideradas pela literatura como típicos de regiões oceânicas e estão de acordo com os resultados obtidos por Niencheski *et al* (1999), cujos valores são descritos entre 4 e 9,15 mg/L, e por Valentin *et al* (2006), com intervalo entre 4,71 e 8,92 mg/L. De acordo com o teste de Kruskal-Wallis, não foram verificadas diferenças significativas entre os resultados obtidos nos raios de 200, 500 e 1.000 m ($p=0,3354$).

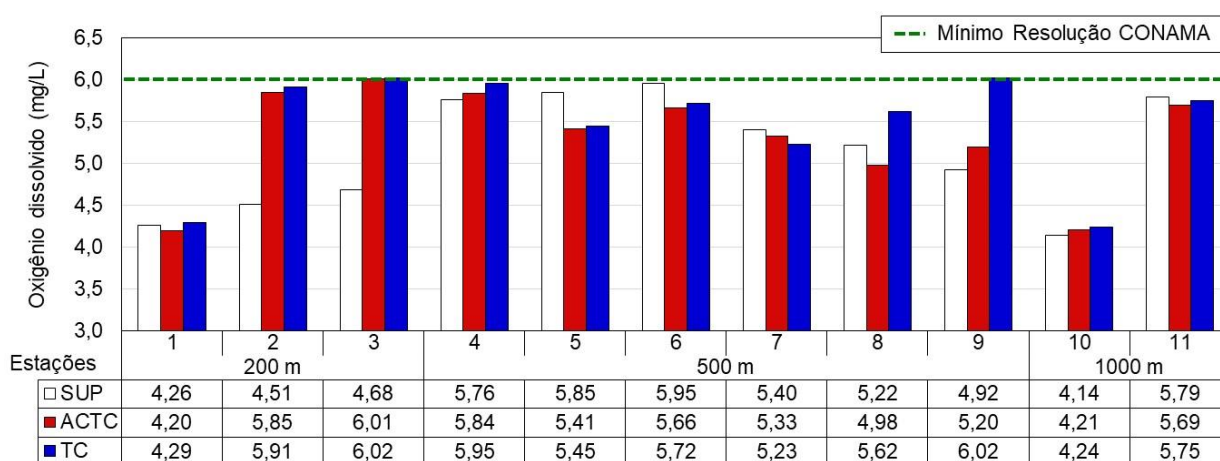


Figura 14: Distribuição das concentrações de Oxigênio Dissolvido (OD) nas estações no entorno da FPSO Espírito Santo durante a 9ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos.



Em comparação com as campanhas anteriores, os resultados de OD da atual campanha apresentaram a menor média da série histórica, no entanto os resultados mínimos foram observados na campanha de 2016, onde ocorreram concentrações inferiores a 3 mg/L (**Figura 15**). Os resultados obtidos pelo teste de Kruskal-Wallis indicam para diferenças significativas dos resultados da campanha de 2019 em relação às demais campanhas ($p < 0,05$), com exceção da campanha de 2018, onde não se observou diferenças significativas ($p = 0,1196$) em relação a presente campanha.

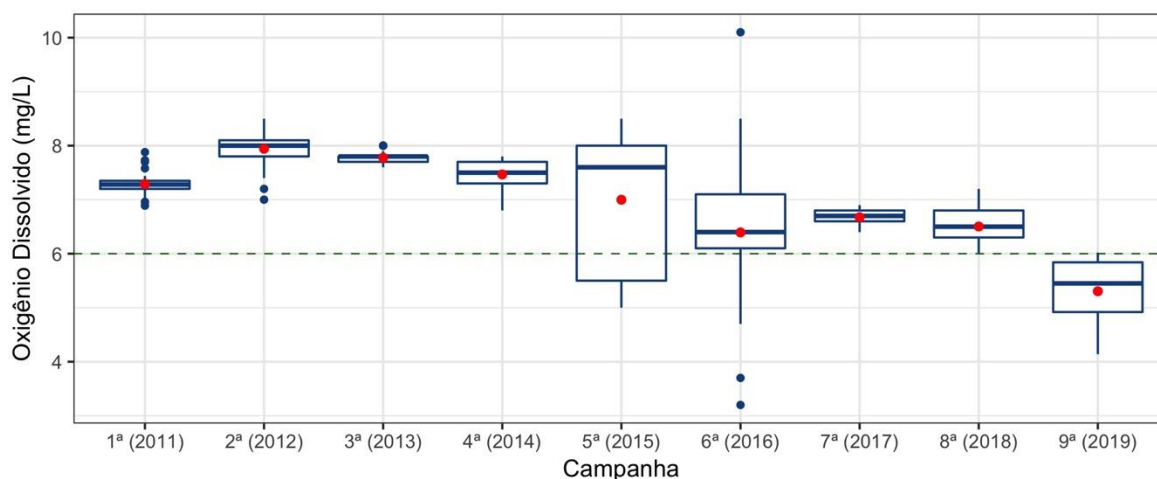


Figura 15: Concentrações de Oxigênio Dissolvido (OD) observadas nas nove últimas Campanhas de Monitoramento Ambiental realizadas no Parque das Conchas, Bacia de Campos.

5.1.3. Potencial Hidrogeniônico (pH)

Os valores de pH obtidos no entorno do FPSO Espírito Santo na campanha de 2019 (**Figura 16**) variaram de 7,7 (estação 5 – SUP) a 8,53 (estação 1 - TC). De acordo com a Resolução CONAMA nº 357/05, os valores de pH em águas salinas devem se manter entre 6,5 e 8,5, de forma que o valor máximo obtido na estação 1 ultrapassou ligeiramente este intervalo. No entanto, este resultado levemente superior ao limite da legislação ambiental não se mostra indicativo de impacto decorrente da atividade de produção. Rezende *et al.* (2006) identificou na região central da Zona Econômica Exclusiva (entre Salvador, BA, e Cabo de São Tomé, RJ) valores de pH de até 8,52, tendo sido considerado este como típico de regiões oceânicas. O pH da água do mar é principalmente estabelecido pela presença do sistema carbônico, de forma que modificações nas concentrações de gás carbônico e carbonatos através da fotossíntese, respiração, trocas oceano-atmosfera e precipitação podem acarretar em alterações nos níveis desse parâmetro abiótico (Rezende *et al.*, 2006; Niencheski *et al.*, 1999). Os resultados obtidos no raio de 500 m do FPSO Espírito Santo mostraram diferenças significativas (Kruskal-Wallis, $p < 0,05$) em relação aos obtidos no raio de 200 e 1000 m ($p = 0,0051$), o que podem estar relacionadas aos menores valores, de um modo geral, terem sido observados no de 500 m,



porém não se observou diferenças significativas entre o raio de 200 m e o de 1.000 m, este último considerado como controle.

Variabilidade nos valores de pH em ambientes aquáticos é esperada e está relacionada, principalmente em águas superficiais, ao maior consumo de CO_2 e a sua baixa dissolução sob temperaturas mais elevadas (GARRISON, 2010).

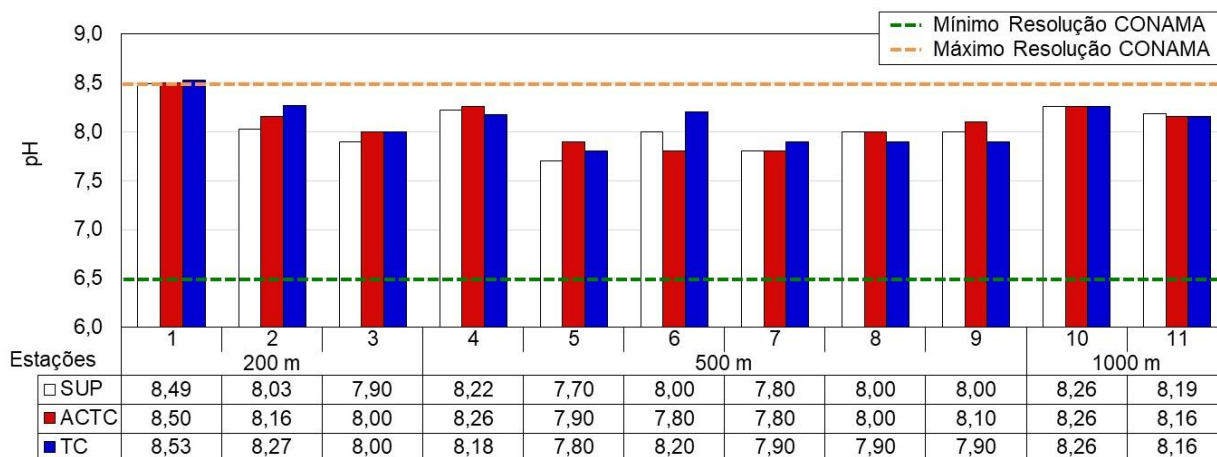


Figura 16: Valores de pH nas estações no entorno do FPSO Espírito Santo durante a 9ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos.

Os resultados obtidos na presente campanha mostraram-se dentro do intervalo de valores observado ao longo do monitoramento (**Figura 17**). Por outro lado, fazendo a análise de variância para observar se houve diferença significativa entre os resultados da presente campanha com os das demais, o teste estatístico apenas identificou tais diferenças (Kruskal-Wallis, $p < 0,05$) entre as campanhas de 2011 ($p = 0,0064$), 2014 ($p = 0,0224$) e 2016 ($p = 0,0192$).

A diferença estatística entre 2011 pode estar associada ao fato de que neste ano a variabilidade dos dados foi bem reduzida comparada com a atual. Com relação à 2012, foi também observada uma amplitude de dados inferior à da atual campanha e o valor mediano foi superior. Por fim, a diferença entre 2016, pode ter sido revelada devido à amplitude de dados deste ano ter sido alta, porém com valores mais baixos.

Contudo essas diferenças estatísticas, ambientalmente, podem não ser consideradas relevantes, uma vez que os valores observados são encontrados em ambientes marinhos (GARRISON, 2010).

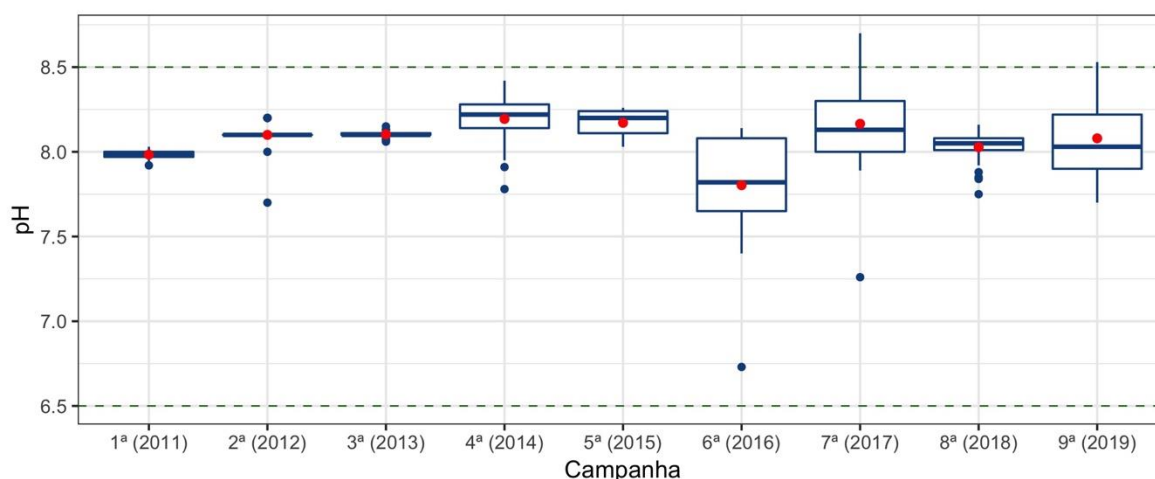


Figura 17: Resultados de pH observados nas nove últimas Campanhas de Monitoramento Ambiental realizadas no do Parque das Conchas, Bacia de Campos.

5.2. PARÂMETROS INORGÂNICOS

5.2.1. Nitrogênio e Fósforo

As concentrações de nitrogênio amoniacal no entorno do FPSO Espírito Santo variaram desde concentrações não detectáveis (nd) a 0,001 mg/L (estação 8 – TC), enquanto que os resultados de nitrito apresentaram variação desde nd a 0,00062 mg/L. Já para nitrato, a variação das concentrações ocorreu entre 0,029 (estação 8 - TC) e 0,124 mg/L (estação 10 - TC), como observado na **Figura 18**. Todos os resultados obtidos no atual estudo mantiveram-se de acordo com os limites estabelecidos pela Resolução CONAMA 357/05 para águas salinas classe 1 (até 0,4 mg/L para nitrogênio amoniacal e nitrato e até 0,07 mg/L para nitrito). Apenas os resultados de nitrogênio amoniacal apresentaram diferenças significativas (Kruskal-Wallis, $p=0,0127$), sendo observadas entre o raio de 500 m, onde foi detectada a maior concentração do parâmetro, porém foram encontradas amostras com nitrogênio amoniacal não detectado, e o raio de 200 m, no qual todas as amostras apresentaram concentrações detectáveis.

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

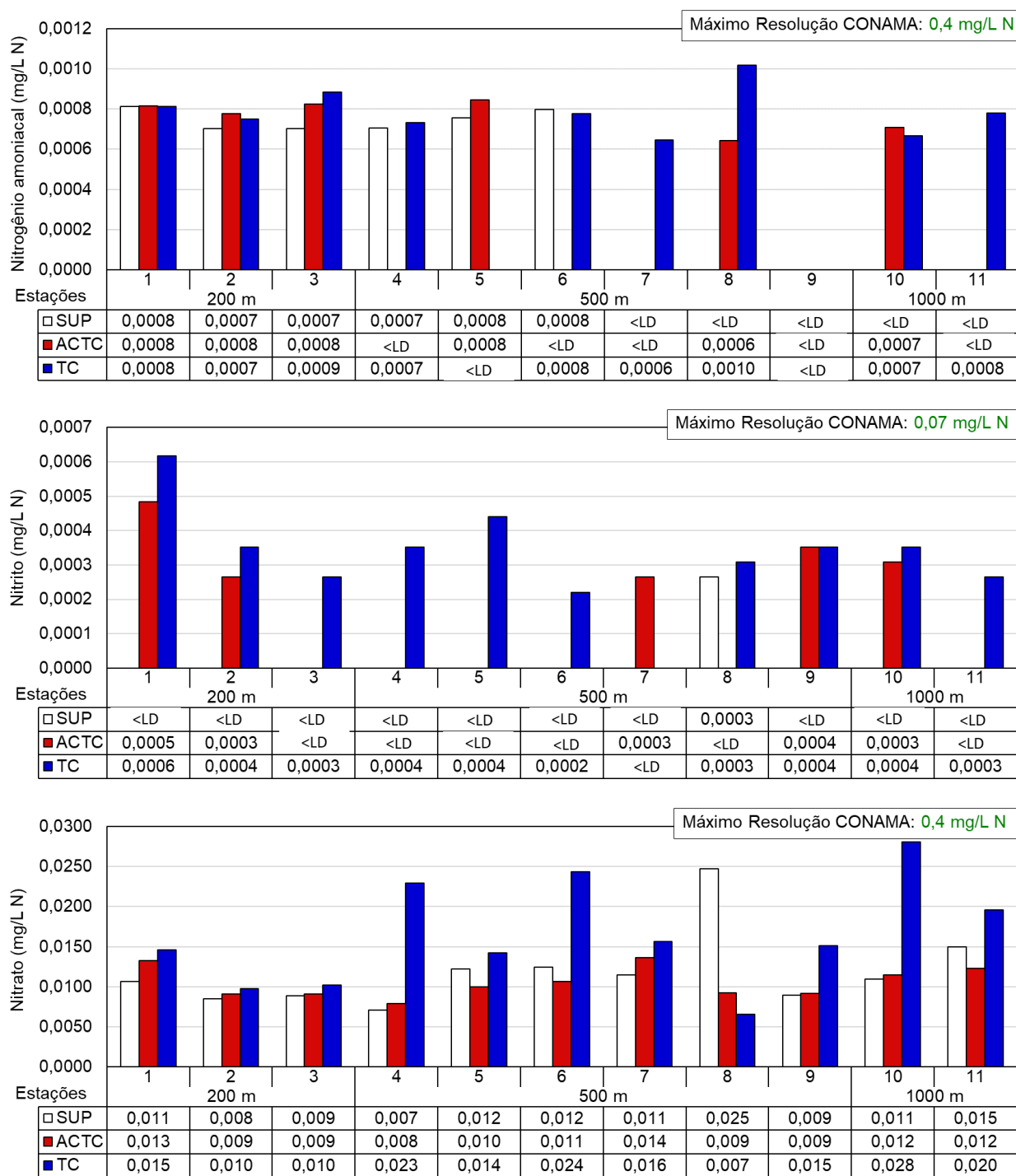


Figura 18: Distribuição das concentrações de nitrato, nitrito e nitrogênio amoniacal nas estações no entorno do FPSO Espírito Santo durante a 9ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos.

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



legislação ambiental (**Figura 19**). Os resultados de nitrogênio amoniacal (**Figura 20**) obtidos na presente campanha (2019) apresentaram diferenças significativas (Kruskal-Wallis, $p < 0,05$) apenas em relação à campanha de 2012 ($p < 0,0001$), enquanto que para nitrito observou-se diferenças significativas em relação às campanhas de 2012, 2013 e 2014 ($p < 0,0001$, para as três campanhas). Com relação a nitrato, não foram verificadas diferenças significativas entre os resultados da presente campanha e das campanhas realizadas anteriormente na região.

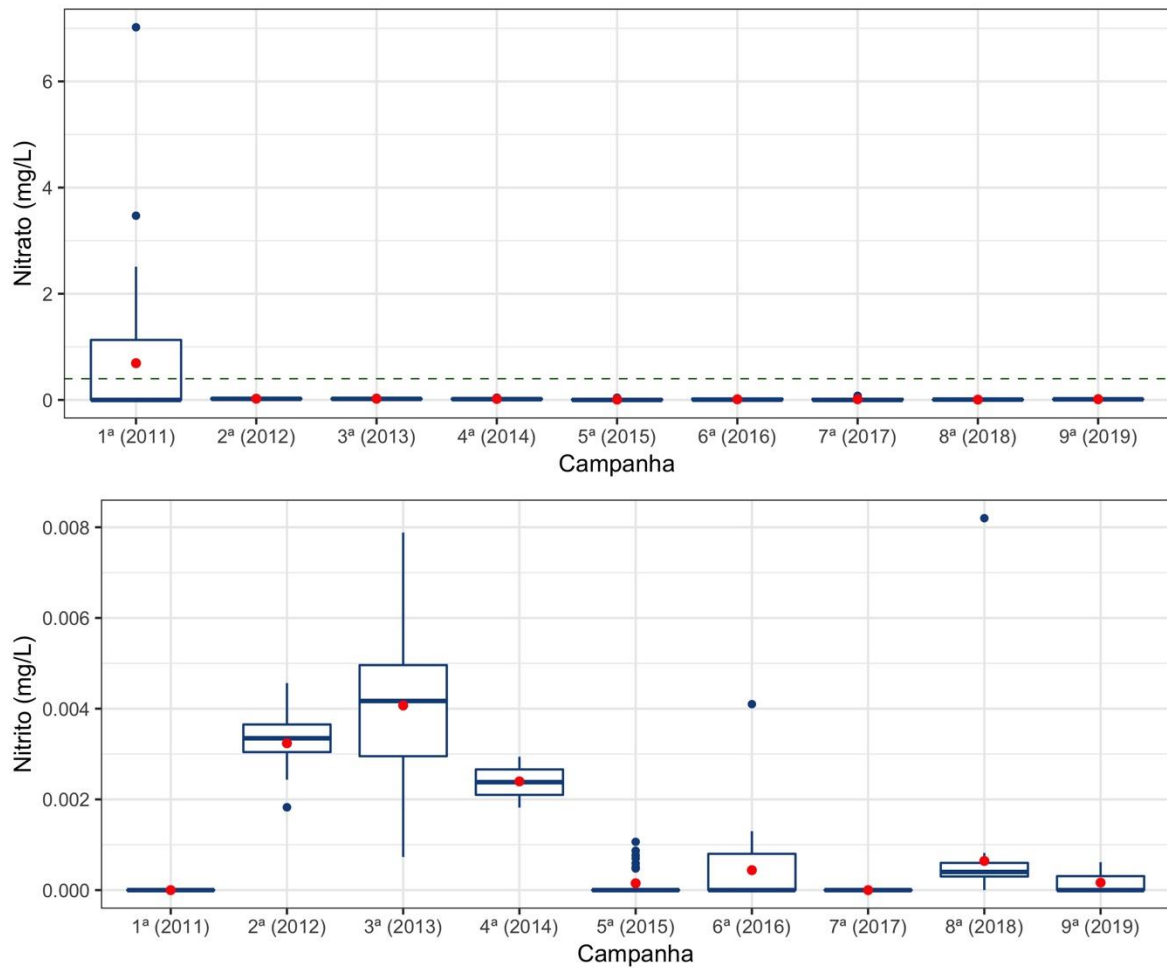


Figura 19: Concentrações de nitrato e nitrito observadas nas nove últimas Campanhas de Monitoramento Ambiental realizadas no Parque das Conchas, Bacia de Campos.

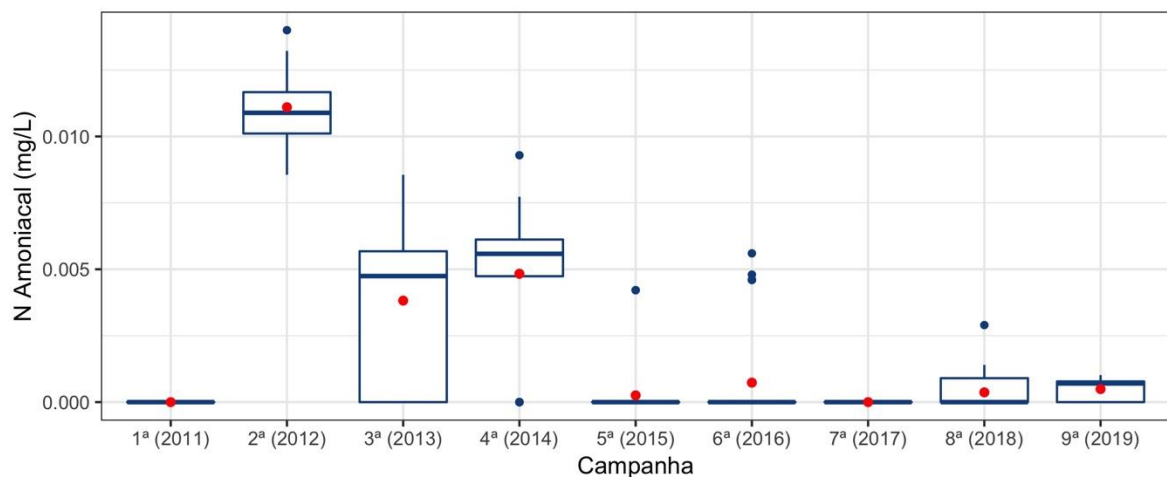


Figura 20: Concentrações de nitrogênio amoniacal observadas nas nove últimas Campanhas de Monitoramento Ambiental realizadas no Parque das Conchas, Bacia de Campos.



Para fosfato, fração correspondente ao fósforo inorgânico dissolvido na água (ortofosfatos e polifosfatos, formas predominantes nas águas oceânicas), as concentrações verificadas no atual estudo variaram desde valores não detectáveis a 0,0022 mg/L, valor obtido na profundidade TC das estações 10 e 11 (**Figura 21**), não tendo sido identificadas diferenças significativas (Kruskal-Wallis, $p = 0,5788$) entre os resultados obtidos nos raios de 200, 500 e 1.000 m do FPSO. A Resolução CONAMA 357/05 estipula máximo apenas para polifosfatos, correspondente a 0,031 mg/L, o que demonstra que as concentrações estão condizentes com o estipulado pela Resolução. A ocorrência de valores médios mais elevados no estrato TC sugere que há um aumento nas atividades de remineralização e uma redução fotossintética nessa profundidade, o que diminui o consumo de fosfato pela comunidade fitoplanctônica nessa profundidade, aumentando sua concentração no estrato mais profundo (Rezende *et al.*, 2006).

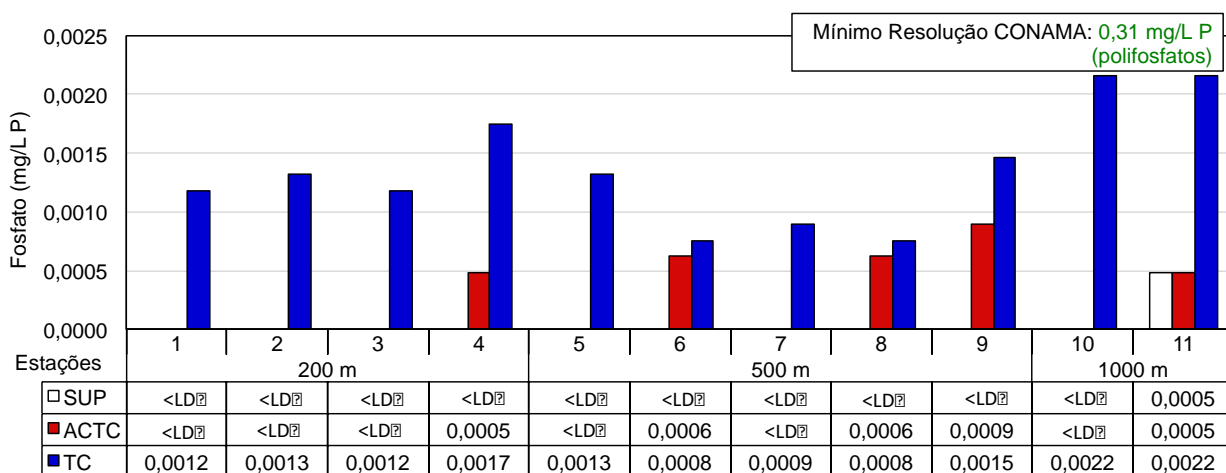


Figura 21: Distribuição das concentrações de fosfato nas estações no entorno do FPSO Espírito Santo durante a 9ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos.

Os resultados obtidos na presente campanha estão de acordo com a variabilidade observada nas campanhas anteriores (**Figura 22**). Diferenças significativas (Kruskal-Wallis, $p < 0,05$) foram verificadas entre a atual campanha (2019) e as de 2012 ($p = 0,0191$), 2013 ($p = 0,0191$), 2014 ($p < 0,0001$) e 2017 ($p < 0,0001$), com as menores concentrações sendo verificadas nesta campanha.

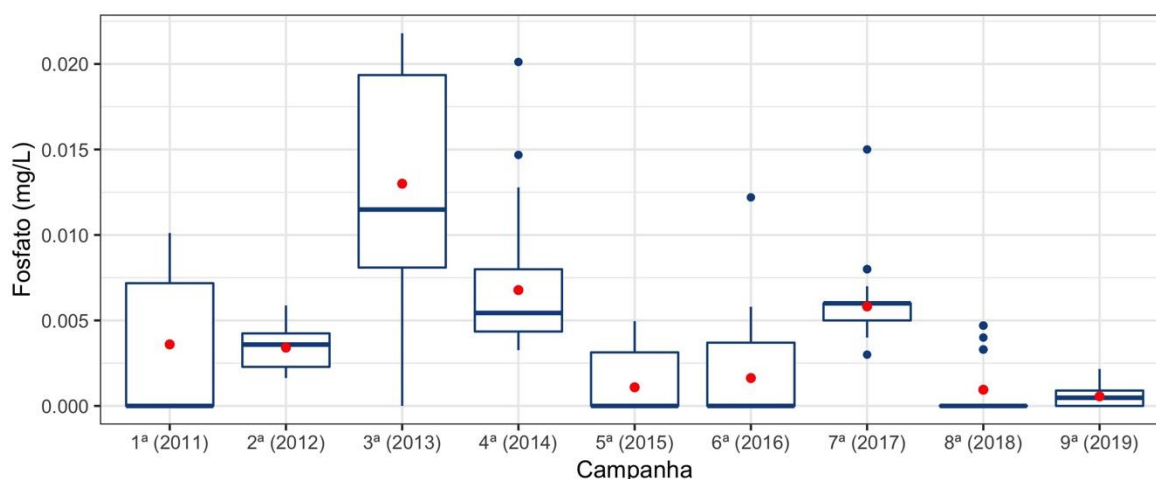


Figura 22: Concentrações de fosfato observadas nas nove últimas Campanhas de Monitoramento Ambiental realizadas no Parque das Conchas, Baía de Campos.

5.2.2. Clorofila-a

Os resultados de clorofila-a obtidos na 9ª campanha de monitoramento do FPSO Espírito Santo variaram de 0,003 µg/L (estação 8 - TC) a 0,13 µg/L (estação 6 – ACTC). De uma forma geral, observa-se a ocorrência de maiores concentrações de clorofila-a, principalmente na camada TC (**Figura 23**). Este padrão já era esperado, uma vez que a biomassa fitoplanctônica tende a acompanhar as maiores concentrações de nutrientes e radiações solares de menores intensidades, evitando desta forma a camada superficial (CIOTTI *et al*, 2006). Não foram identificadas diferenças significativas (Kruskal-Wallis, $p < 0,05$) entre as concentrações de clorofila-a observadas nos raios de 200, 500 e 1.000 m ($p = 0,9539$). As concentrações observadas na presente campanha (média de 0,043 µg/L) foram superiores às observadas na campanha realizada em 2018 (média de 0,0049 µg/L), onde as concentrações variaram de 0,002 a 0,013 µg/L.

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

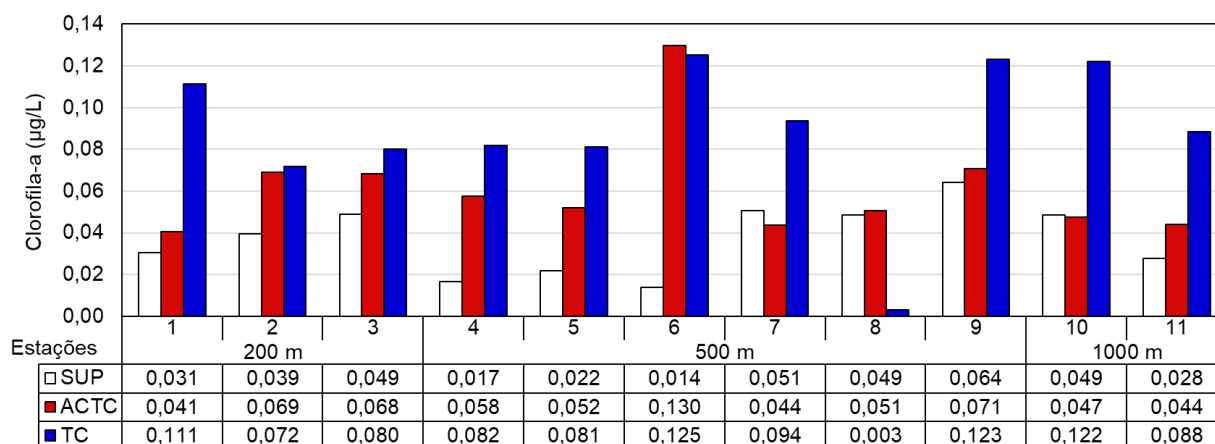


Figura 23: Distribuição das concentrações de clorofila-a nas estações no entorno do FPSO Espírito Santo durante a 9ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos.

5.2.3. Metais

No presente estudo foram analisados os seguintes metais e semimetais: alumínio dissolvido (Al), arsênio (As), bário (Ba), berílio (Be), boro (B), cádmio (Cd), chumbo (Pb), cobre total e dissolvido (Cu), cromo (Cr), ferro total e dissolvido (Fe), manganês (Mn), mercúrio (Hg), níquel (Ni), prata (Ag), selênio (Se), tálio (Tl), urânio (U), vanádio (V) e zinco (Zn). A maioria dos metais analisados não foi encontrado em concentrações quantificáveis (**Tabela 5**), sendo referidos em sua maioria como elementos traços, com exceção dos elementos boro e zinco, que apresentaram valores quantificáveis na atual campanha.

Tabela 5: Metais que apresentaram concentrações abaixo do Limite de Quantificação (LQ) nas estações no entorno do FPSO Espírito Santo durante a 9ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos.

Metais	LQ (mg/L)	Limite máximo Resolução CONAMA nº 357/05 Águas Salinas Classe 1 (mg/L)
Alumínio Dissolvido	0,0300	1,5000
Arsênio Total	0,0060	0,0100
Bário Total	0,0150	1,0000
Berílio Total	0,0030	0,0053
Cádmio Total	0,0030	0,0050
Chumbo Total	0,0060	0,0100
Cobre Total	0,0030	-
Cobre Dissolvido	0,0030	0,0050
Cromo Total	0,0060	0,0500
Ferro Total	0,0300	-
Ferro Dissolvido	0,0300	0,3000
Manganês	0,0060	0,1000
Mercúrio Total	0,0002	0,0002



Tabela 5: Metais que apresentaram concentrações abaixo do Limite de Quantificação (LQ) nas estações no entorno do FPSO Espírito Santo durante a 9ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos.

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

LQ = Limite de Quantificação

Para o elemento boro, as concentrações variaram entre 4,77 (estação 3 - SUP) e 5,19 mg/L (estação 11 – TC), conforme **Figura 24**. O semimetal boro apresentou concentrações superiores ao nível estabelecido pela Resolução CONAMA 357/05 (5 mg/L) na estação 5 (SUP e ACTC), estação 6 (TC), e estações 9, 10 e 11 (nas profundidades SUP, ACTC e TC), sendo importante ressaltar que as estações 10 e 11 são consideradas controle, uma vez que estão localizadas a 1.000 m do FPSO Espírito Santo e no sentido contrário da corrente, demonstrando que este fator não se relaciona diretamente com a atividade de produção da referida plataforma. Os resultados obtidos no raio de 1.000 m foram significativamente superiores (Kruskal-Wallis, $p=0,0002$) aos obtidos nos raios de 200 e 500, o que reforça a não relação dos resultados deste parâmetro com as atividades da plataforma monitorada. Concentrações de boro superiores a 5 mg/L já haviam sido reportadas por Petrobras (2013) nos resultados do Projeto de Caracterização Regional da Bacia de Campos (PCR-BC), sendo indicado no referido estudo que concentrações deste parâmetro em águas costeiras brasileiras podem ultrapassar este limite estabelecido pela legislação.

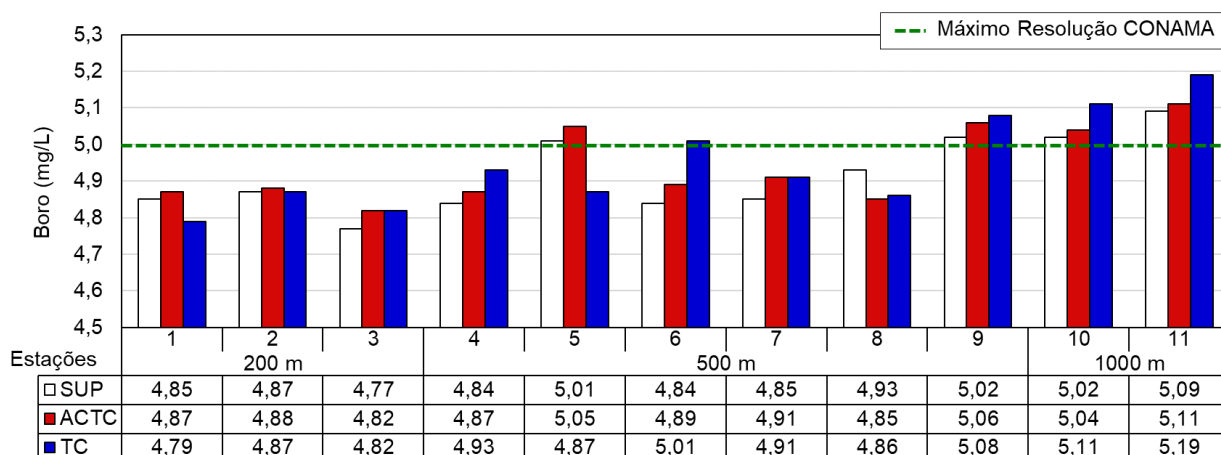


Figura 24: Distribuição das concentrações de boro nas estações no entorno do FPSO Espírito Santo durante a 9ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos.

Os resultados referentes a boro obtidos na presente campanha (2019) mantiveram-se dentro da variabilidade observada nas campanhas anteriores (Figura 25). Concentrações superiores aos limites estabelecidos pela Resolução CONAMA já havia sido verificados nas campanhas de 2012 e 2014, únicas campanhas que não apresentaram diferenças significativas (Kruskal-Wallis, $p < 0,05$) com os resultados obtidos nesta campanha.

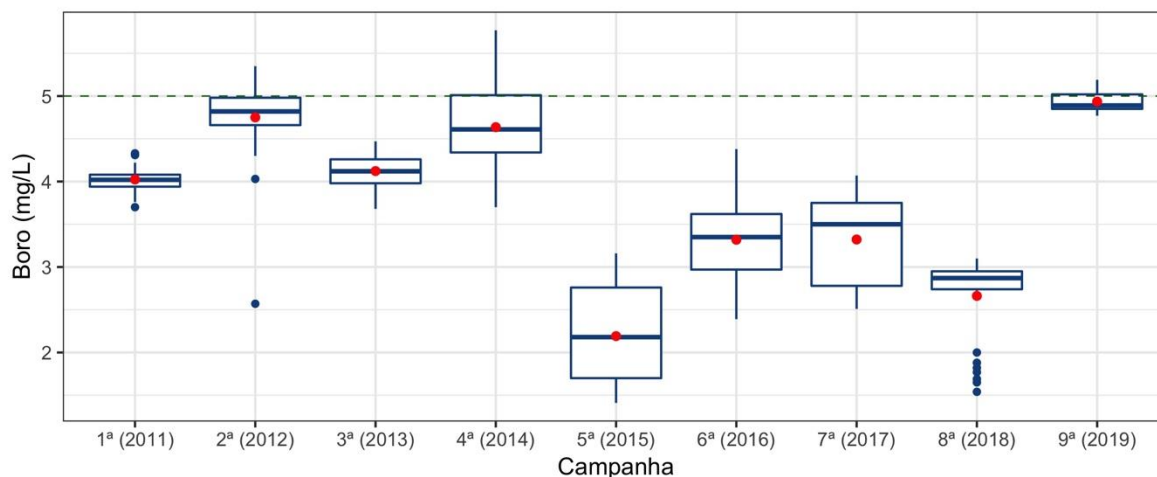


Figura 25: Concentrações de boro observadas nas nove últimas Campanhas de Monitoramento Ambiental realizadas no Parque das Conchas, Bacia de Campos.

Com relação ao elemento zinco, este apresentou concentrações com valores abaixo do limite de quantificação de 0,006 mg/L até 0,072 mg/L (estação 10 – TC), conforme a Figura 26. Todos os resultados obtidos mantiveram-se inferiores ao limite estabelecido pela Resolução CONAMA 357/05 (0,09 mg/L) e, apesar da concentração máxima observada na estação 10 – TC, não foram identificadas diferenças significativas (Kruskal-Wallis, $p < 0,05$) entre os resultados obtidos nos três raios amostrados ($p = 0,08861$). As



concentrações obtidas nesta campanha mantiveram-se dentro do intervalo de valores obtidos nas campanhas anteriores (**Figura 27**), não sendo observadas diferenças significativas (Kruskal-Wallis, $p < 0,05$) apenas entre os resultados obtidos em 2019 e os das campanhas de 2011 e 2018.

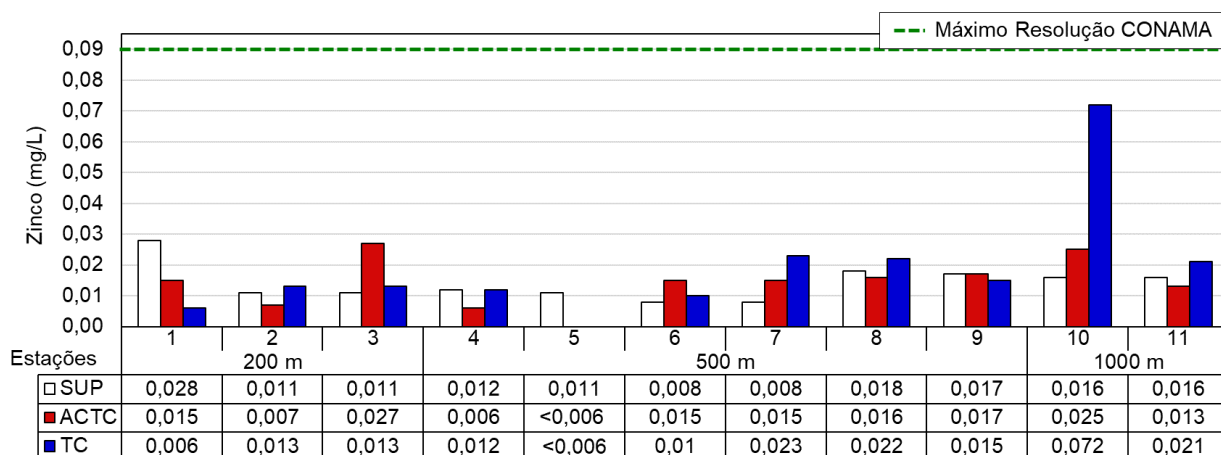


Figura 26: Distribuição das concentrações de zinco nas estações no entorno do FPSO Espírito Santo durante a 9ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos.

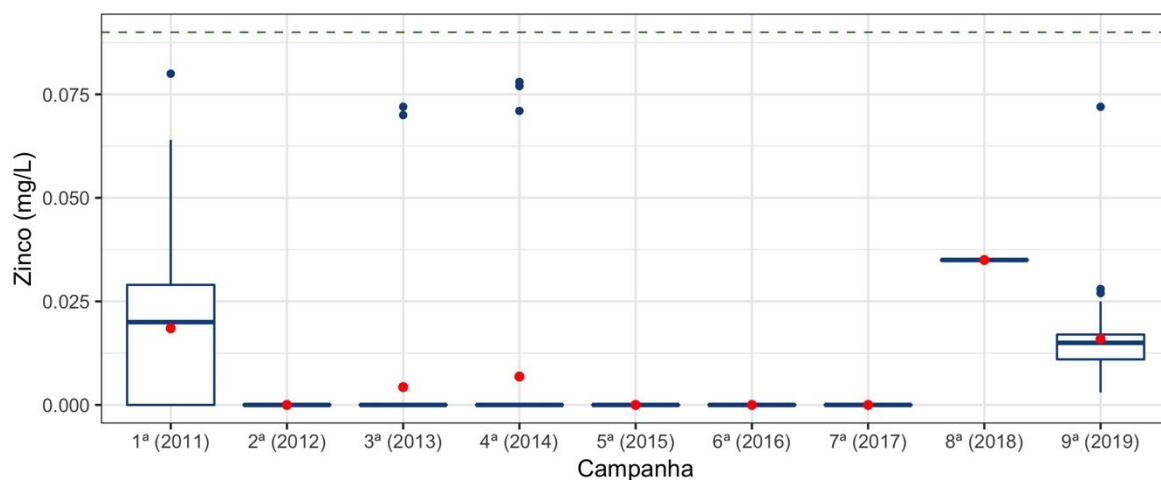


Figura 27: Concentrações de zinco observadas nas nove últimas Campanhas de Monitoramento Ambiental realizadas no Parque das Conchas, Bacia de Campos.

5.2.4. Cianeto livre

Os cianetos são compostos que contêm o radical CN, sendo que a preocupação em relação ao elemento no meio ambiente é devida a sua alta toxicidade, principalmente quando associado ao zinco e cádmio. Na atual campanha a concentração de cianeto esteve abaixo do limite de quantificação ($< 0,001$) em todas as estações. Nas campanhas anteriores também não foram quantificadas concentrações de cianeto no entorno do FPSO



Espírito Santo. Salienta-se que o valor do limite de detecção (LD) do método é equivalente ao valor máximo estipulado para águas salinas classe 1 pela Resolução CONAMA 357/05 – 0,001 mg/L.

5.2.5. Fluoretos

Nas estações distribuídas no entorno da FPSO Espírito Santo foram observadas concentrações variando desde concentrações abaixo do limite de detecção (estação 11 – TC) a 0,139 mg/L (estação 7 – TC), sem padrão espacial claro, tanto em relação a coluna d'água quanto em relação a distância da unidade (**Figura 28**), sendo observadas diferenças significativas (Kruskal-Wallis, $p < 0,05$) entre as amostras dos raios de 500 e 1.000 m ($p = 0,0343$), o que pode estar relacionado à maior variabilidade dos resultados observados nas estações do raio de 500 m, quando comparados aos observados no raio de 1000 m. Verifica-se que todas as amostras analisadas estiveram de acordo com o limite máximo requerido pela Resolução CONAMA 357/05 para águas salinas classe 1 (1,4 mg/L).

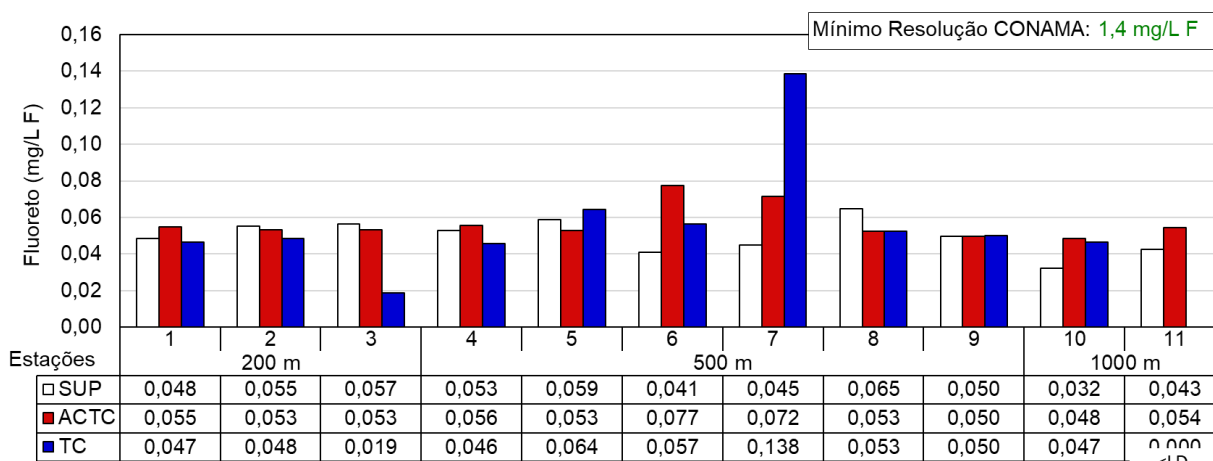


Figura 28: Distribuição das concentrações de fluoreto nas estações no entorno do FPSO Espírito Santo durante a 9ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos.

Os resultados de fluoretos obtidos na atual campanha (2019) mostram-se dentro da variabilidade observada nas campanhas anteriores (**Figura 29**). Apenas alguns resultados obtidos em 2011 e 2013 apresentaram valores que ultrapassaram os limites estabelecidos pela Resolução 357/05 do CONAMA para águas salinas classe 1, resultados estes que provavelmente refletem problemas analíticos. É corriqueiro, em estudos ambientais que utilizam a matriz analítica “água marinha hipersalina”, a ocorrência de interferência do cloreto na identificação e quantificação dos picos aniônicos. Apesar destes valores discrepantes, diferenças significativas (Kruskal-Wallis, $p < 0,05$) em relação à atual campanha foram identificadas apenas em relação aos resultados obtidos em 2016 e 2017.

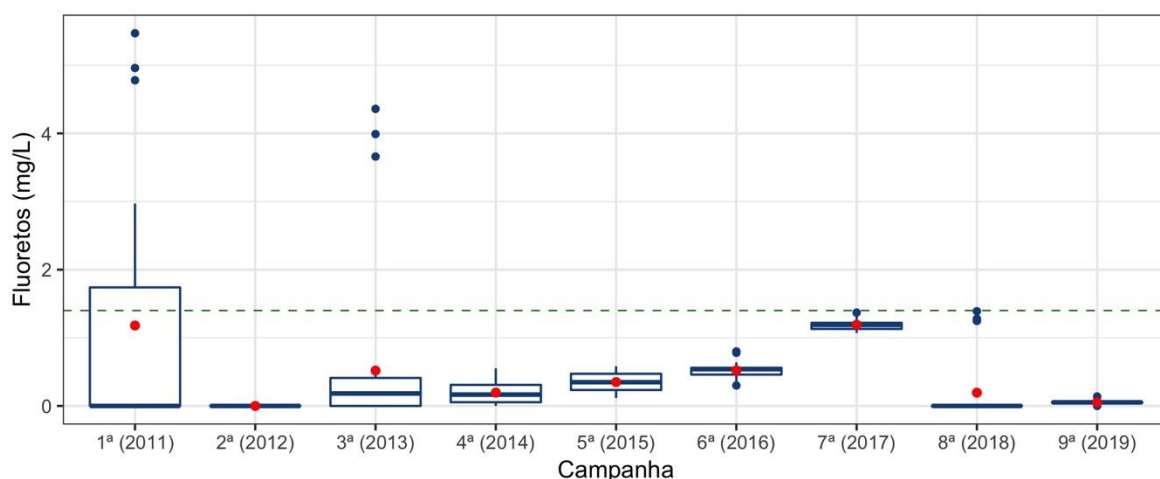


Figura 29: Concentrações de fluoreto observadas na nove últimas Campanhas de Monitoramento Ambiental realizadas no Parque das Conchas, Bacia de Campos.

5.2.6. Sulfetos

No presente monitoramento não foram encontradas concentrações de sulfetos acima do limite de quantificação em nenhuma amostra analisada ($LD=0,0016$ mg/L), como já ocorrido nas campanhas anteriores no entorno do FPSO Espírito Santo, mantendo as características da água condizentes com o estipulado pela Resolução CONAMA 357/05 para águas salinas classe 1 (até $0,002$ mg/L).

5.2.7. Cloro Residual Total

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

5.2.8. Radioisótopos

Os radioisótopos Rádio-226 (^{226}Ra) e Rádio-228 (^{228}Ra) são encontrados nas águas produzidas associados a ocorrências naturais nas rochas de formação. Pikaev (1995) destacou que a radioatividade dessas águas se deve a presença dos dois íons supracitados, além de ^{40}K , ^{238}U e ^{232}Th . OGP (2005) menciona que a influência do Ra no meio ambiente marinho é minimizada por sua co-precipitação com bário na forma de sulfatos e/ou carbonatos. Nas estações no entorno do FPSO Espírito Santo, concentrações quantificáveis ($LQ=0,01$ Bq/L)



de ^{226}Ra foram quantificadas em sete amostras, em valores que variaram de 0,011 (estações 4 e 7 – SUP e estação 8 – ACTC) a 0,015 Bq/L (estação 9 – TC), conforme a **Figura 30**. Não foram verificadas diferenças significativas (Kruskal-Wallis, $p < 0,05$) entre as concentrações de ^{226}Ra obtidas nos três raios amostrados no presente monitoramento ($p = 0,7059$). Com relação às concentrações de ^{228}Ra , nenhuma apresentou valor superior ao limite de quantificação (0,02 Bq/L) na presente campanha.

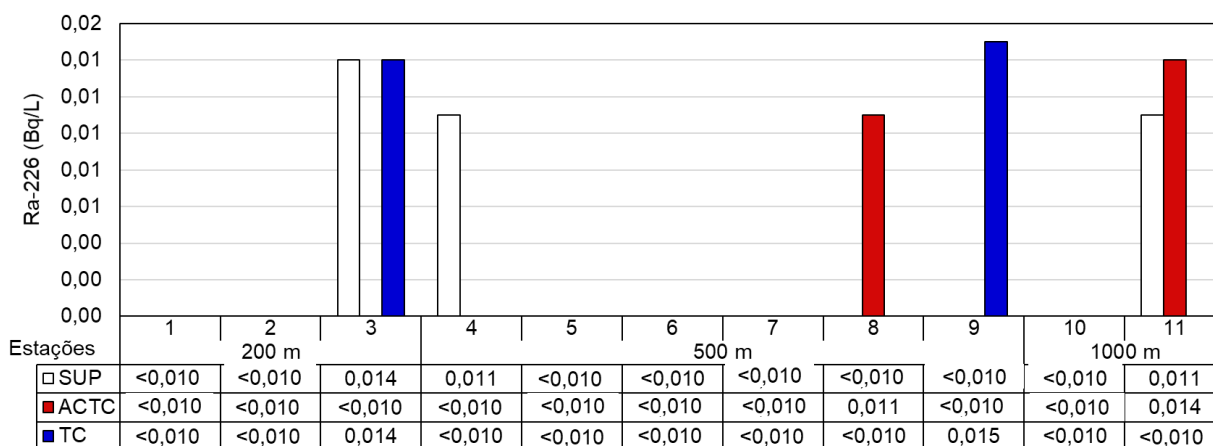


Figura 30: Distribuição das concentrações de ^{226}Ra nas estações no entorno do FPSO Espírito Santo durante a 9ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos.

A Resolução CONAMA 357/05 não preconiza limites para os radioisótopos. Contudo, destaca-se que Vegueria *et al.* (2002) mencionaram radioisótopos para água do mar da Bacia de Campos de cerca de 0,015 Bq/L e, analisando amostras de água produzida, citaram concentrações entre 0,012 e 6,0 Bq/L para ^{226}Ra e entre 0,05 e 12,0 Bq/L para ^{228}Ra .

Nas campanhas realizadas anteriormente no entorno do FPSO Espírito Santo, as concentrações de radioisótopos tenderam a uma distribuição aleatória, com maioria de amostras abaixo do limite de detecção e picos em diferentes estações. Os picos observados na campanha de 2012 chegaram a concentrações anômalas para água do mar, na concentração de 6,04 Bq/L para ^{226}Ra e de 22,5 Bq/L para ^{228}Ra (resultados omitidos na **Figura 31** para não comprometer a visualização dos demais dados), enquanto nas demais campanhas o comportamento foi mais similar, em geral com concentrações similares para ^{226}Ra e com maioria das amostras com concentrações abaixo do limite de detecção para ^{228}Ra .

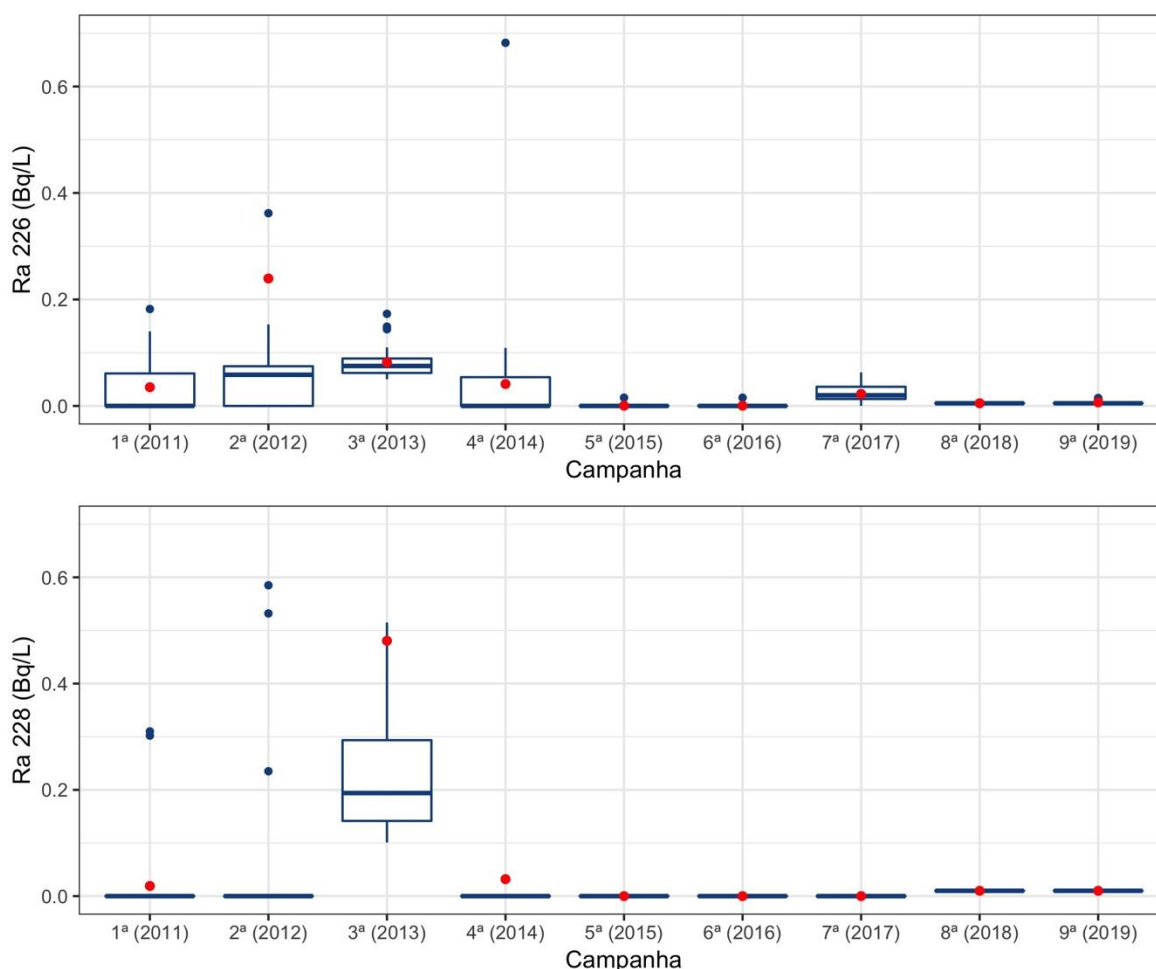


Figura 31: Concentrações de ^{226}Ra e ^{228}Ra observadas nas nove últimas Campanhas de Monitoramento Ambiental realizadas no Parque das Conchas, Bacia de Campos.

5.3. PARÂMETROS ORGÂNICOS

5.3.1. Carbono Orgânico Total (COT)

As concentrações de carbono orgânico total (COT) observadas no entorno do FPSO Espírito Santo no atual estudo apresentaram valores que variaram de 0,62 mg/L (estação 7 – ACTC) a 3,72 mg/L (estação 1 - TC), como pode ser observado na Erro! Fonte de referência não encontrada.. Diferenças significativas (Kruskal-Wallis, $p < 0,05$) entre os raios de amostragem não foram verificadas entre os raios de 200, 500 e 1000 m ($p = 0,0575$).

A Resolução CONAMA 357/05 estabelece o limite de 3 mg/L de COT para águas marinhas classe 1, limite este ultrapassado por cinco das 33 amostras analisadas nesta campanha (estação 1 – TC, estação 5 – SUP, ACTC e TC, estação 10 – TC), sendo que uma destas amostras foi obtida na estação que, por estar localizada no sentido contrário da corrente e a 1000 m de distância do ponto de lançamento, não está exposta ao descarte



de água produzida pela plataforma, não sendo possível, portanto, associar os resultados obtidos diretamente à atividade de produção realizada pelo FPSO Espírito Santo.

EXXON/WITTOBRIENS/GARDLINE (2019), caracterizando os Blocos BM-C-753, BM-C-789, BM-S-536, BM-S-647 e TITÃ, nas Bacias de Campos e Santos, encontraram valores de COT que oscilaram entre <LD e 3,0 mg.L⁻¹, estando alguns dos valores ora apresentados maiores ao máximo observado no estudo citado. Por outro lado, na Bacia de Santos, STATOIL/AECOM (2017), fazendo a caracterização de BM-S-8, encontraram valores de COT entre 1,05 a 3,8 mg.L⁻¹. Já EQUINOR/AECOM (2018), na Área Norte de Carcará, detectaram concentração mínima de 1,85 e máxima de 4,90 mg.L⁻¹. Deste modo, valores acima do limiar estabelecido pela legislação ambiental podem ser detectados ao longo das bacias marítimas brasileiras.

Além disso, comparando com os resultados obtidos ao longo do monitoramento no entorno do FPSO Espírito Santo, as concentrações de COT observadas na atual campanha não apresentaram diferenças significativas (Kruskal-Wallis, $p < 0,05$) apenas em relação aos resultados obtidos nas campanhas de 2011 e 2013, sendo verificado na campanha de 2013 um valor de mediana superior ao obtido na atual campanha, indicando resultados em níveis similares aos verificados anteriormente na região (**Figura 33**).

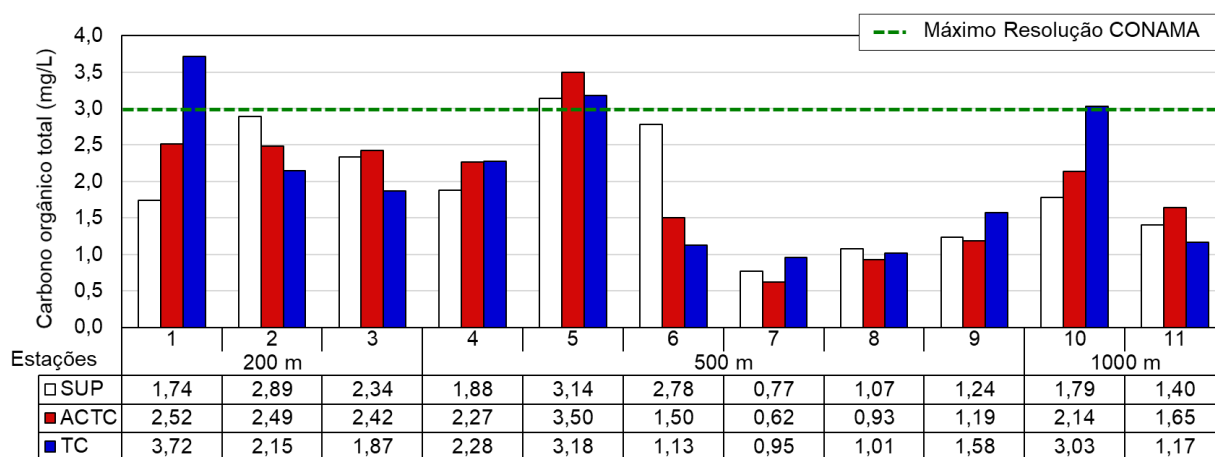


Figura 32: Distribuição das concentrações de Carbono Orgânico Total (COT) nas estações no entorno do FPSO Espírito Santo durante a 9ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos.

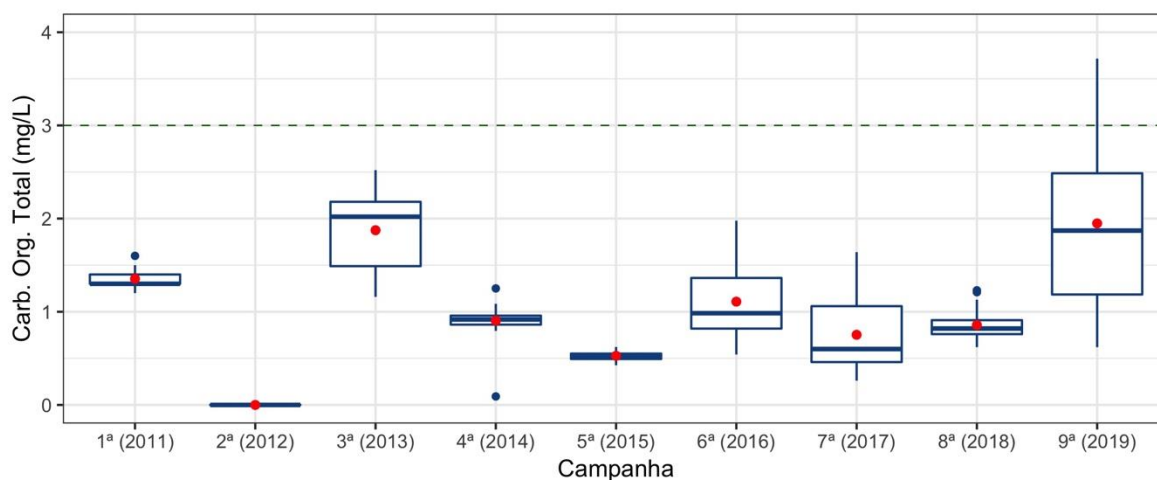


Figura 33: Concentrações de COT observadas nas nove últimas Campanhas de Monitoramento Ambiental realizadas no Parque das Conchas, Bacia de Campos.

5.3.2. Surfactantes

Na atual campanha, concentrações de surfactantes foram verificadas em nove das 33 amostras analisadas em valores que variaram desde 0,13 mg/L (estação 10 – SUP) a 0,27 mg/L (estação 6 - SUP), não sendo observadas concentrações detectáveis (LD=0,01 mg/L) em nenhuma amostra proveniente das estações localizadas no raio de 200 m do FPSO Espírito Santo. A Resolução CONAMA 357/05 estabelece o valor máximo de 0,2 mg/L para águas salinas classe 1, de forma que apenas seis amostras, todas localizadas no raio de 500 m, apresentaram resultados acima do limite (**Figura 34**)

Dados na literatura para monitoramento de surfactantes em área *offshore* são escassos (JACKSON et al., 2016), principalmente em água. Entretanto, GAGGON (1983) cita que concentrações de surfactantes variando entre 0,001 a 0,200 mg.L⁻¹ podem ser encontradas em áreas poluídas costeiras, devido à descarga de esgoto sem tratamento.

Cabe ressaltar que a ausência de concentrações detectáveis nas estações mais próximas ao FPSO Espírito Santo dificulta a análise referente à relação destes resultados com a atividade de produção da unidade. Além disso, a presença destes compostos na estação 10 (controle), mesmo que abaixo do limite estabelecido pela legislação, pode ser um indicativo de que sua origem no momento da amostragem esteve relacionada a algum fator externo à atividade do FPSO Espírito Santo.

Assim, tendo em vista a não detecção destes compostos nas oito campanhas realizadas anteriormente (LQ = 0,03 mg/L) nesta região, mostra-se necessário o acompanhamento deste parâmetro em campanhas futuras para a melhor compreensão dos resultados obtidos nesta campanha.

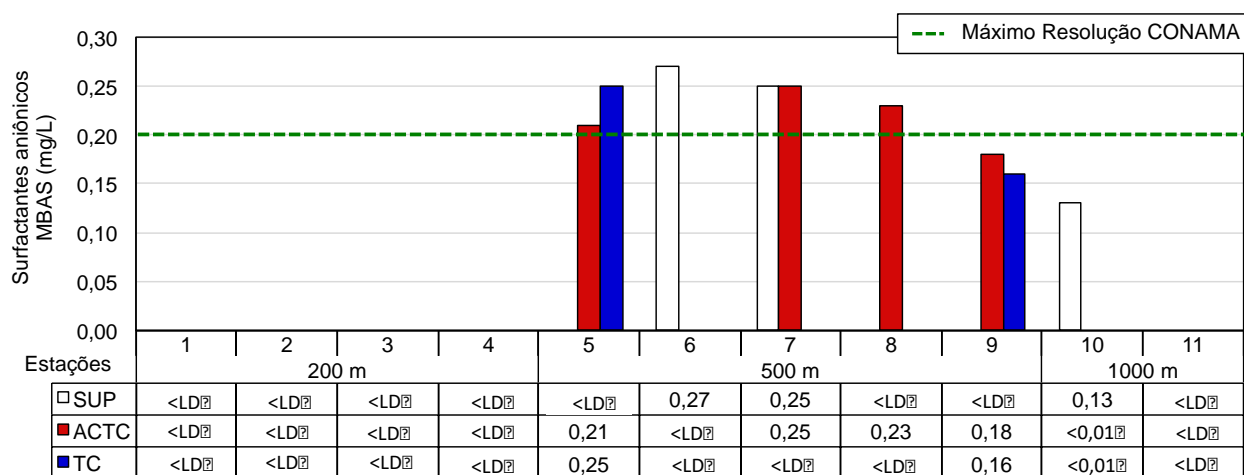


Figura 34: Distribuição das concentrações de surfactantes nas estações no entorno do FPSO Espírito Santo durante a 9ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos.

5.3.3. Bifenilas policloradas (PCBs)

As bifenilas policloradas (PCBs) são compostos orgânicos persistentes, pouco solúveis, com potencial de bioacumulação e bioconcentração, representando, com isso, uma ameaça à biota (Penteado & Vaz, 2001). Não foram quantificadas concentrações de PCBs ($LQ < 0,003 \mu\text{g/L}$) no presente estudo. Os PCBs também não foram quantificados nas campanhas de 2011, 2012, 2013, 2014 e 2015. Salienta-se que o máximo para PCBs em águas salinas classe 1 segundo a Resolução CONAMA 357/05 é de $0,03 \mu\text{g/L}$.



5.3.4. Tributilestanho

Concentrações quantificáveis de tributilestanho ($LQ=0,001 \mu\text{g/L}$) foram verificadas apenas em seis das 33 amostras coletadas no entorno do FPSO Espírito Santo na atual campanha, incluindo a estação controle (estação 11 – ACTP). Os valores encontrados variaram de 0,0014 (estação 1 - ACTC) a 0,0034 $\mu\text{g/L}$ (estação 9 - SUP), como pode ser verificado na **Figura 35**. A Resolução CONAMA estabelece o limite de 0,01 $\mu\text{g/L}$ de tributilestanho para águas salinas classe 1, de forma que todos os resultados obtidos mostram-se de acordo com o estabelecido pela legislação ambiental. Este parâmetro não apresentou resultados detectáveis nas campanhas anteriores ($LD=0,010 \mu\text{g/L}$).

Contudo, cabe destacar que o limite de detecção das campanhas anteriores é superior ao limite de quantificação da presente campanha, o que permitiu que algumas concentrações fossem quantificadas. Deste modo, a não detecção ao longo do monitoramento pode estar relacionado ao LD menos conservativo e, mantendo-se o LQ da atual campanha, é possível que o tributilestanho seja detectado futuramente também, sendo importante o acompanhamento deste parâmetro nas próximas campanhas para melhor compreensão dos resultados.

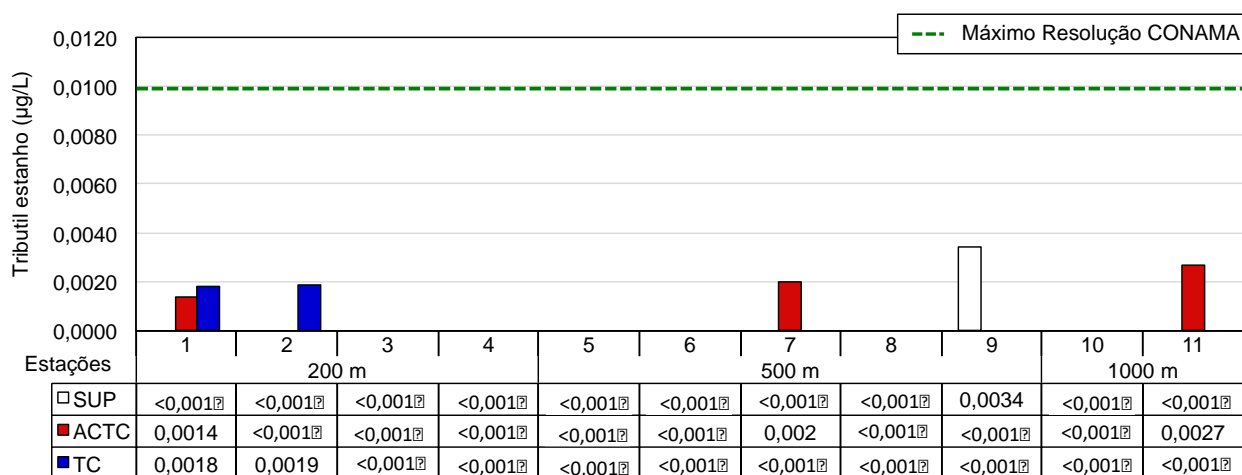


Figura 35: Distribuição das concentrações de tributilestanho nas estações no entorno do FPSO Espírito Santo durante a 9ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos.

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.



5.3.5. Hidrocarbonetos e Fenóis

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

Concentrações de hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (HPAs) foram verificadas em seis das 33 amostras analisadas na presente campanha, em somatórios que variaram de 0,011 µg/L (estação 4 – TC) a 0,446 µg/L (estação 5 – ACTC), referente aos compostos acenafteno, acenaftileno, fenantreno, fluoranteno, fluoreno, naftaleno e pireno (**Tabela 6**).

A Resolução CONAMA 357/05 estabelece limite de até 0,018 µg/L em águas salinas classe 1 para corpos de água onde haja pesca ou cultivo de organismos para fins de consumo intensivo (mais restritivo), sendo este limite aplicável apenas para os compostos benzo(a)antraceno, benzo(a)pireno, benzo(b)fluoranteno, benzo(k)fluoranteno, criseno, dibenzo(a,h)antraceno e indeno(1,2,3-cd)pireno, que não apresentaram valores detectáveis nesta campanha (LQ = 0,010 µg/L e LD = 0,003 µg/L).

No entanto, é possível verificar que os resultados obtidos foram inferiores aos níveis de efeitos crônicos e/ou agudos proposto por Buchman (2008), indicando baixos riscos à biota da região. No caso das duas amostras da estação 5 que apresentaram concentrações quantificáveis de HPAs, a razão fluoranteno/(fluoranteno + pireno) apresentou valores inferiores a 0,4, resultado que, de acordo com (YUNKER *et al.* (2002) *apud* MENICONI (2007), é indicativo de uma fonte petrogênica para os HPAs verificados nestas amostras.



Tabela 6: Concentrações quantificáveis de hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (HPAs, µg/L) nas estações no entorno do FPSO Espírito Santo durante a 9ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos.

Amostra	200 m		500 m			1.000 m	NOAA sQuiRTs (Buchman, 2008)	
	1	3	4	5		11	crônico	agudo
	SUP	TC	TC	SUP	ACTC	SUP		
Acenafteno	nd	nd	nd	nd	0,019	nd	40	970
Acenaftileno	nd	nd	nd	nd	0,011	nd	-	300
Fenantreno	nd	nd	nd	0,098	0,189	nd	4,6	7,7
Fluoranteno	nd	nd	nd	0,018	0,032	nd	11	40
Fluoreno	nd	nd	nd	0,022	0,05	nd	-	300
Naftaleno	0,017	0,015	0,011	0,017	0,033	0,036	1,4	2350
Pireno	nd	nd	nd	0,047	0,112	nd	-	300
ΣHPAs	0,017	0,015	0,011	0,202	0,446	0,036	-	300
fluoranteno/(fluoranteno+pireno)	-	-	-	0,28	0,22	-		

A estação 4 localizada a 500 m de distância do FPSO Espírito Santo, as amostras das estações 1e 3 (SUP e TC, respectivamente), localizadas no raio de 200 m, e estação 11 – SUP, estação controle localizada a 1.000 m e no sentido contrário da corrente, apresentaram concentrações inferiores de HPAs totais e apenas referentes ao composto naftaleno, não apresentando indícios de que estes HPAs tenham a referida unidade de produção como local de origem. Nas campanhas realizadas anteriormente (2011 a 2018), não foram detectadas concentrações para nenhum composto das análises de HPAs, de forma que os resultados obtidos nesta campanha devem ser avaliados em conjunto com os que serão verificados nas campanhas seguintes para melhor identificar se estes resultados podem ser considerados como um evento anômalo.

Por outro lado, as amostras da estação 5, que apresentaram resultados de HPAs naftaleno, fluoranteno e pireno, foram as únicas a apresentarem valores quantificáveis de hidrocarboneto alifáticos (LQ = 2 µg/L para n-alcanos e LQ = 100 µg/kg para HTP e MCNR).

Os hidrocarbonetos alifáticos ocorrem naturalmente na água do mar em concentrações que variam entre <1 e 10 µg/L, em função da significativa produção biogênica, enquanto que concentrações de n-alcanos de até 16 µg/L são reportadas na literatura como indicativas de uma contribuição antropogênica baixa ou ausente (Petrobras, 2013). No caso das amostras da estação 5 - SUP e ACTC, as concentrações de n-alcanos foram de 27,2 e 33,4 µg/L, respectivamente, níveis acima dos resultados citados na literatura, podendo indicar que a origem destes compostos não é unicamente natural.

Considerando o parâmetro MCNR, este geralmente é considerado como uma mistura de muitos isômeros e homólogos estruturalmente complexos de hidrocarbonetos ramificados e cíclicos que não podem ser discriminados, no entanto, usando técnicas de degradação química, foi demonstrado que a MCNR consiste principalmente de cadeias de carbono lineares conectadas em pontos de ramificação, que resultam em



moléculas em forma de "T", sendo resistentes à degradação (Boulobassi & Saliot, 1993). A razão entre MCNR e os hidrocarbonetos resolvidos (HRP) é utilizada para indicar o grau de degradação dos compostos orgânicos.

Resultados da razão MCNR/HRP superiores a 4 indicam para hidrocarbonetos intemperizado, enquanto que valores inferiores a 4 são indicativos de uma introdução recente de óleo (Readman *et al.*, 2002). Conforme apresentado na **Tabela 7**, a razão MCNR/HRP apresentou valores de 2,83 e 2,99 para as amostras SUP e ACTC, respectivamente, indicando para um aporte recente dos compostos detectados.

Tabela 7: Concentrações quantificáveis de hidrocarbonetos alifáticos (µg/L) nas estações no entorno do FPSO Espírito Santo durante a 9ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos.

Amostra	Estação 5 (500 m)	
	SUP	ACTC
n-Pentadecano (C15)	2,4	3
n-Hexadecano (C16)	3,9	4,6
n-heptadecano (C17)	4,5	5,1
n-octadecano (C18)	ND	4,8
n-Nonadecano (C19)	4,6	5,1
n-Eicosano (C20)	3	3,8
n-Heneicosano (C21)	2,4	2,6
n-Docosano (C22)	<2	2,3
n-Octacosano (C28)	2,2	2,1
n-Nonacosano (C29)	2,1	<2
n-Triacontano (C30)	2,1	<2
pristano	5,3	5,6
fitano	4,8	4,7
Σn-alcanos	27,2	33,4
HTP	398	407
HRP	104	102
MCNR	294	305
MCNR/HRP	2,827	2,990

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

Tendo em vista a ampla dimensão da malha amostral utilizada durante o PCR-BC, os resultados obtidos indicam para origens difusas da contaminação por óleo na Bacia de Campos. Desta forma, os resultados indicativos de contribuição petrogênica identificados na estação 5 (raio de 500 m) podem não estar relacionados diretamente com a atividade de produção do FPSO Espírito Santo, uma vez que amostras mais



próximas da desta unidade (raio de 200 m), mais expostas à pluma de água produzida, não apresentaram resultados similares.

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

Para a presente campanha foram também analisados os compostos BTEX (benzeno, tolueno, etilbenzeno e xilenos) e fenóis, não sendo verificados valores quantificáveis para estes parâmetros (LQ = 1 µg/L para benzeno, tolueno, etilbenzeno e LQ = 2 µg/L para xilenos e fenol). Para fins de comparação, a Resolução CONAMA 357 estabelece para os compostos benzeno, tolueno e etilbenzeno os limites de até 700, 215 e 25 µg/L, respectivamente, enquanto que para os fenóis totais o limite superior estabelecido por esta legislação é de 60 µg/L.

5.3.6. Óleos e Graxas

Além dos hidrocarbonetos, um parâmetro que demanda preocupação em relação às atividades petrolíferas e, em especial, ao descarte de água produzida, é o teor de óleos e graxas ou TOG. O parâmetro é o único para o qual são estipuladas concentrações máximas na água produzida pela Resolução CONAMA 393/07, correspondentes a média aritmética simples mensal de até 29,0 mg/L, com máximo diário de 42,0 mg/L. No presente estudo (LQ = 3 mg/L), assim como nas campanhas anteriores (LQ = 10 mg/L), não foram verificados óleos e graxas em nenhuma estação, mesmo nas localizadas a 200 m da FPSO Espírito Santo, fato que reforça a hipótese de ausência de influência das atividades do FPSO nas águas de entorno.

5.4. ECOTOXICIDADE

Os testes de toxicidade auxiliam a observar possíveis efeitos da qualidade da água na biota aquática, posto que o efeito sinérgico de poluentes possa representar uma ameaça não detectada na análise individual de determinados indicadores. No presente monitoramento foram realizados testes de efeito agudo, através da



exposição do microcrustáceo *Mysidopsis juniae*, e crônico, avaliados efeitos nocivos aos embriões do ouriço *Echinometra lucunter* (retardamento e/ou ocorrência de anomalias no desenvolvimento até larva *pluteus* – representado em percentual de embriões afetados).

Os testes de toxicidade aguda foram realizados nas amostras de água do mar das onze estações monitoradas no entorno do FPSO Espírito Santo, por um período de 96 horas em um sistema estático com efeitos sobre a sobrevivência, observado a cada 24 horas. A maior mortalidade foi verificada na estação 7 – TC (raio de 500 m), onde 15% dos organismos morreram após a exposição à esta amostra ambiental (**Tabela 8**). Cabe ressaltar que nenhuma amostra apresentou resultado indicativo de toxicidade, pois não apresentaram diferenças significativas (teste de “Steel many-one Rank”) em relação ao resultado do controle, onde a sobrevivência foi de 100%.

Tabela 8: Resultados do teste de ecotoxicidade aguda nas estações no entorno do FPSO Espírito Santo durante a 9ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos.

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

Os testes de toxicidade crônica corroboraram a ausência de toxicidade sobre a biota, como pode ser observado na **Tabela 9**. 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 1 – ACTC (87,2%). Importante ressaltar, que todos os resultados obtidos foram indicativos de ausência de toxicidade, uma vez que não apresentaram diferenças significativas (Teste de “Dunnett”) em relação aos resultados obtidos pelo controle, onde o percentual de *pluteus* normais foi de 89,2%. Portanto, os resultados estiveram em acordo com o preconizado pela Resolução CONAMA 357/05.



Tabela 9: Resultados do teste de ecotoxicidade crônica no entorno do FPSO Espírito Santo durante a 9ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos.

<i>Echinometra lucunter</i> - Pluteus normais (%)				
Raio / Estação		Sup	ACTC	TC
200 m	1	89,5	87,2	90
	2	94,2	94,5	94,8
	3	93	98,8	98,5
	4	95,2	96,2	95
500 m	5	92,5	96,5	91,8
	6	93,2	96,8	94,2
	7	95,8	91	90,8
	8	95,5	91,2	95
	9	91,5	98	92,2
1.000 m	10	95,8	92	93,2
	11	91,2	91,5	91,2

Os resultados dos testes de toxicidade agudos e crônicos de todas as campanhas anteriores do Parque das Conchas, Bacia de Campos, já haviam apontado para ausência de efeito tóxico observado na biota aquática. É válido salientar que os resultados de mortalidade e teratogênese verificados foram irrelevantes em todas as campanhas e estão provavelmente relacionados à variação natural do condicionamento fisiológico de cada indivíduo, e relacionados aos outros fatores inerentes às condições laboratoriais de experimentação. Em suma, os resultados observados confirmam a ausência de efeitos tóxicos relacionados ao descarte de água de produção pelo FPSO Espírito Santo.

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 9ª campanha realizada no entorno do FPSO Espírito Santo. Destaca-se que o inventário florístico com o enquadramento taxonômico e densidade celular de cada organismo é apresentado no **ANEXO C**.

5.5.1.1. Composição específica

O fitoplâncton estudado pode ser dividido em função do tamanho dos organismos: nanoplâncton e microfitoplâncton. Os organismos do nanoplâncton tem reduzido tamanho (2 a 20 µm), o que dificulta a identificação das espécies em análises de rotina, conforme detalhado na metodologia. Na atual campanha



não foi possível identificar a níveis taxonômicos específicos a fração nanoplânctônica. Por outro lado, a comunidade microfitoplanctônica ($> 20 \mu\text{m}$) permitiu uma análise mais profunda e foi dividida em grandes grupos (categorias taxonômicas como classes e até mesmo grupos artificiais): diatomáceas (Bacillariophyta), dinoflagelados (Dinophyta), cianofíceas (Cyanophyta), silicoflagelados (Chromophyta – Classe Dictyochophyceae) e cocolitoforídeos (Chromophyta - Classe Prymnesiophyceae), de forma que a composição da comunidade do microfitoplâncton pode ser analisada mais profundamente, conforme será abordado adiante.

Na atual campanha no entorno do FPSO Espírito Santo, o microfitoplâncton foi composto por 88 táxons distintos, pertencentes a diferentes grupos do fitoplâncton, sendo a maioria dinoflagelados (33 táxons), seguido das diatomáceas (26 táxons), cocolitoforídeos (11 táxons) e cianofíceas (5 táxons), conforme a **Figura 36**. A predominância de diatomáceas e de dinoflagelados na comunidade microfitoplanctônica, totalizando 81% do total de número de táxons, é comum nos ambientes oceânicos, conforme reportado por diversos autores para regiões no Atlântico Sul (Tenenbaum *et al.*, 2007; Olguín *et al.*, 2006). Segundo Hallegraeff (1984) a importância das diatomáceas está associada a sua grande participação na produção primária marinha e sua biodiversidade. Já os dinoflagelados formam parte da alimentação de vários organismos planctônicos e consequentemente, são muito importantes na transferência de energia na rede trófica, sendo comum a dominância de dinoflagelados sob diatomáceas em águas oceânicas (Tenenbaum *et al.*, 2006; Passavante *et al.*, 1982; Margalef, 1972). A campanha atual demonstra seguir o padrão de contribuição observado nas campanhas pretéritas, com a composição do microfitoplâncton apresentando também a predominância de diatomáceas e de dinoflagelados sob os demais grupos, seguidos de cocolitoforídeos (contribuição sempre superior a 14%). As cianofíceas contribuíram, em geral, com menos de 7%, assim como nas campanhas pretéritas.

Contribuição por Grupos

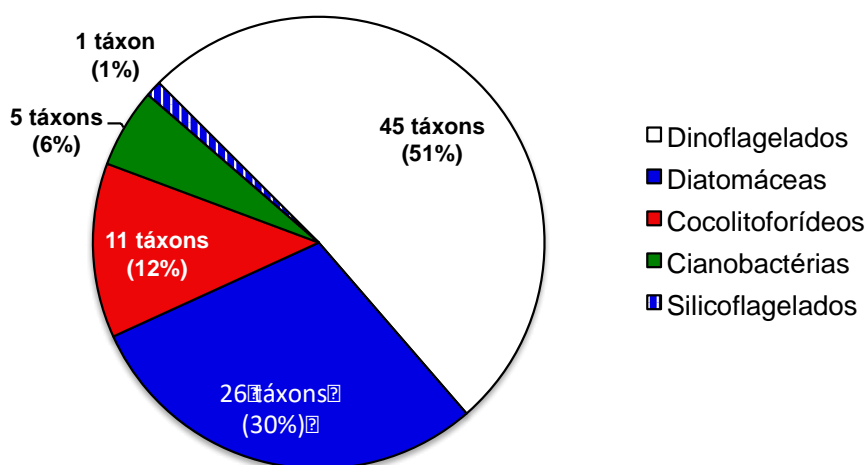


Figura 36: Contribuição percentual das classes taxonômicas do microfitoplâncton identificadas nas estações de amostragem no entorno do FPSO Espírito Santo durante a 9ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos.

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

5.5.1.2. Riqueza

A **Figura 37** mostra o número de táxons do microfitoplâncton ao longo das estações e profundidades, variando entre 16 táxons na estação 10 - TC e 32 táxons na estação 3 – ACTC. Os valores de riqueza taxonômica obtidos nos três raios de amostragem (200, 500 e 1.000 m) não apresentaram diferenças significativas (Kruskal-Wallis, $p < 0,05$), com $p = 0,0557$, não sendo, portanto, identificada uma relação entre o número de táxons e a proximidade do FPSO. Na **Tabela 10** observa-se o número de táxons distribuídos pelos grandes grupos, onde se verifica que as diatomáceas e os dinoflagelados apresentaram valores médios representativos para o total de táxons na campanha.

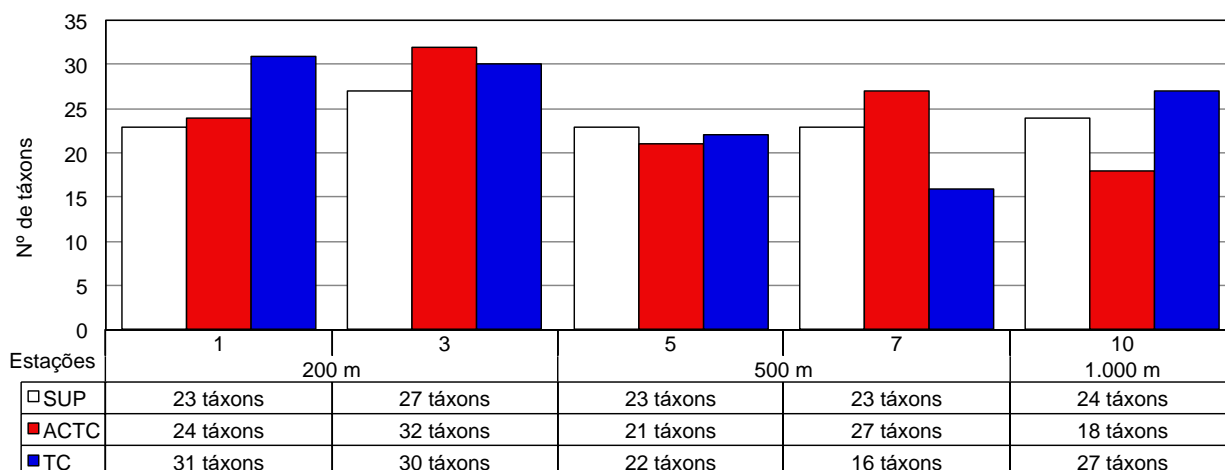


Figura 37: Número de táxons do microfitoplâncton em cada profundidade nas cinco estações monitoradas durante a 9ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos.

Tabela 10: Número de táxons do microfitoplâncton e estatística descritiva das cinco estações monitoradas durante a 9ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos.

Distância	Amostra	Diatomáceas	Dinoflagelados	Cianofíceas	Silicoflagelados	Cocolitoforídeos	TOTAL
200 m	1 SUP	4	14	3	0	2	23
	1 ACTC	4	16	2	0	2	24
	1 TC	13	10	2	0	6	31
	3 SUP	5	16	4	0	2	27
	3 ACTC	7	16	1	1	7	32
	3 TC	9	13	2	0	6	30
500 m	5 SUP	7	11	3	0	2	23
	5 ACTC	6	12	2	0	1	21
	5 TC	5	13	1	0	3	22
	7 SUP	6	13	1	0	3	23
	7 ACTC	7	15	3	0	2	27
	7 TC	4	10	1	0	1	16
1.000 m	10 SUP	6	15	1	0	2	24
	10 ACTC	4	10	2	0	2	18
	10 TC	7	13	2	0	5	27
TOTAL		26	45	5	1	11	88
Mínimo		4	10	1	0	1	16
Máximo		13	16	4	1	7	32
Média		6,27	13,13	2,00	0,07	3,07	24,53
Desvio Padrão		2,37	2,20	0,93	0,26	1,94	4,53
CV%		38%	17%	46%	387%	63%	18%

A **Figura 38** mostra a distribuição por grupos ao longo das estações. Notam-se as maiores contribuições de dinoflagelados e de diatomáceas ao longo de todas as estações/profundidades, com menor contribuição de silicoflagelados e cianofíceas. A estação 1 (TC) apresentou uma participação relativamente menor de



dinoflagelados e maior de diatomáceas, no entanto esta variação não é indicativa de alguma influência da atividade de produção.

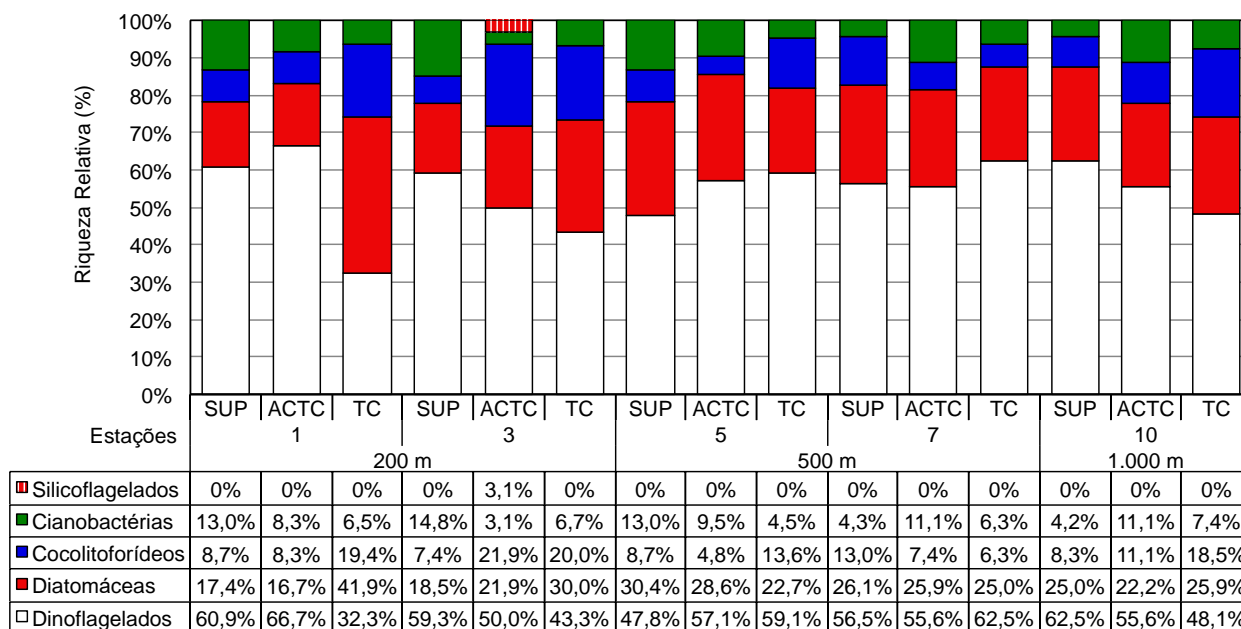


Figura 38: Contribuição percentual da riqueza de táxons por categoria taxonômica nas cinco estações e em cada profundidade monitorada durante a 9ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos.

Dentre os 88 táxons observados na campanha atual, a maioria (68 táxons, 77% do total) ocorreu em no máximo 5 amostras, indicando uma frequência de ocorrência esporádica ou pouco frequente. Do total, 30 táxons (34% do total) foram exclusivos em apenas uma amostra, distribuídos em diferentes grupos, a saber: as diatomáceas *Coscinodiscus* spp., *Cerataulina pelagica*, *Proboscia alata*, *Leptocylinndrus danicus*, *Thalassionemataceae* C, *Amphora* spp. e Diatomáceas *penata* 1C, 4D, 5B e 8A; os dinoflagelados *Karenia* cf. *brevis*, cf. *Erythrospidinium* spp., *Micracanthodinium setiferum*, *Gonyaulax* spp., *Tripos* cf. *Lineatus*, *Tripos teres*, *Podolampas palmipes*, *Podolampas spinifera*, *Corythodinium diploconus*, *Oxytoxum curvatum*, *Oxytoxum* cf. *elongatum*, *Oxytoxum* cf. *mitra*, *Oxytoxum sphaeroideum*, *Oxytoxum* spp., *Phalacroma* spp., *Prorocentrum* cf. *dentatum* e dinoflagelado tecado NI 2A; os cocolitoforídeos *Coccolithus* sp. e *Syracosphaera* cf. *prolongata* e o silicoflagelado *Dictyocha fibula*.

Um total de 13 táxons (15% do total de táxons) foi classificado como muito frequente na área, por terem sido registrados em mais de 70% das amostras (11 a 15 amostras). A **Tabela 11** lista estes táxons, onde se verifica que a maioria deles é identificada pelo morfotipo, caso de dinoflagelados e de diatomáceas. Destacam-se os morfotipos de dinoflagelados *Gymnodiniales* 1A a 4A (dimensão 20 a 50 µm e forma ovóide) e também as



cianofíceas da ordem Nostocales e a Diatomácea penata 1A (dimensão 20 a 50 µm e forma lanceolada), presentes em 100% das amostras coletadas.

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

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

Grupo	Táxons mais frequentes (>70%)	Frequência
Diatomáceas	Diatomácea penata 1A	100%
	<i>Cylindrotheca closterium</i>	86,7%
	Diatomácea penata 5A	73,3%
Dinoflagelados	Gymnodiniales 1A	100%
	Gymnodiniales 2A	100%
	Gymnodiniales 3A	100%
	Gymnodiniales 4A	100%
	<i>Heterocapsa</i> spp.	100%
	<i>Oxytoxum crassum</i>	73,3%
	<i>Oxytoxum gracile</i>	73,3%
Cianofíceas	Ordem Nostocales	100%
Cocolitoforídeos	<i>Umbellosphaera irregularis</i>	80,0%
	<i>Discosphaera tubifer</i>	73,3%

A **Tabela 12** sintetiza os resultados obtidos em números de táxons identificados ao longo das nove campanhas de monitoramento. A média da campanha variou bastante, de 20 (2015) a 44 (2013), com os resultados obtidos na presente campanha (média de 25 táxons) similares aos observados em 2016 e 2017

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



(24 e 26 táxons, respectivamente). O padrão de predominância do número de táxons de dinoflagelados sob as diatomáceas foi observado ao longo de todas as campanhas de monitoramento.

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

Campanha	Estatística	Total	Diat	Dino	Ciano	Silico	Cocol	Eugl
2011	Mínimo	19	5	7	2	1	1	1
	Máximo	40	13	21	6	1	7	1
	Média	32	9	15	4	1	3	1
	Desvio-padrão	5	2	4	1	-	2	-
2012	Mínimo	24	9	9	2	-	3	1
	Máximo	52	18	24	5	-	8	1
	Média	39	13	16	3	-	6	-
	Desvio-padrão	8	3	4	1	-	1	-
2013	Mínimo	33	10	14	2	1	3	1
	Máximo	55	23	23	5	1	9	1
	Média	44	16	19	3	-	6	-
	Desvio-padrão	6	3	3	1	-	2	-
2014	Mínimo	17	4	7	-	-	2	-
	Máximo	26	11	12	3	-	6	-
	Média	21	6	9	1	-	4	-
	Desvio-padrão	2	2	1	1	-	1	-
2015	Mínimo	16	2	6	1	-	-	-
	Máximo	27	11	12	3	-	4	-
	Média	20	6	9	2	-	2	-
	Desvio-padrão	3	2	2	1	-	1	-
2016	Mínimo	19	1	10	1	-	4	-
	Máximo	34	33	31	4	1	14	-
	Média	26	8	13	2	-	6	-
	Desvio-padrão	4	7	5	1	-	3	-
2017	Mínimo	18	2	9	1	-	2	-
	Máximo	28	9	12	4	1	6	1
	Média	24	6	10	2	-	4	-
	Desvio-padrão	3	2	1	1	-	1	-
2018	Mínimo	17	3	9	1	-	-	-
	Máximo	29	9	17	3	1	5	-
	Média	21	6	12	1	-	2	-
	Desvio-padrão	12	5	6	1	-	2	-
2019	Mínimo	16	4	10	1	0	1	-
	Máximo	32	13	16	4	1	7	-
	Média	25	6	13	2	0	3	-
	Desvio-padrão	5	2	2	1	0	2	-

5.5.1.3. Análise Quantitativa

A densidade celular do fitoplâncton total, nanoplâncton e microfitoplâncton por profundidade de cada estação é apresentada na **Tabela 13**. Como mencionado anteriormente a avaliação do nanoplâncton permite a discussão em termos quantitativos, em detrimento às abordagens qualitativas, visto que os organismos são



identificados somente em grandes grupos e por vezes, caso da atual campanha, não é possível identificar táxon algum.

O fitoplâncton total apresentou densidade celular entre $3,0 \cdot 10^6$ (estação 7 - ACTC) a $8 \cdot 10^6$ cel/L (estação 5 - TC), com média de $5,49 \cdot 10^6$ cel/L (DP – $1,24 \cdot 10^6$ cel/L). Não foi observada diferença significativa (Kruskal-Wallis, $p < 0,01$) entre a densidade das estações nos raios de 200, 500 e 1.000 m do FPSO ($p = 0,3012$). Destacam-se os maiores valores de nanoplâncton em relação ao microfitoplâncton, Nybakken & Bertness (2005) citaram que a dominância numérica do nanoplâncton é uma característica associada a águas oligotróficas, pois células maiores do microplâncton prevalecem em águas mais ricas em nutrientes, onde a produção primária é mais intensa. O tamanho reduzido das células do nanoplâncton proporciona uma alta relação superfície/volume, aumentando a eficiência na assimilação de nutrientes, que é uma condição favorável em regiões oceânicas (Dugdale & Goering, 1967; Eppley *et al.*, 1969; Malone, 1971).

Tabela 13: Densidade celular (cel/L) total, do microfitoplâncton e do nanofitoplâncton das cinco estações monitoradas durante a 9ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos.

Distância	Amostra	Camada	DENSIDADE		
			Total	Nanoplâncton	Microfitoplâncton
200 m	1	SUP	6.220.462	6.206.767	13.695
		ACTC	5.040.337	5.030.394	9.943
		TC	5.286.627	5.276.872	9.755
	3	SUP	7.237.223	7.215.086	22.137
		ACTC	4.553.823	4.533.703	20.120
		TC	6.132.897	6.117.138	15.758
500	5	SUP	5.233.101	5.209.651	23.450
		ACTC	3.949.535	3.928.712	20.824
		TC	7.996.678	7.965.724	30.954
	7	SUP	5.472.503	5.444.925	27.577
		ACTC	3.015.871	3.002.551	13.320
		TC	4.565.203	4.537.438	27.765
1.000 m	10	SUP	5.474.733	5.456.129	18.604
		ACTC	5.895.371	5.881.864	13.507
		TC	6.233.166	6.217.970	15.196
Mínimo			3.015.871	3.002.551	9.755
Máximo			7.996.678	7.965.724	30.954
Média			5.487.169	5.468.328	18.840
Desvio Padrão			1.240.269	1.238.489	6.603

As densidades do fitoplâncton na atual campanha mantiveram-se dentro dos intervalos observados nas campanhas pretéritas, com predominância de valores na ordem de grandeza 10^6 (Tabela 14). Os principais fatores que afetam a abundância de organismos pelágicos são a predação e a limitação de recursos, variando em função de fatores como sazonalidade, proximidade da costa e até a mistura vertical e horizontal das massas de água provocadas por vórtices de mesoescala (Berglund *et al.*, 2005; Calbet *et al.*, 2001; Huang *et*



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

Tabela 14: Densidade do fitoplâncton total (10^6 cel/L) registradas nas Campanhas de Monitoramento Ambiental realizadas no entorno do FPSO Espírito Santo.

Campanha	Mínimo	Máximo
2011	0,4	0,9
2012	0,7	2,4
2013	2,6	5
2014	0,8	2,7
2015	1,6	4,9
2016	2,8	6,8
2017	1,74	8,97
2018	1,31	5,15
2019	3,02	7,99

Os valores de densidade do nanofitoplâncton variaram entre 3.10^6 (estação 7 – TC) e $7,96.10^6$ cel/L (estação 5 – TC), conforme a **Figura 39**. Não foram identificadas diferenças significativas (Kruskal-Wallis, $p < 0,05$) na densidade do nanoplâncton entre as amostras a 200, 500 e 1.000 m do FPSO ($p = 0,3012$).

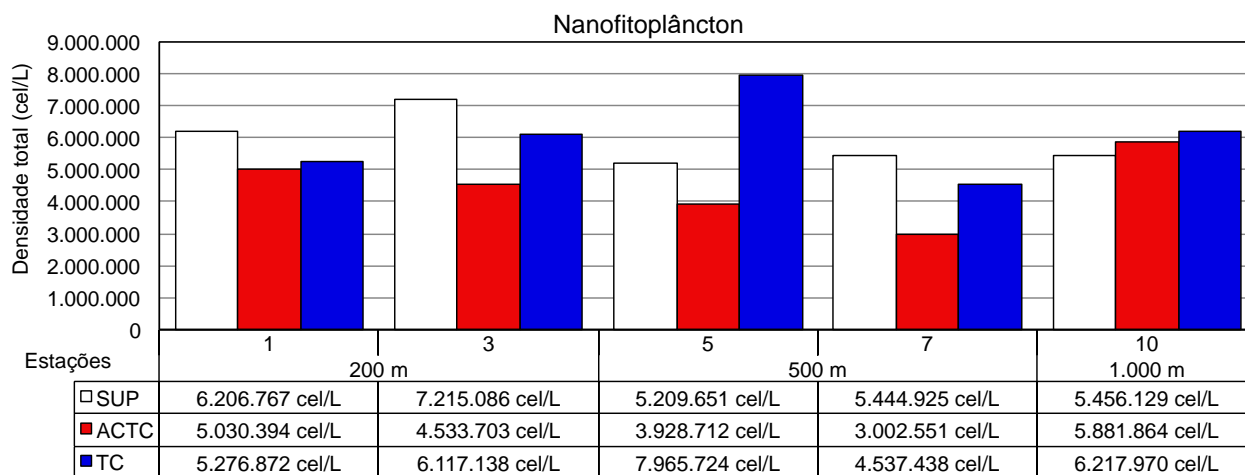


Figura 39: Densidade celular (cel/L) do nanofitoplâncton no entorno do FPSO Espírito Santo durante a 9ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos.

A distribuição da densidade total do microfitoplâncton ($> 20 \mu\text{m}$) variou de $9,76.10^3$ (estação 1 - TC) a $30,6.10^3$ cel/L (estação 5 - TC), conforme a **Figura 40**. Não foram observadas diferenças significativas (Kruskal-Wallis, $p < 0,01$) entre as amostras localizadas a 200, 500 e 1.000 m do ponto de descarte do FPSO para o microfitoplâncton ($p = 0,0814$). De modo geral, os resultados foram similares ao observado em regiões



oceânicas, com variações na ordem de 10^2 a 10^4 cel/L já registradas em regiões oceânicas do Atlântico Sul (Brandini *et al.*, 1997; Eynaud *et al.*, 1999; Cupelo, 2000).

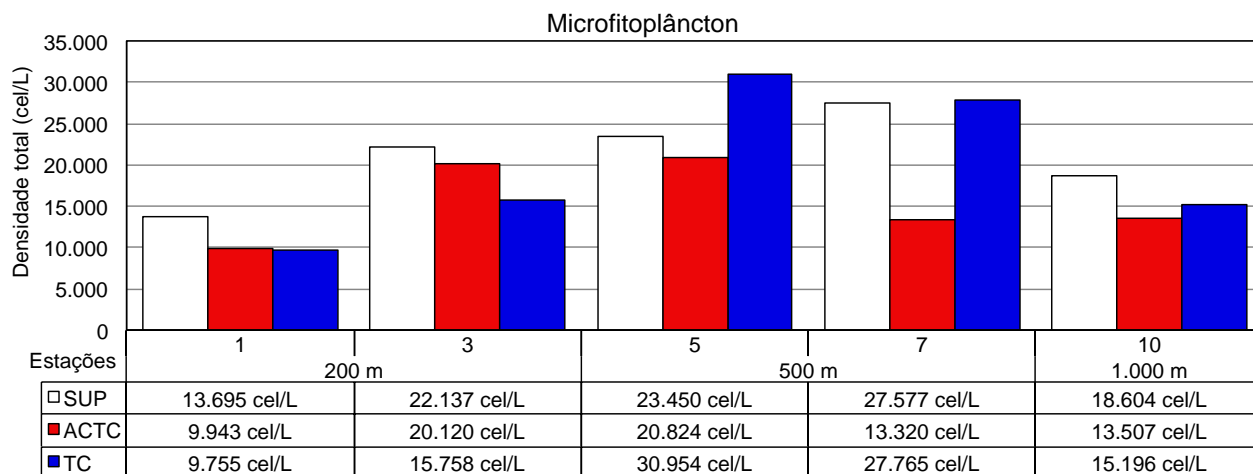


Figura 40: Densidade celular do microfitoplâncton (cel/L) nas cinco estações monitoradas durante a 9ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos.

No que diz respeito à densidade celular, as algas cianofíceas foram o grupo que apresentou as maiores contribuições para a densidade total (média de 8.646 cel/L) seguidos dos dinoflagelados (média de 7.500 cel/L), das diatomáceas (média de 2.045 cel/L) e dos cocolitoforídeos (média de 646 cel/L), com os silicoflagelados, presentes em apenas uma amostra, apresentando uma média de 3 cel/L (**Tabela 15**). Entre as amostras, a única exceção foi verificada na estação 1 – TC, onde a densidade de diatomáceas superou tanto a de cianofíceas quanto as de dinoflagelados (**Figura 41**).

Tabela 15: Densidade celular (cel/L) do microfitoplâncton total e das categorias taxonômicas identificadas nas cinco estações monitoradas durante 9ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos.

Distância	Amostra	Camada	MICROFITOPLÂNTON					Total
			Ciano-bactérias	Dino-flagelados	Diatomáceas	Cocolito-forídeos	Silico-flagelados	
200 m	1	SUP	6.566	6.472	469	188	0	13.695
		ACTC	3.658	5.253	563	469	0	9.943
		TC	2.314	2.376	4.377	688	0	9.755
	3	SUP	12.382	7.504	1.876	375	0	22.137
		ACTC	14.164	3.283	1.688	938	47	20.120
		TC	7.504	5.065	2.064	1.126	0	15.758
500 m	5	SUP	11.819	8.630	2.439	563	0	23.450
		ACTC	7.879	10.130	2.626	188	0	20.824
		TC	10.318	15.758	3.189	1.688	0	30.954
	7	SUP	16.790	7.598	2.720	469	0	27.577
		ACTC	5.159	6.660	1.313	188	0	13.320
		TC	10.881	14.445	1.876	563	0	27.765
1.000 m	10	SUP	10.412	6.191	1.626	375	0	18.604
		ACTC	4.409	7.692	1.126	281	0	13.507
		TC	5.440	5.440	2.720	1.595	0	15.196



Tabela 15: Densidade celular (cel/L) do microfitoplâncton total e das categorias taxonômicas identificadas nas cinco estações monitoradas durante 9ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos.

Distância	Amostra	Camada	MICROFITOPLÂNCTON					Total
			Ciano-bactérias	Dino-flagelados	Diatomáceas	Cocolito-forídeos	Silico-flagelados	
	Mínimo		2.314	2.376	469	188	0	9.755
	Máximo		16.790	15.758	4.377	1.688	47	30.954
	Média		8.646	7.500	2.045	646	3	18.840
	Desvio Padrão		4.169	3.659	1.020	485	12	6.603

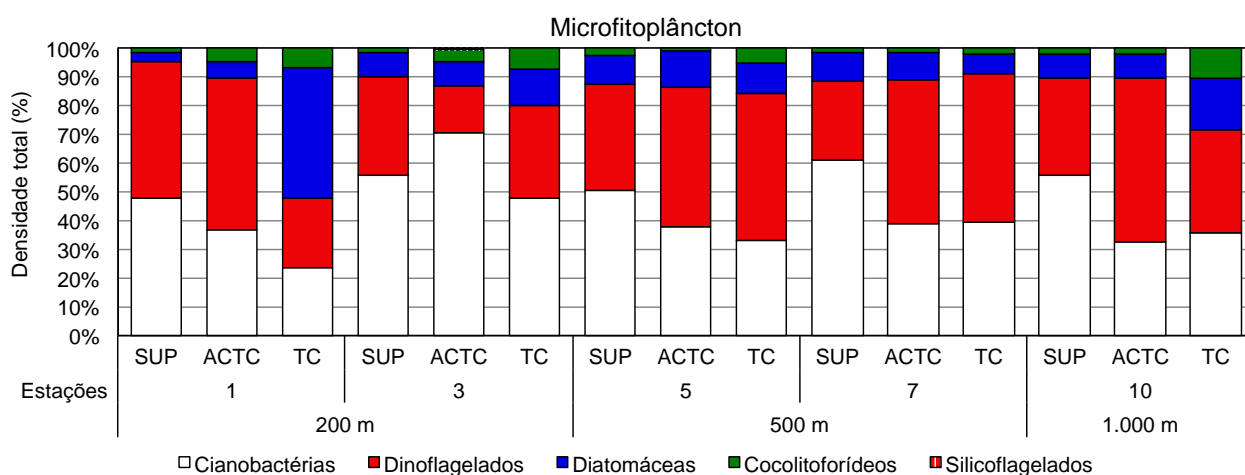


Figura 41: Contribuição percentual das categorias taxonômicas na densidade do microfitoplâncton no entorno da FPSO Espírito Santo durante a 9ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos.

A **Tabela 16** lista os dez táxons mais abundantes encontrados na atual campanha por grandes grupos. Destaca-se que estes táxons também apresentaram elevada densidade nas campanhas pretéritas. Em termos de táxons de elevada densidade, os organismos da ordem Nostocales foram os mais representativos no grupo das cianofíceas e de maneira geral na atual campanha. Alguns autores destacam que as cianobactérias poderiam dominar o plâncton marinho tropical e subtropical, pois possuem grande capacidade de fixar nitrogênio, além de possuírem vacúolos de gás (aerótopos) para regular sua flutuabilidade na coluna de água e assim manter seus filamentos na zona eufótica. O fato de se apresentarem como florações em alguns momentos ou apenas como uma fração do microfitoplâncton em alguns momentos em outros, sugere que a população sofre algum tipo de limitação, provavelmente relacionada com o hidrodinamismo local das áreas oceânicas e/ou pressão de pastagem (Carpenter, 1983; Carpenter *et al.*, 1987; Capone *et al.*, 1997.; Villareal & Carpenter, 1990, 2003). A predominância de cianofíceas nessa região corrobora com a presença da ACAS, de maneira sazonal (verão), enriquecendo nutricionalmente a zona eufótica (Yoneda *et al.*, 1999).

Os dinoflagelados que mais se destacaram foram os morfotipos Gymnodiniales, com dimensões entre 20 a 50 µm, individualizados sob as formas, “arredondada” (1A), “bicônica” (2A), “ovoide” (3A) e “oblonga” (4A).



Destaca-se que a identificação em nível específico destes morfotipos não é possível em análise de rotina, devido ao pequeno porte ($< 50 \mu\text{m}$) e à deformação das tecas após o uso do fixador. Acredita-se que a maior parte dos dinoflagelados da ordem Gymnodiniales, observados em regiões oceânicas, sejam heterotróficos (Gómez, 2007), já que sob condições de limitações de nutrientes eles prevalecem sob os dinoflagelados tipicamente autotróficos (Chang *et al.*, 2003). Dentre as estratégias adaptativas que faz com que os dinoflagelados sejam bem sucedidos em regiões oligotróficas, como a do atual estudo, pode-se citar a capacidade das células assimilarem os nutrientes em camadas mais profundas e se deslocarem para a superfície para a captação da luz e realização da fotossíntese (Margalef, 1978). Há ainda a capacidade de realizar mixotrofia ou heterotrofia para superar condições de limitação de nutrientes e a presença de flagelos que contribui para um deslocamento, mesmo que restrito, na coluna de água (Smayda & Reynolds, 2003).

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

Tabela 16: Dez táxons de maior densidade celular (cel/L) dentre o microfitoplâncton identificado nas cinco estações monitoradas durante a 9ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos. Os valores de densidade apresentados referem-se à média dos resultados das amostras (estações/profundidades).

Grupo	Táxon	Densidade (cel/L)	Contribuição
Cianofíceas	Ordem Nostocales	126.067	44,6%
Dinoflagelados	Gymnodiniales 2A	31.095	11,0%
	Gymnodiniales 3A	24.028	8,5%
	Gymnodiniales 4A	22.528	8,0%
	Gymnodiniales 1A	10.490	3,7%
	<i>Heterocapsa</i> spp.	5.644	2,0%
Diatomáceas	Diatomácea penata 1A	8.974	3,2%
	<i>Cylindrotheca closterium</i>	5.065	1,8%
	<i>Hemiaulus hauckii</i>	4.221	1,5%
	Diatomácea penata 5A	3.627	1,3%
Cocolitoforídeos	<i>Discosphaera tubifer</i>	3.330	1,2%

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 dentre da comunidade fitoplanctônica, expressando riqueza (n° de táxons) e uniformidade.



Na **Figura 42** é possível observar que os valores dos índices de equitabilidade e de diversidade variaram pouco ao longo das estações e profundidades e também que a equitabilidade acompanhou as oscilações da diversidade, o que confere maior confiabilidade aos resultados obtidos. Altos valores no índice de equitabilidade em amostras com baixa diversidade específica indicam anomalias no índice de diversidade (Valentin *et al.*, 1991), o que não foi observado neste estudo. O índice de diversidade de Shannon variou entre 2,15 a 3,95 bits/ind (estações 3 – ACTC e estação 1 – TC, respectivamente), com média de 3,07 e desvio-padrão de 0,46 bits/ind. O índice de equitabilidade variou de 0,43 a 0,80 (estações 3 - ACTC e estação 1 – TC, respectivamente), com média de 0,67 e desvio-padrão de 0,10 bits/ind.

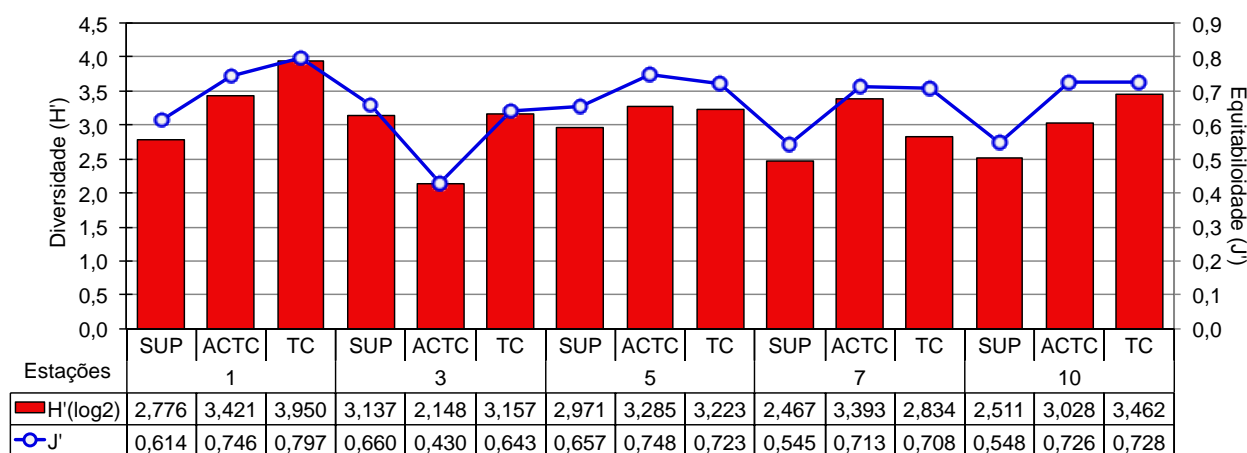


Figura 42: Índice de diversidade (H') e de equitabilidade (J') da comunidade fitoplanctônica das cinco estações monitoradas na 9ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos.

Nas campanhas anteriores os índices de diversidade e equitabilidade demonstraram faixas relativamente amplas de variação, o que deve refletir as diferentes ordens de grandeza da densidade dos táxons dominantes em cada campanha, com os resultados da presente campanha se apresentando de acordo com a variabilidade observada nas campanhas anteriores (**Tabela 17**).

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

Campanha	Diversidade (bits/ind)	Equitabilidade
mar/2011	1,9 - 3,6	0,6 - 0,9
abr/2012	1,7 - 3,0	0,4 - 0,7
jan/2013	2,4 - 4,1	0,5 - 0,9
mar/2014	1,9 - 2,7	0,6 - 0,9
fev/2015	2,0 - 2,5	0,7 - 0,9
fev/2016	0,12 - 0,53	0,04 - 0,17
mar/2017	1,60 - 2,82	0,50 - 0,87
dez/2018	1,76 - 2,37	0,55 - 0,7
abr/2019	2,15 - 3,95	0,43 - 0,80



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 43**. O resultado dessa análise demonstrou homogeneidade na composição do fitoplâncton na área, visto que há uma mistura entre estações localizadas em diferentes distâncias em relação ao FPSO, bem como em diversas profundidades de amostragem.

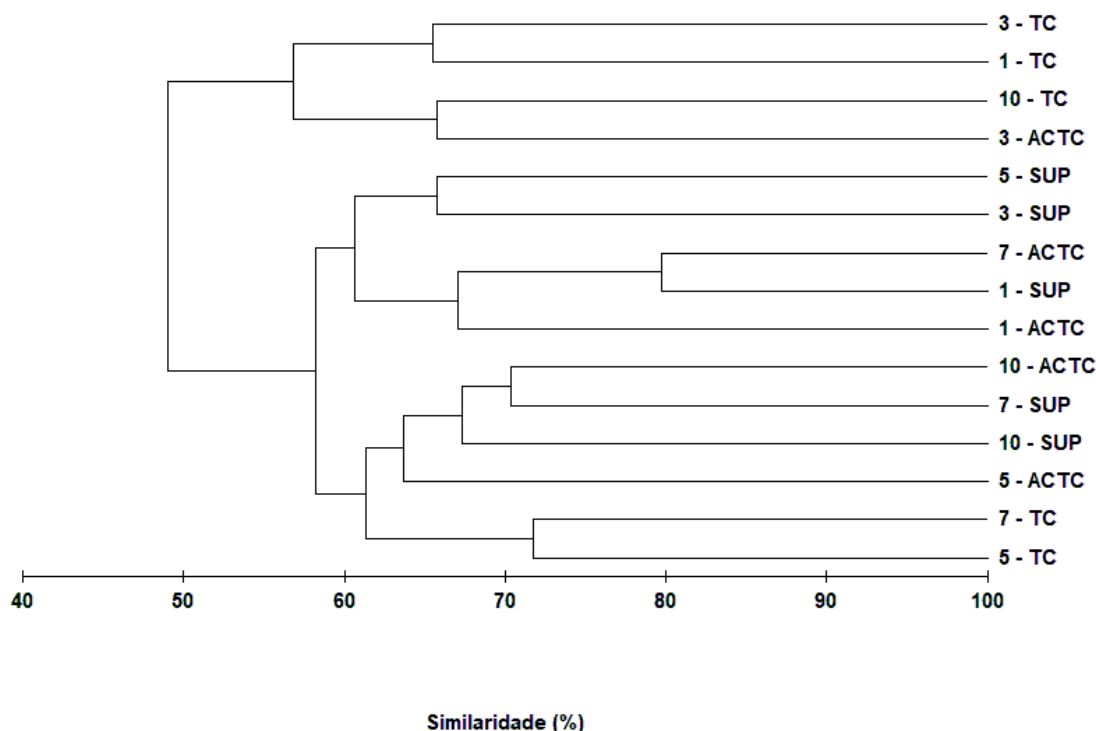


Figura 43: Análise de agrupamento das amostras através do índice de similaridade de Bray–Curtis nas cinco estações monitoradas durante a 9ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos.

5.5.2. Zooplâncton

5.5.2.1. Caracterização da comunidade

Na atual campanha de monitoramento foram identificados 103 táxons distintos do zooplâncton, dos quais 11 atingiram o nível de gênero e 63 o nível de espécie. Os táxons observados se distribuíram em diferentes grupos: do filo Rhizaria – a classe Foraminifera; do filo Cnidaria – a classe Hydrozoa e a ordem Siphonophorae; do filo Platyhelminthes – a classe Turbellaria; do filo Annelida – a classe Polychaeta; do filo Arthropoda – a classe Ostracoda, a infra-classe Cirripedia, a subclasse Copepoda, as ordens Stomatopoda, Mysida, Amphipoda, Euphausiacea e Decapoda, do filo Chordata – as classes Appendicularia e Thaliacea e os Ovos e



Larvas de Peixe, além dos filos Mollusca, Chaetognatha, Ctenophorae, Radiozoa e Echinodermata. Destaca-se que o número de táxons encontrado nas campanhas de monitoramento no Parque das Conchas oscilou entre 77 táxons (5ª campanha) e 119 táxons (na 1ª campanha). Na 2ª e 4ª campanhas foi identificado o mesmo número de táxons, 89, na 3ª campanha foram encontrados 106 táxons, na 6ª campanha 108 táxons, na 7ª campanha, 102 táxons e na campanha anterior (8ª), 79 táxons, de forma que a presente campanha apresentou a segunda maior riqueza taxonômica.

Os grupos que se destacaram com participação superior a 1% na atual campanha são os grupos Copepoda (46 táxons), Chaetognatha (18 táxons), Appendicularia (9 táxons), Thaliacea (6 táxons), Mollusca (5 táxons) e Decapoda (3 táxons), como pode ser visualizado na **Figura 44**, onde os demais grupos foram constituídos por apenas um táxon, sendo agrupados em “Outros”. Os organismos do zooplâncton podem ser divididos em holoplâncton, que são aqueles que possuem seu ciclo de vida completo no plâncton, e em meroplâncton, que passam somente uma parte da vida no plâncton (Morrissey & Sumich, 2012). Dentre os organismos do holoplâncton (maioria) identificados na atual campanha com maior número de táxons incluem-se os táxons Copepoda, Chaetognathas, Appendicularia, e Thaliacea, enquanto que os Mollusca e Decapoda representam os organismos do meroplâncton.

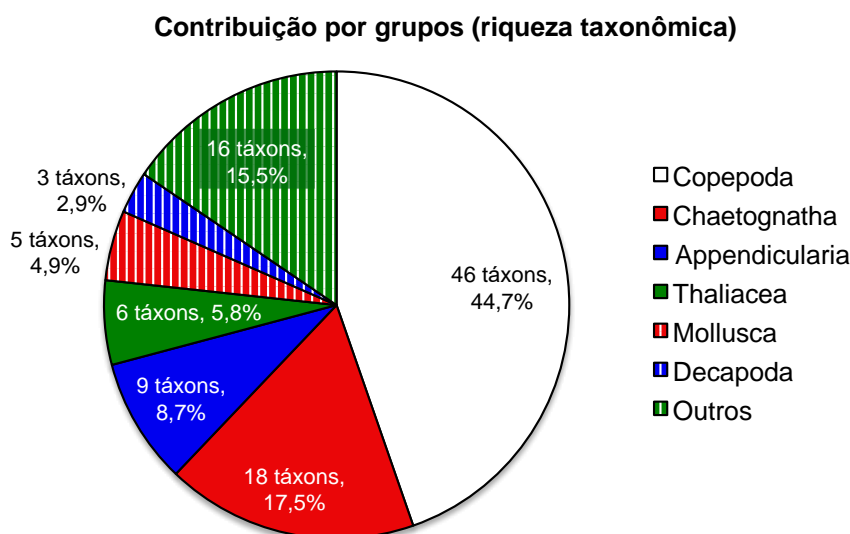


Figura 44: Contribuição média percentual das categorias taxonômicas do zooplâncton identificadas nas cinco estações monitoradas durante a 9ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos.

Quanto à variação espacial do número de táxons identificados, observa-se na **Figura 45** uma pequena variabilidade entre as estações, variando de 61 a 78 táxons distintos, sem padrão espacial definido que possa ser relacionado à distância do FPSO.

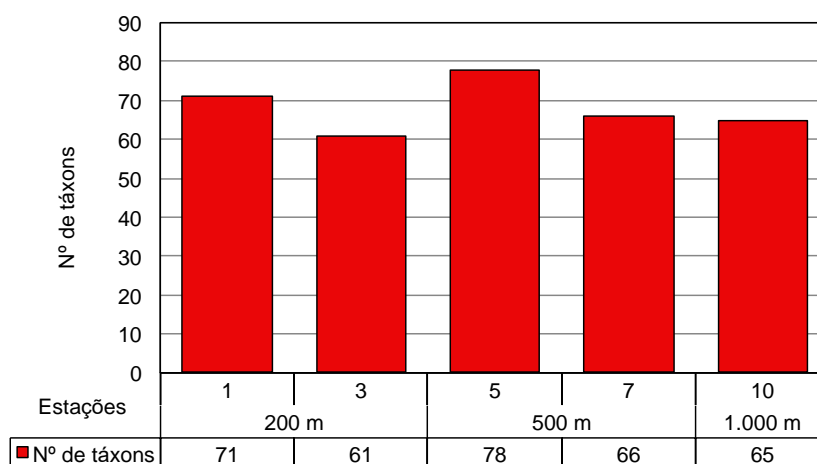


Figura 45: Número de táxon do zooplâncton nas cinco estações monitoradas durante a 9ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos.

Dentre os táxons identificados a maioria foi recorrente, onde 49 foram consideradas muito frequentes, dos quais 8 ocorreram em 4 estações e 41 em todas as estações. Entre os táxons muito frequentes identificados em níveis superiores, cita-se com 100% de FO: o filo Echinodermata, as classes Foraminifera, Hydrozoa, Gastropoda, Bivalvia, Polychaeta (larvas) e Ostracoda (Decapoda), as ordens Amphipoda, Siphonophorae, Calanoida (Copepoda) e Euphausiacea (Decapoda), além de larvas de peixes. Salienta-se que os níveis superiores podem englobar vários táxons distintos, o que influi diretamente na frequência.

A **Tabela 18** 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 **Tabela 19** estão listados os táxons com frequência de ocorrência superior a 70% (muito frequentes) nas últimas campanhas e também na atual, sendo verificada no estudo atual a ocorrência de seis novos táxons classificados como frequentes: os Chaetognata *Caecosagitta macrocephala*, *Decipisagitta* spp. e *Sagitta bipunctata*, os Copepoda *Oithona* spp. e *Oncaea* spp. e o Thaliacea *Pyrosoma atlanticum*.



Tabela 18: Táxons muito frequentes (FO>70%) durante a 9ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos (considerados apenas os níveis família, gênero e espécie).

Grupo	Táxons Frequentes	Freq. de Ocorrência
Copepoda	Scolecitrichidae	80%
	Calanidae	100%
	Calanoida	100%
	Calanoida danificados	60%
	<i>Calocalanus</i> spp.	60%
	Clausocalanidae	100%
	<i>Clausocalanus furcatus</i>	100%
	<i>Farranulla gracilis</i>	80%
	<i>Lucicutia flavicornis</i>	60%
	<i>Macrosetella gracilis</i>	100%
	<i>Nannocalanus minor</i>	100%
	<i>Oithona similis</i>	80%
	<i>Oithona</i> spp.	80%
	<i>Oncaea</i> spp.	100%
	<i>Oncaea venusta</i>	100%
	<i>Oncaea venusta venella</i>	100%
	<i>P.-Calanus</i> sp.	100%
	<i>Pleuromamma abdominalis</i>	60%
	<i>Pleuromamma</i> spp.	60%
	<i>Scolecithrix danae</i>	60%
	<i>Temora stylifera</i>	100%
	<i>Triconia</i> cf. <i>conifera</i>	60%
	<i>Undinula vulgaris</i>	100%
Chaetognatha	<i>Caecosagitta macrocephala</i>	60%
	<i>Decipisagitta decipiens</i>	100%
	<i>Decipisagitta</i> spp.	100%
	<i>Ferosagitta hispida</i>	60%
	<i>Flaccisagitta enflata</i>	100%
	<i>Flaccisagitta hexaptera</i>	100%
	<i>Krohnitta mutabbii</i>	80%
	<i>Krohnitta subtilis</i>	100%
	<i>Parasagitta friderici</i>	100%
	<i>Pterosagitta draco</i>	100%
	<i>Sagitta bipunctata</i>	60%
	<i>Sagitta helenae</i>	100%
Appendicularia	<i>Serratosagitta serratodentata</i>	100%
	<i>Oikopleura cophocerca</i>	60%
	<i>Oikopleura fusiformis</i>	100%
	<i>Oikopleura intermedia</i>	80%
	<i>Oikopleura longicauda</i>	100%
Mollusca	<i>Oikopleura rufescens</i>	80%
	Bivalvia (larvas)	100%
	Gastropoda	100%
	Pterotracheoidea (Heterópodes)	60%
Decapoda	Thecosomata (Pterópodes)	100%
	Brachyura	100%
	Decapoda	100%



Decapoda	Luciferidae	100%
Thaliacea	<i>Doliolum nationalis</i>	100%
	<i>Pyrosoma atlanticum</i>	80%
	<i>Thalia democratica</i>	100%

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

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



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

Táxon/Campanha	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
<i>Pleuromamma spp.</i>						X			X
<i>Sagitta helenae</i>								X	X
<i>Scolecithrix danae</i>					X				X
<i>Caecosagitta macrocephala</i>									X
<i>Clausocalanus brevipes</i>						X			
<i>Decipisagitta spp.</i>									X
<i>Doliolina mülleri</i>						X			
<i>Fritillaria tenella</i>			X						
<i>Mesosagitta minima</i>	X								
<i>Neocalanus gracilis</i>						X			
<i>Oithona setigera</i>	X								
<i>Oithona spp.</i>									X
<i>Oncaea spp.</i>									X
<i>Pseudevadne tergestina</i>								X	
<i>Pyrosoma atlanticum</i>									X
<i>Sagitta bipunctata</i>									X
<i>Salpa fusiformis</i>	X								

5.5.2.2. Análise Quantitativa

A densidade do zooplâncton oscilou entre 88,68 ind/m³ (estação 5) e 697,56 ind/m³ (estação 7), com densidade média e desvio padrão iguais a 430,06 ind/m³ e 226,76 ind/m³, respectivamente. A menor e maior densidade ocorreu no raio de 500 m, não sendo verificado, portanto um claro padrão de distribuição (**Figura 46**). De maneira geral, o zooplâncton apresentou uma ampla variabilidade na densidade quando comparado às campanhas anteriores, sendo que as densidades na atual campanha alcançaram os maiores valores já obtidos durante este monitoramento (**Tabela 20**). Ressalta-se que oscilações verificadas, tanto entre estações de uma mesma campanha quanto entre campanhas podem ser explicadas pela distribuição em manchas do zooplâncton, comumente reportada pela literatura (Coyle & Hunt, 2000; Folt & Burns Jr, 1999).

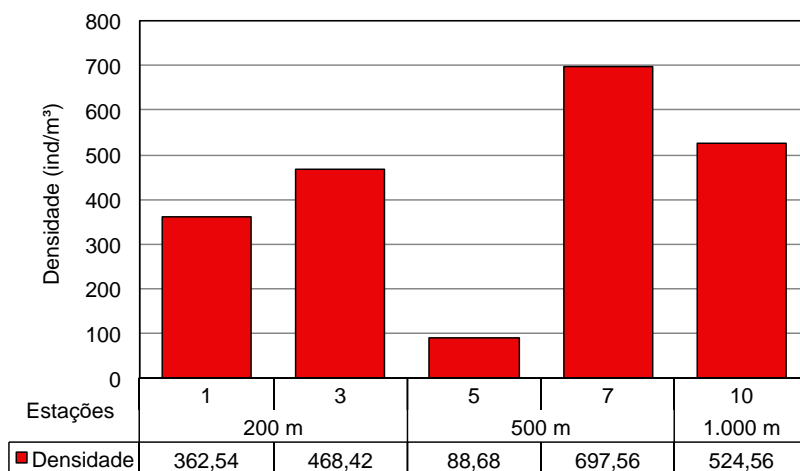


Figura 46: Densidade do zooplâncton nas cinco estações monitoradas durante a 9ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos.

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

Campanha	Densidade (ind./m³)	
	Mín	Máx
2011	184,32	408,1
2012	108,49	298,79
2013	237,38	302,02
2014	68,04	283,41
2015	232,02	622,19
2016	76,46	169,46
2017	220,82	458,97
2018	191,87	581,12
2019	88,68	697,56

Em relação à distribuição taxonômica, o grupo dos Copepoda foi o mais abundante, contribuindo com 84% da abundância observada em toda a campanha. Os outros grupos que contribuíram com mais de 1% de toda a campanha foram do maior para o menor, Thaliacea (1%), Chaetognata e Appendicularia (2%) e Mollusca (9%). A distribuição dos táxons apresentou relativa variabilidade entre as estações, com uma densidade composta em mais de 93% de Copepoda e menos de 1% de Mollusca na estação 1 e percentuais de Mollusca próximos a 1% na estação 5 (Tabela 21 e Figura 47).

Tabela 21: Densidade zooplancônica total e por grupos (com participação >1%) (ind/m³) durante a 9ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos.

Distância	Estação	Copepoda	Mollusca	Appendicularia	Chaetognatha	Thaliacea	Outros (<1%)	Total
200 m	1	342,77	2,57	4,57	4,11	2,35	9,12	365,50
	3	345,49	67,18	22,13	19,07	8,83	5,72	468,42



Tabela 21: Densidade zooplanctônica total e por grupos (com participação >1%) (ind/m³) durante a 9ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos.

Distância	Estação	Copepoda	Mollusca	Appendicularia	Chaetognatha	Thaliacea	Outros (<1%)	Total
500 m	5	73,23	1,17	3,99	4,11	1,86	4,31	88,68
	7	594,26	70,92	9,11	9,03	8,97	10,83	703,12
1.000 m	10	453,46	56,81	1,67	1,74	2,51	8,37	524,56
Mínimo		73,23	1,17	1,67	1,74	1,86	4,31	88,68
Máximo		594,26	70,92	22,13	19,07	8,97	10,83	703,12
Média		361,84	39,73	8,30	7,61	4,91	7,67	430,06
Desvio Padrão		191,27	34,95	8,19	6,94	3,65	2,63	226,76

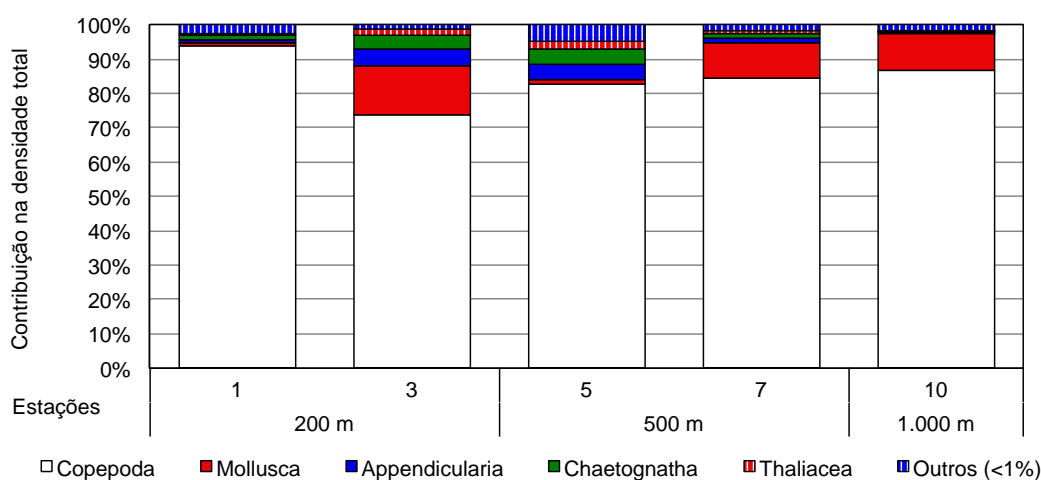


Figura 47: Abundância relativa (%) dos grupos dominantes coletados nas cinco estações monitoradas durante a 9ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos.

Os copépodes identificados na atual campanha estiveram distribuídos em 11 famílias, das quais as mais abundantes foram Oncaeidae, Calanidae, Clausocalanidae, Miraciidae, Scolecitrichidae, Oithonidae e Corycaidae. Ocorreram ainda as famílias Candacidae, Centropagidae, Acartiidae, Aetideidae, Euchaetidae, Fossagenidae, Lucicutiidae, Metridinidae, Paracalanidae, Pontellidae e Temoridae, porém com contribuições inferiores a 3%, de forma que foram agrupadas como “outros” na **Figura 48**. As espécies com maiores densidades foram *Undinula vulgaris*, *Oncaea venusta*, *Clausocalanus furcatus* e *Macrosetella gracilis* (**Tabela 22**). Tais espécies são comuns na área de estudo, sendo associadas a águas quentes e amplamente distribuídas em todos os oceanos com elevada abundância em regiões oceânicas (Esna, 1999; Campos, 2000; Bonecker & Carvalho, 2006; Bonecker *et al.*, 2006). Quanto aos grupos meroplânctônicos, os moluscos foram os mais abundantes (197,94 ind/m³), sendo representados por larvas de bivalves, gastrópodes, pterópodes, heterópodes e cefalópodes, sem maior detalhamento taxonômico.

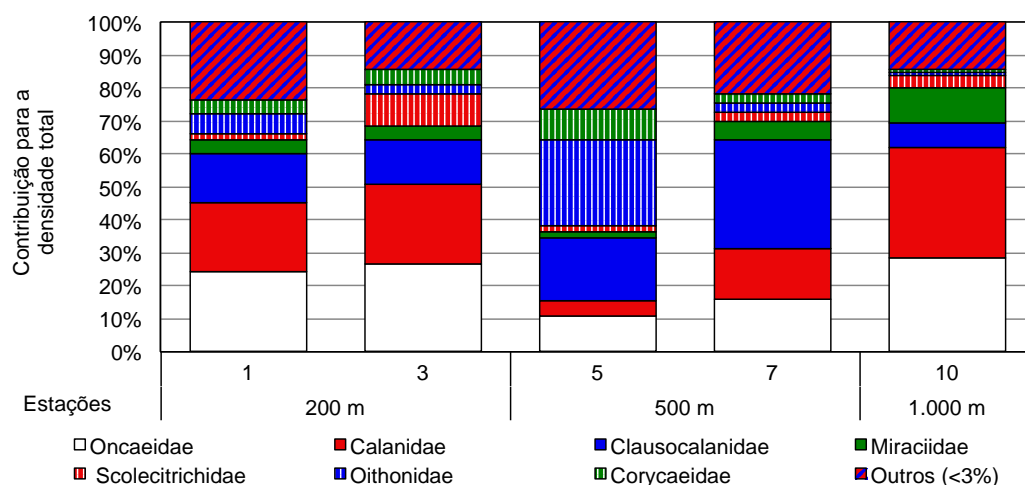


Figura 48: Abundância (%) dos copépodes dominantes coletados nas cinco estações monitoradas durante a 9ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos.

Tabela 22: Táxons de maior densidade na comunidade zooplancônica coletada durante a 9ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos.

Táxon		Densidade (ind/m ³)
Mollusca	Gastropoda	197,94
Copepoda	<i>Undinula vulgaris</i>	281,59
	<i>Oncaea venusta</i>	227,49
	<i>Clausocalanus furcatus</i>	207,43
	Clausocalanidae	129,12
	<i>Macrosetella gracilis</i>	111,24
	<i>Oncaea</i> spp.	86,01
	Calanoida	68,23
	<i>Oncaea venusta venella</i>	66,42
	<i>P.-Calanus</i> sp.	65,11

5.5.2.3. Estrutura da Comunidade

Os valores do índice de diversidade nas estações da atual campanha variaram entre 4 (estação 10) e 4,8 bits/ind (estação 5), com média de 4,4 bits/ind (DP – 0,31 bits/ind). Os valores de equitabilidade variaram de 0,67 a 0,77 (também nas estações 10 e 5, respectivamente), com média e desvio-padrão iguais a 0,70 e 0,04, respectivamente (**Figura 49**).

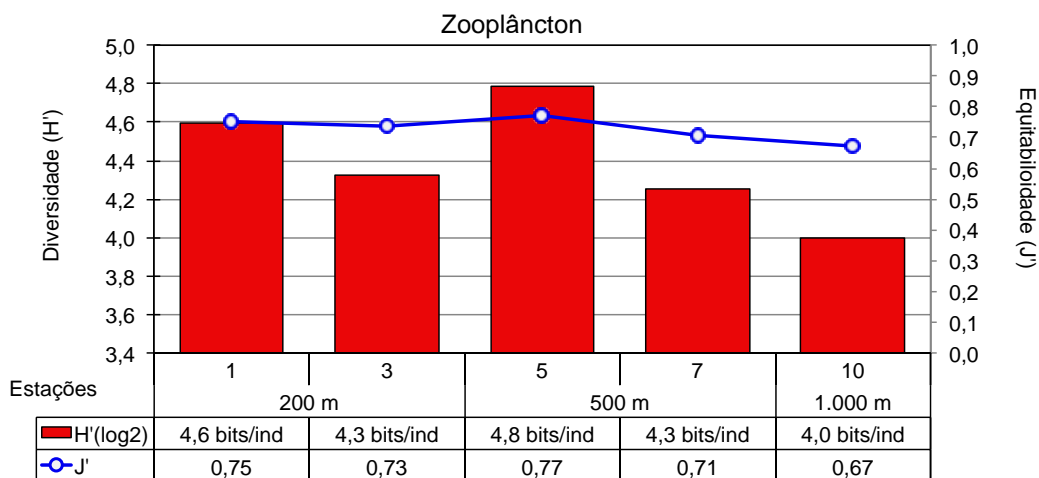


Figura 49: Índice de diversidade e de equitabilidade da comunidade zooplancônica das cinco estações monitoradas na 9ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos.

Na **Tabela 23** observam-se os valores dos índices referentes à atual e às campanhas pretéritas deste PMA. O valor de diversidades da atual campanha alcançou o maior valor do período monitorado, enquanto que a equitabilidade apresentou resultados dentro da variabilidade observada nas campanhas anteriores. O menor valor de equitabilidade verificado em 2015 não pode ser considerado baixo, visto que o índice varia de 0 a 1.

Tabela 23: Valores de diversidade e equitabilidade da comunidade zooplancônica nas nove últimas Campanhas de Monitoramento Ambiental realizadas no entorno do FPSO Espírito Santo.

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

A análise de agrupamento mostrou que a estação 5 separou das demais por ter apresentado uma maior diversidade de espécies, enquanto as demais estações apresentaram similaridade superior a 60% (**Figura 50**). A alta similaridade entre estações a 200 (1 e 3) 500 (7) e 1.000 m (estação 10) reflete a ausência de interferência das atividades do FPSO nos resultados.

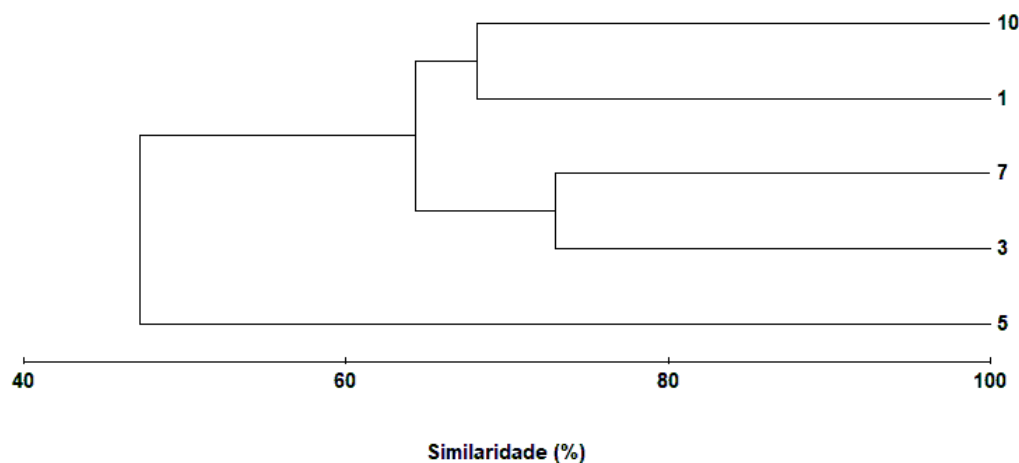


Figura 50: Análise de agrupamento das amostras através do índice de similaridade de Bray–Curtis nas cinco estações monitoradas durante a 9ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos.

5.5.3. Ictioplâncton

5.5.3.1. Caracterização da comunidade

Na atual campanha de monitoramento realizada no Parque das Conchas a identificação taxonômica compreendeu 28 famílias, 21 gêneros e 24 espécies de larvas de peixes. As larvas de peixe encontradas se distribuíram em 17 ordens distintas, são elas: Anguilliformes, Aulopiformes, Carangiformes, Gadiformes, Gobiiformes, Holocentriformes, Labriformes, Myctophiformes, Notacanthiformes, Perciformes, Pleuronectiformes, Scombriformes, Scorpaeniformes, Stomiiformes, Syngnathiformes, Tetraodontiformes e Trachiniformes. Na campanha realizada em 2018 (8ª campanha) foram identificados 33 táxons compreendendo, 20 famílias e 13 espécies de larvas de peixes, seguido de 23 famílias e 23 espécies (7ª campanha), 23 famílias e 37 espécies (6ª campanha), 28 famílias e 24 espécies (5ª campanha), 20 famílias e 27 espécies (na 4ª campanha), 25 famílias e 32 espécies (na 3ª campanha), 31 famílias e 51 espécies (na 2ª campanha) e 30 famílias e 39 espécies (na 1ª campanha), de forma que os resultados obtidos nesta 9ª campanha estão de acordo com a riqueza observada nas campanhas anteriores.

A **Figura 51** mostra as famílias de larvas identificadas que mais contribuíram para a campanha como um todo, onde a categoria “outros” engloba as famílias com contribuição de apenas um táxon. A família Myctophidae esteve entre o maior número de táxons, seguido das famílias Phosichthyidae e Gobiidae (3 táxons de cada família). As demais famílias que apresentaram dois táxons foram Gonostomatidae, Paralepididae, Carangidae, Bothidae, Scaridae e Tetraodontidae. As larvas da família Myctophidae também se destacaram em termos de diversidade taxonômica em outros trabalhos desenvolvidos nas costas sudeste e sul brasileira

(Katsuragawa *et al.*, 1993; Nonaka *et al.*, 2000), com destaque para a associação realizada à presença da massa d'água AT realizada por Lopes (2006), igualmente ao ocorrido no presente estudo.

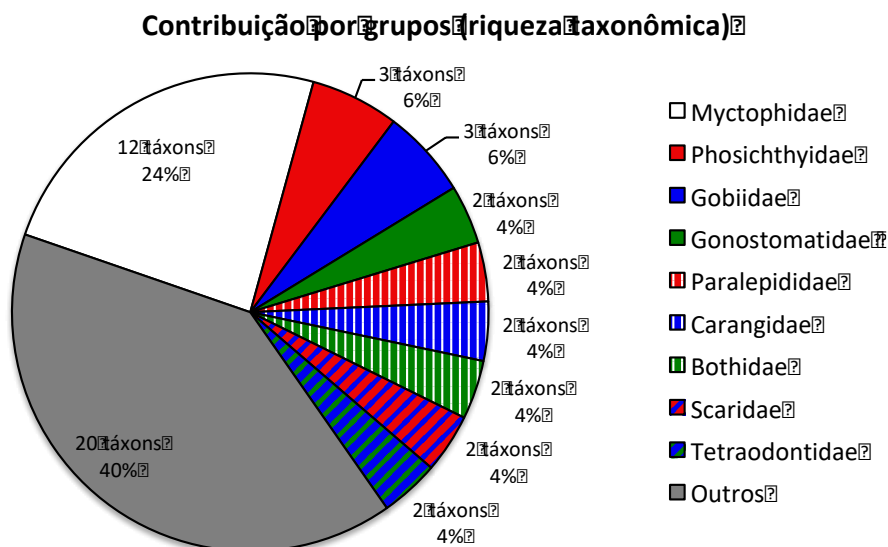


Figura 51: Contribuição percentual do número de táxons por grupos do ictioplâncton identificados nas redes de 330 e 500 µm (A e B, respectivamente) durante a 9ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos. *Soma de táxons de famílias com no máximo 2 táxons cada, além dos anquiliformes e das larvas não identificados.

Os ovos de peixe observados não foram identificados a nível taxonômico. Ressalta-se que em estudos sobre comunidade ictioplânctônica, em geral, os ovos não são identificados com tal detalhamento devido a pouca literatura com a descrição desse estágio de desenvolvimento.

Comparando os resultados de ovos de peixes, nas 1ª, 2ª, 4ª, 5ª, 6ª, 7ª e 8ª campanhas, ocorreram somente ovos não identificados, enquanto na 3ª campanha foram identificados ovos da família Sternoptychidae (*Maurolicus stehmanni*) e da ordem Beloniformes, além de ovos não identificados.

Em relação à distribuição espacial dos táxons de larvas identificados, foram identificados entre 10 táxons (estação 3) e 29 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 influencia do FPSO sobre a distribuição do número de táxons (**Figura 52**).

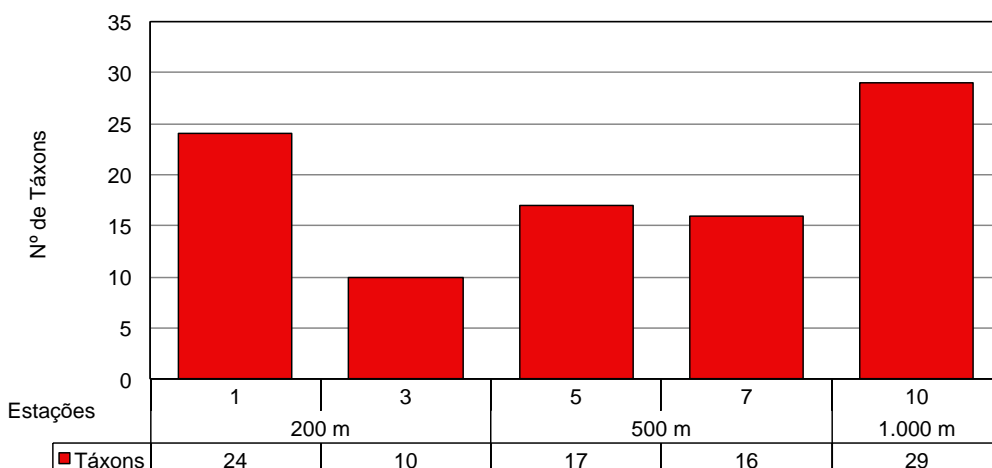


Figura 52: Número de táxons em cada estação no entorno do FPSO Espírito Santo durante a 9ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos.

A análise da frequência de ocorrência mostra que entre os 50 táxons identificados, 17 (34%) foram considerados frequentes (de 2 a 3 amostras FO entre 40 e 70%) e 26 (52%) como pouco frequentes (apenas uma amostra, FO abaixo de 40%). Na Erro! Fonte de referência não encontrada. são apresentados os sete táxons que foram classificados como muito frequentes (4 a 5 amostras, FO acima de 70%). Dentre as espécies muito frequentes, destaca-se *Diaphus* spp. (Myctophidae), *Vinciguerria nimbaria* (Phosichthyidae) e *Sparisoma* sp. (Scaridae), encontradas em todas as amostras, sendo estas espécies recorrentes entre as campanhas de monitoramento.

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

Grupo	Táxon	FO
Myctophidae	Myctophidae	100,0%
	<i>Diaphus</i> spp.	100,0%
	<i>Myctophum</i> sp.	80,0%
	<i>Lepidophanes</i> spp.	80,0%
Phosichthyidae	<i>Vinciguerria nimbaria</i>	100,0%
	<i>Pollichthys mauli</i>	80,0%
Scaridae	<i>Sparisoma</i> sp.	100,0%

5.5.3.2. Análise Quantitativa

Apenas um ovo de peixe foi verificado na presente campanha (estação 5, densidade de 0,19 ovos/100m³). Em campanhas oceanográficas de verão e inverno na região de Cabo Frio (isóbata entre 100 e >2.000 m), Lopes (2006) encontrou valores médios iguais a 12,43 e 0,35 ovos/100m³, respectivamente, incluindo valor mínimo igual a zero ovos/100m³ nas duas estações do ano. Já Franco & Muelbert (2003) encontraram abundância de ovos variando entre 0,08 e 0,71 ovos/100m³ na quebra da plataforma do Sul do Brasil, com



valor médio igual a 0,16 ovos/100m³. Logo, as variações na abundância de ovos de ictioplâncton observadas na atual campanha revelam um comportamento natural e não pode ser associado a impacto oriundo do descarte de água produzida pelo FPSO Espírito Santo.

As densidades de larvas de peixes variaram de 8,69 larvas/100m³ (estação 5) a 38,97 larvas/100m³ (estação 1), conforme a **Figura 53**. Não é possível observar um padrão de distribuição em relação ao ponto de descarte do FPSO, visto que as estações localizadas no raio de 200 m apresentaram valores acima e abaixo do verificado na estação 10, considerada controle.

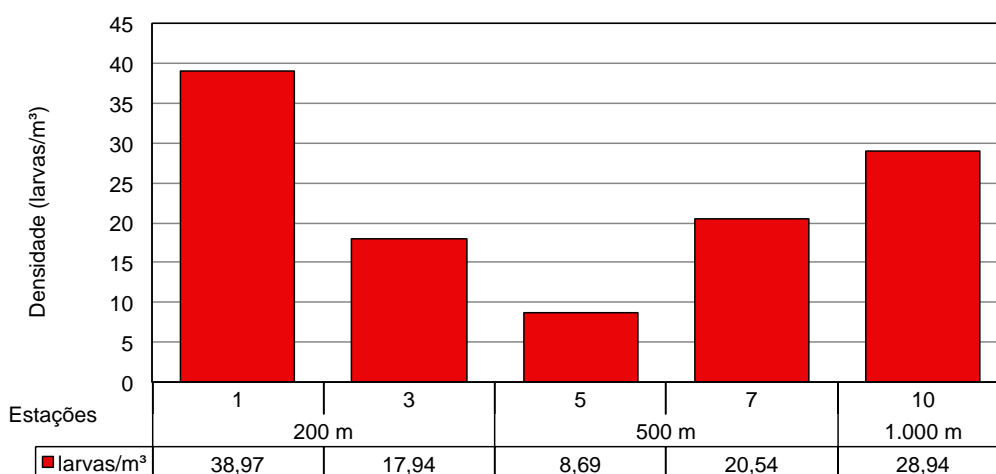


Figura 53: Densidade de larvas de peixes (larvas/100m³) coletados com as malhas de 330 e 500 µm em cada estação no entorno do FPSO Espírito Santo durante a 9ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos.

A **Tabela 25** resume a abundância de ovos e larvas do ictioplâncton observadas nas campanhas realizadas ao longo do Monitoramento Ambiental no Parque das Conchas. Os valores de densidades de ovos de peixe oscilaram bastante ao longo das campanhas de monitoramento, indo desde valores nulos (2014, 2015, 2016, 2017 e atual campanha, rede de 500 µm) até na ordem de 1.800 ovos (3ª campanha, malha de 500 µm). 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.

Tabela 25: Densidade das larvas e ovos do ictioplâncton encontrados ao longo das campanhas do Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas.

Campanha	Densidade de Larvas (larvas/100m³)				Densidade de Ovos (ovos/100m³)			
	Rede de 330 µm		Rede de 500 µm		Rede de 330 µm		Rede de 500 µm	
	Mín	Máx	Mín	Máx	Mín	Máx	Mín	Máx
2011	34,83	142,43	7,07	17,37	2,99	181,63	0,89	222,69



Tabela 25: Densidade das larvas e ovos do ictioplâncton encontrados ao longo das campanhas do Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas.

Campanha	Densidade de Larvas (larvas/100m ³)				Densidade de Ovos (ovos/100m ³)			
	Rede de 330 µm		Rede de 500 µm		Rede de 330 µm		Rede de 500 µm	
	Mín	Máx	Mín	Máx	Mín	Máx	Mín	Máx
2012	78,86	267,73	24,25	66,56	2,06	44,8	0,56	15,55
2013	33,82	93,85	15,88	42,25	2,56	743,99	5,3	1.840,53
2014	23,24	53,08	5,32	27,62	0	0,77	0	9,88
2015	54,65	118,76	30,52	68,94	2,73	17,73	0	22,62
2016	37,25	102,28	21,99	54,89	1	2	0	2
2017	2,53	96,65	6,32	66,14	0	2,05	0	1,7
2018	-	-	23,13	42,05	-	-	4	29
2019	-	-	8,69	38,97	-	-	0	0,19

A **Tabela 26** e **Figura 54** mostram a distribuição espacial das famílias mais abundantes, onde a categoria “outros” engloba as famílias que apresentaram contribuição para a campanha inferior a 1%. As famílias de destaque foram, em ordem decrescente de densidade média, foram Myctophidae, Scaridae, Phosichthyidae, Gonostomatidae, Carangidae, Paralepididae e Bregmacerotidae, sendo verificado nas estações 1 e 5 um predomínio de Myctophidae e nas estações 7 e 10 maiores proporções de Scaridae, enquanto que na Estação 3 as duas famílias apresentaram proporções similares.

Tabela 26: Densidade de larvas de peixes (larvas/100m³) por família em cada estação no entorno do FPSO Espírito Santo durante a 9ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos.

Família	Distância					Mín.	Máx.	Média	Desvio Padrão
	200 m		500 m		1.000 m				
	1	3	5	7	10				
Myctophidae	20,16	7,32	6,04	8,07	9,72	6,04	20,16	10,26	5,69
Scaridae	10,41	6,96	0,94	8,80	13,61	0,94	13,61	8,14	4,71
Phosichthyidae	1,34	0,37	0,57	1,10	0,86	0,37	1,34	0,85	0,39
Gonostomatidae	0,34	1,10	0,19	0,37	0,65	0,19	1,10	0,53	0,36
Carangidae	1,68	0,00	0,00	0,00	0,65	0,00	1,68	0,47	0,73
Paralepididae	1,01	0,73	0,00	0,37	0,22	0,00	1,01	0,46	0,40
Bregmacerotidae	0,34	0,00	0,00	0,37	0,86	0,00	0,86	0,31	0,35
Outros (<1%)	3,70	1,46	0,94	1,47	2,38	0,94	3,70	1,99	1,08

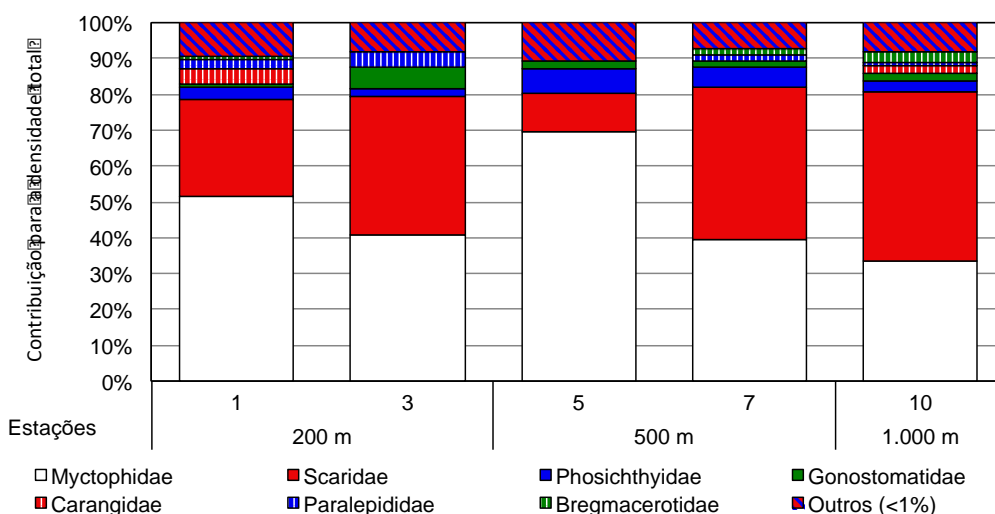


Figura 54: Percentual de larvas de peixes (%) no entorno do FPSO Espírito Santo durante a 9ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos.

A dominância da família Myctophidae vem sendo recorrente entre as campanhas, com maior abundância de principalmente em 2013, 2014 e na campanha atual. As larvas de mictofídeos são as mais abundantes em vários estudos desenvolvidos na costa brasileira e também em outras regiões oceânicas ao redor do mundo (Hulley, 1981; Richards, 1984; Olivar, 1988; Flores-Coto & Ordoñez-López, 1991; Doyle *et al.*, 1993; Olivar & Shelton, 1993; Richards *et al.*, 1993; Nonaka *et al.*, 2000; Neira, 2005; Bonecker *et al.*, 2006; Castro *et al.*, 2010). A presença da família Myctophidae em campanhas oceanográficas é comum em amostras de ambiente oceânico *offshore* (Castro *et al.*, 2010). Os mesmos autores destacaram que os mictofídeos servem como alimento para algumas espécies com importância comercial como os atuns e os bonitos (Castro *et al.*, op. cit). Destaca-se que foram encontradas na atual campanha larvas dos seguintes mictofídeos *Benthosema suborbitale*, *Hygophum* sp., *Myctophum* sp., *Myctophum affine*, *Myctophum obtusirostre*, *Diaphus* spp., *Diaphus dumerilii*, *Lampadena* sp., *Lepidophanes* spp., *Lepidophanes guentheri* e *Lobianchia gemellarii*, com destaque em densidade para as larvas de *Diaphus* spp. A família Myctophidae possui hábito mesopelágico (Bonecker *et al.*, 2014) e a família Scaridae (*Sparisoma* sp.) possui hábito de vida associado a formações coralinas (Menezes & Figueiredo, 1985).

5.5.3.3. Estrutura da Comunidade

Os valores de diversidade e equitabilidade variaram entre 2,43 (estação 3) e 3,40 bits/ind (estação 5) e entre 0,64 (estação 10) e 0,83 (estação 5), respectivamente (Figura 55). A média para a diversidade foi de 2,98 bits/ind (DP = 0,38) e para equitabilidade foi de 0,72 (DP = 0,07). Os valores de diversidade e equitabilidade se mantiveram similares ao longo das estações, demonstrando que os organismos encontram-se bem distribuídos.

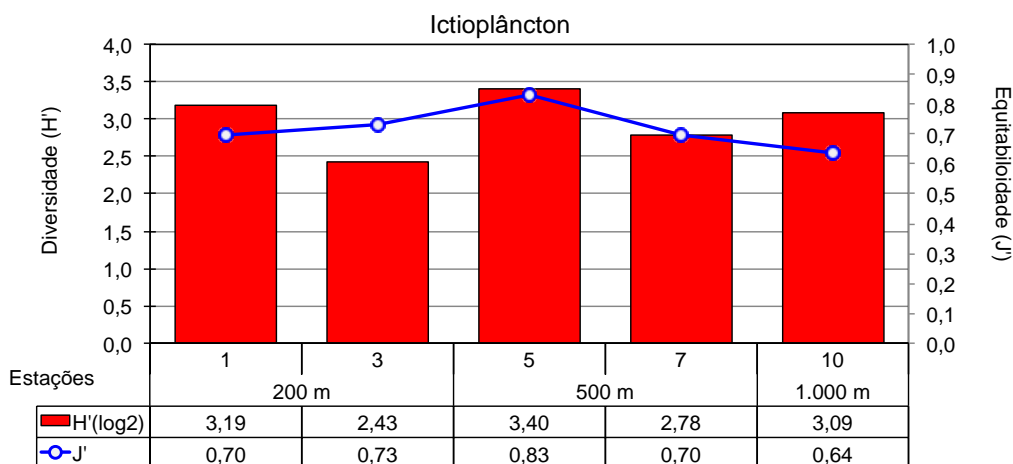


Figura 55: Índice de diversidade e de equitabilidade da comunidade ictioplanctônica das cinco estações monitoradas na 9ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos.

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 56**. A análise de agrupamento mostrou que a estação 5 separou das demais por ter apresentado uma maior diversidade e equitabilidade de espécies, no entanto cabe ressaltar que a similaridade de todas as estações foi elevada, próxima a 90% (**Figura 56**). A alta similaridade entre estações a 200 (1 e 3) 500 (5 e 7) e 1.000 m (estação 10) reflete a ausência de interferência das atividades do FPSO nos resultados.

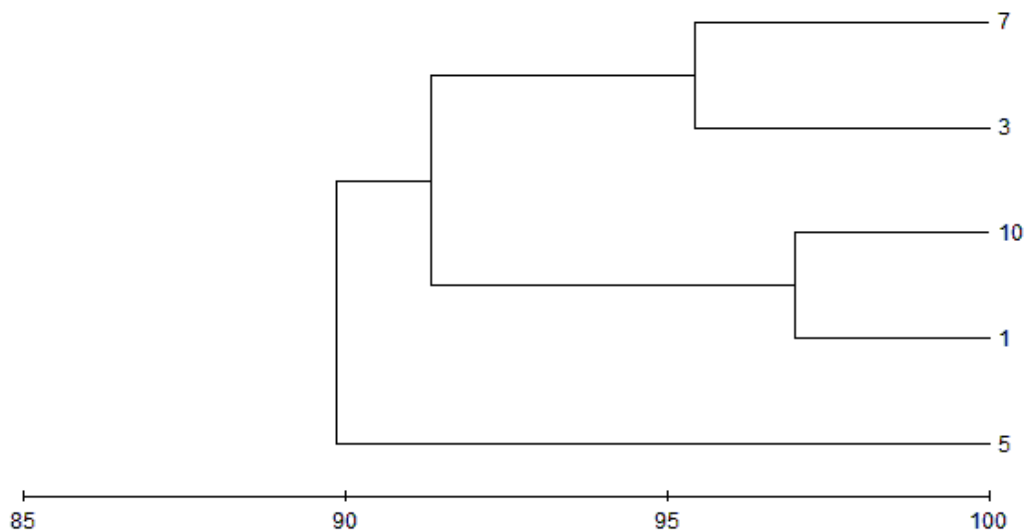


Figura 56: Análise de agrupamento das amostras de ictioplâncton através do índice de similaridade de Bray–Curtis nas cinco estações monitoradas durante a 9ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos.



5.6. ANÁLISE INTEGRADA

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

A **Tabela 27** apresenta as variáveis abióticas e bióticas utilizadas nas análises integradas. Ressalta-se que somente os descritores químicos com resultados acima do Limite de Quantificação (>LQ) na maioria das estações amostradas foram utilizados nas análises estatísticas subsequentes. Dentre as variáveis biológicas, foram utilizadas apenas os valores de riqueza (em nº de táxons) e as densidades dos grandes grupos taxonômicos do compartimento fitoplanctônico (grupos do microfitoplâncton). Optou-se pela integração com os dados de fitoplâncton em função da estratégia amostral (amostras coletadas nas mesmas profundidades que as amostras para qualidade da água) e pelas respostas mais imediatas deste grupo a sutis alterações físico-químicas da água (em relação aos organismos do zooplâncton e ictioplâncton). Nesta análise, os valores dos coeficientes de correlação variam desde -1 e 1 (máxima correlação) a zero (ausência de correlação), sendo considerados como parâmetros mais importantes neste estudo aqueles que apresentaram valores do coeficiente de correlação superior a 0,6 ou inferior a -0,6.

Tabela 27: Variáveis abióticas e bióticas e respectivas abreviaturas utilizadas na análise integrada dos dados da 9ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos.

Variáveis	Códigos
Abióticas	
Temperatura	Temp
Salinidade	Sal
Densidade	Dens
Oxigênio Dissolvido	OD
Potencial Hidrogeniônico	pH
Nitrato	Nitra
Nitrito	Nitri
Nitrogênio Amoniacal	Namon
Fosfato	Fosfa
Carbono Orgânico Total	COT
Fluoreto	Fluor
Boro	Boro
Zinco	Zn
Clorofila-a	Cl-a
Bióticas (fitoplâncton) – parâmetros suplementares	



Tabela 27: Variáveis abióticas e bióticas e respectivas abreviaturas utilizadas na análise integrada dos dados da 9ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos.

Variáveis	Códigos
Riqueza taxonômica (Microfitoplâncton)	Taxon
Densidade Diatomáceas (Microfitoplâncton)	Diat
Densidade Dinoflagelados (Microfitoplâncton)	Dino
Densidade Cianobactérias (Microfitoplâncton)	Ciano
Densidade Cocolitoforídeos (Microfitoplâncton)	Cocol
Densidade Microfitoplâncton Total	Micro
Densidade Nanoplâncton Total	Nano

A ACPs realizada gerou três componentes que, juntos, explicam 58,8% da variância dos dados (**Tabela 28**). O primeiro componente (Fator 1) explica 30,7% da variância e apresenta uma relação inversa entre os resultados de temperatura e valores de densidade da água, dos nutrientes (nitrito, nitrato e fosfato) e concentração de clorofila-a. O Fator 2, que explica 15,4% da variância, apresenta uma relação direta dos resultados de pH e nitrogênio amoniacal. Já o Fator 3 (12,7% da variância) é representado pelas concentrações de zinco e, em menor grau, de boro. A distribuição espacial dos dois primeiros fatores pode ser verificada na **Figura 58**.

Tabela 28: Análise de Componentes Principais (ACPs) das variáveis químicas analisadas nas amostras de água da 9ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos.

Parâmetro	Fator 1 (30,7%)	Fator 2 (15,4%)	Fator 3 (12,7%)
Temp	0,868	0,053	-0,338
Sal	0,187	-0,495	-0,433
Dens	-0,910	-0,104	0,211
pH	-0,382	-0,633	-0,279
OD	0,107	0,511	0,439
Boro	-0,275	0,415	-0,576
Zn	-0,350	-0,069	-0,730
Namon	-0,204	-0,648	0,211
Nitri	-0,752	-0,151	0,160
Nitra	-0,655	0,276	-0,355
Fosfa	-0,857	0,256	0,010
COT	-0,203	-0,530	0,302
Fluor	0,196	0,242	0,084
Cl-a	-0,691	0,369	0,023

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

De acordo com a **Figura 57**, verifica-se que o primeiro fator é fortemente influenciado pela profundidade, evidenciado pela separação horizontal entre as amostras da camada TC (em azul), em relação às amostras das demais camadas, principalmente SUP (em vermelho). As amostras TC apresentaram os menores valores



de temperatura e maiores densidades, uma vez que estão posicionadas no limite inferior da camada de mistura e início da termoclina, onde se observa uma acentuada redução da temperatura e aumento da densidade em direção às maiores profundidades. De forma inversa, nutrientes como nitrato, nitrito e fosfato tendem a possuir maiores concentrações em camadas mais profundas, padrão considerado clássico para o ambiente oceânico (Rezende *et al.*, 2006). Tendo em vista a baixa disponibilidade de nutrientes e o excesso de luminosidade na camada superficial, as maiores biomassas fitoplanctônicas tendem a ocorrer em camadas mais profundas (Ciotti *et al.*, 2006), o que explica as maiores concentrações de clorofila-a em amostras de maiores profundidades, principalmente TC. Com relação ao segundo fator, este é influenciado principalmente pelos resultados obtidos na estação 1 (SUP e ACTC), pois nestas amostras foram verificados os maiores valores de pH e valores relativamente mais elevados de nitrogênio amoniacal em relação às demais amostras como as da estação 6 – ACTC e 9 – TC, que apresentaram comportamento inverso. Cabe ressaltar que estes parâmetros apresentaram resultados típicos de águas oceânicas oligotróficas, não indicando para uma eventual alteração decorrente da atividade de produção. O mesmo pode ser identificado para o fator 3, observável apenas na **Figura 58**, onde a oposição se deu entre a amostra da estação 1 – TC foram verificadas as menores concentrações de boro e zinco, em comparação à estação 10 – TC, que apresentou as maiores concentrações destes elementos, uma vez que a estação 10 está localizada no raio de 1.000 m e no sentido contrário à corrente, não representando assim resultados que possam ser relacionados diretamente com a atividade de produção.

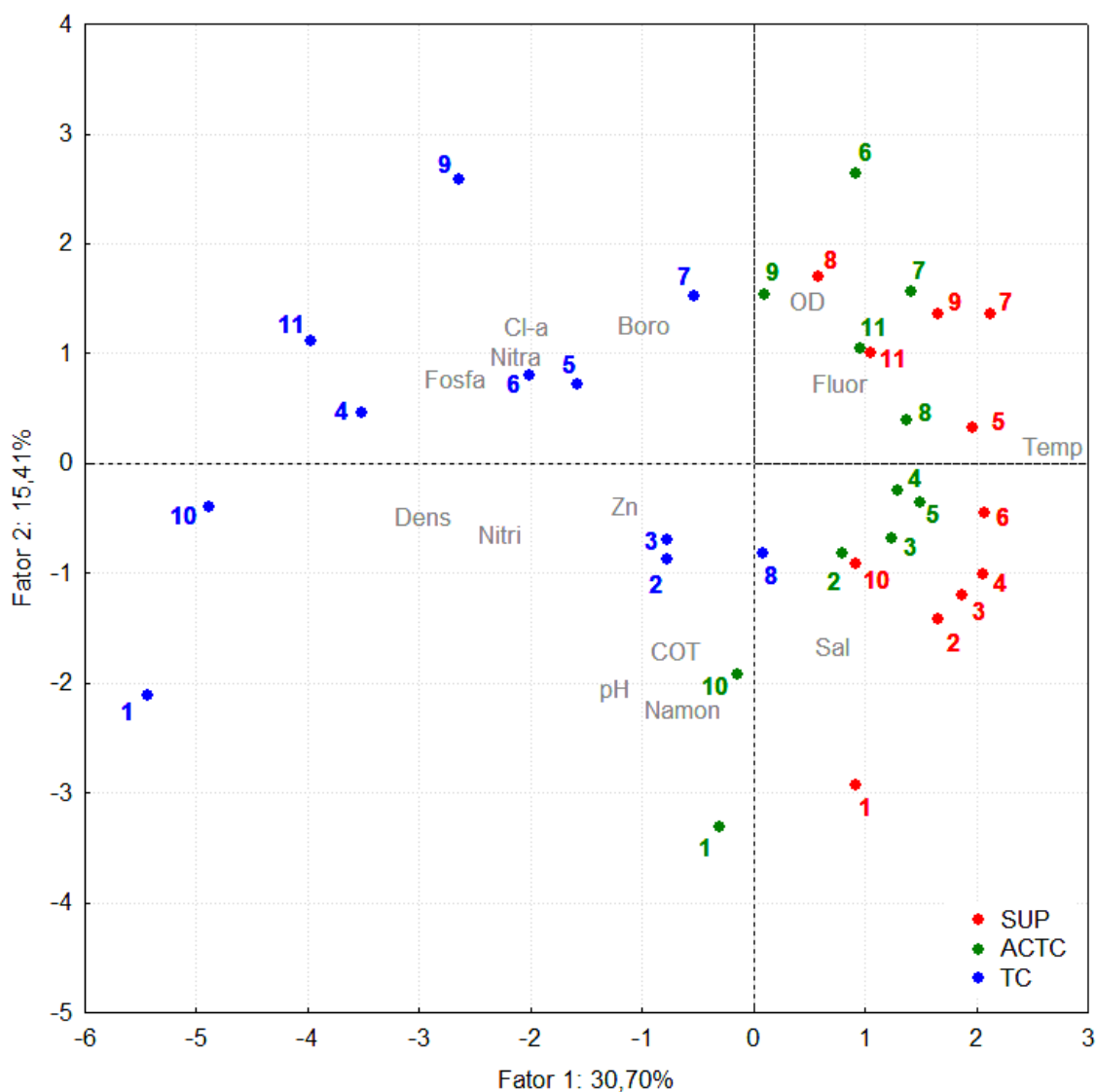


Figura 57: Ordenação das variáveis abióticas em relação aos fatores 1 e 2 extraídos na análise de componentes principais (ACP) em função das diferentes profundidades da coluna d'água – referente à 9ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos.

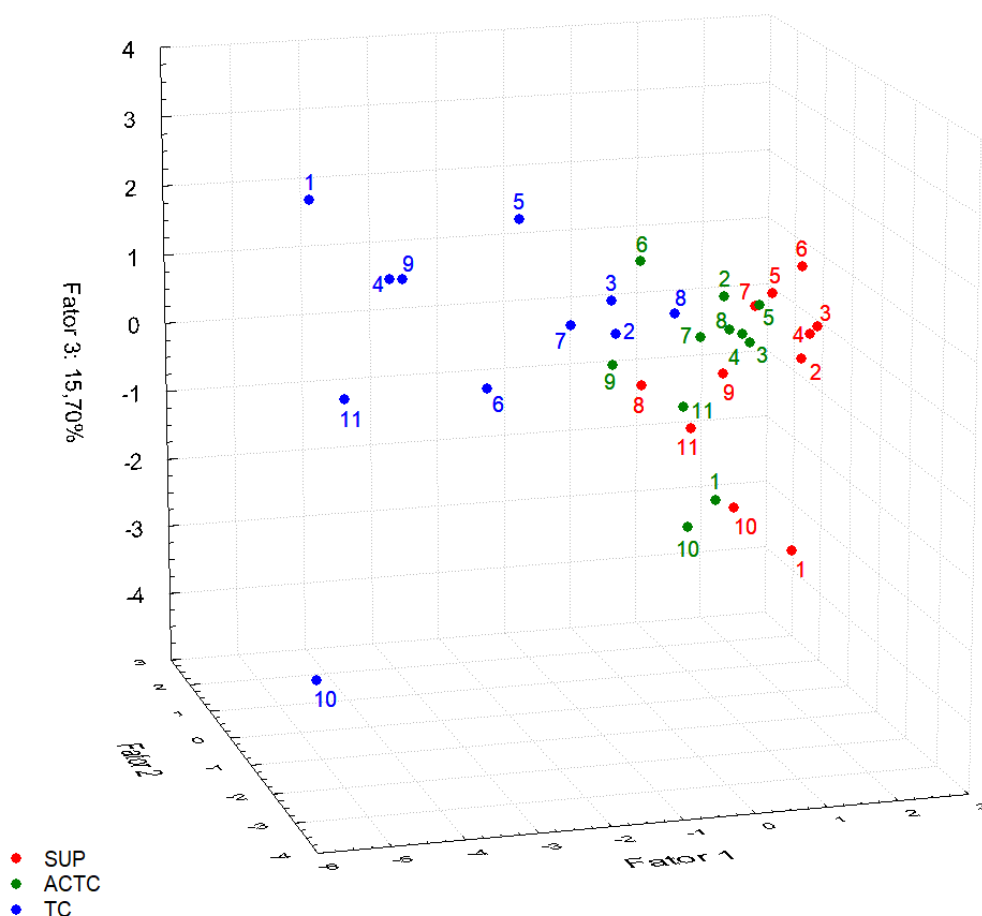


Figura 58: Distribuição tridimensional dos principais fatores gerados na ACPs - referente à 9ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos, com ênfase no eixo referente ao Fator 3.

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

Esta segunda ACPs gerou três componentes que, juntos, explicam 68,47% da variância dos dados (**Tabela 29**). O primeiro componente (Fator 1) explica 36,61% da variância e apresenta uma relação inversa entre dos resultados de temperatura em relação aos valores de pH, dos nutrientes nitrito, nitrato e fosfato e clorofila-a. O Fator 2, que explica 17,31% da variância, apresenta uma relação direta dos resultados de salinidade, boro e zinco. Já o Fator 3 (14,55% da variância) é representado pelos valores de pH em oposição à densidade total do microfitoplâncton. A distribuição espacial dos dois primeiros fatores pode ser verificada na **Figura 59**.



Tabela 29: Análise de Componentes Principais (ACPs) das variáveis químicas e biológicas analisadas nas amostras de água da 9ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos.

Parâmetro	Fator 1 (36,61%)	Fator 2 (19,3%)	Fator 3 (16,1%)
Temp	0,852	-0,421	-0,153
Sal	0,432	-0,675	0,168
Dens	-0,929	0,251	0,090
pH	-0,496	-0,416	0,686
OD	0,383	0,548	-0,449
Boro	-0,050	-0,626	-0,345
Zn	-0,393	-0,774	-0,312
Namon	-0,198	-0,118	0,392
Nitri	-0,749	0,102	0,267
Nitra	-0,712	-0,435	-0,481
Fosfa	-0,848	-0,019	-0,369
COT	-0,476	0,094	0,314
Fluor	-0,010	0,169	-0,543
Cl-a	-0,866	0,109	-0,322
*Taxon	-0,242	0,216	0,259
*Ciano	0,566	0,256	-0,405
*Dino	0,151	0,190	-0,532
*Diato	-0,561	0,572	-0,221
*Cocol	-0,579	0,039	-0,362
*Micro	0,312	0,358	-0,611
*Nano	-0,223	-0,076	0,165

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

* parâmetros suplementares.

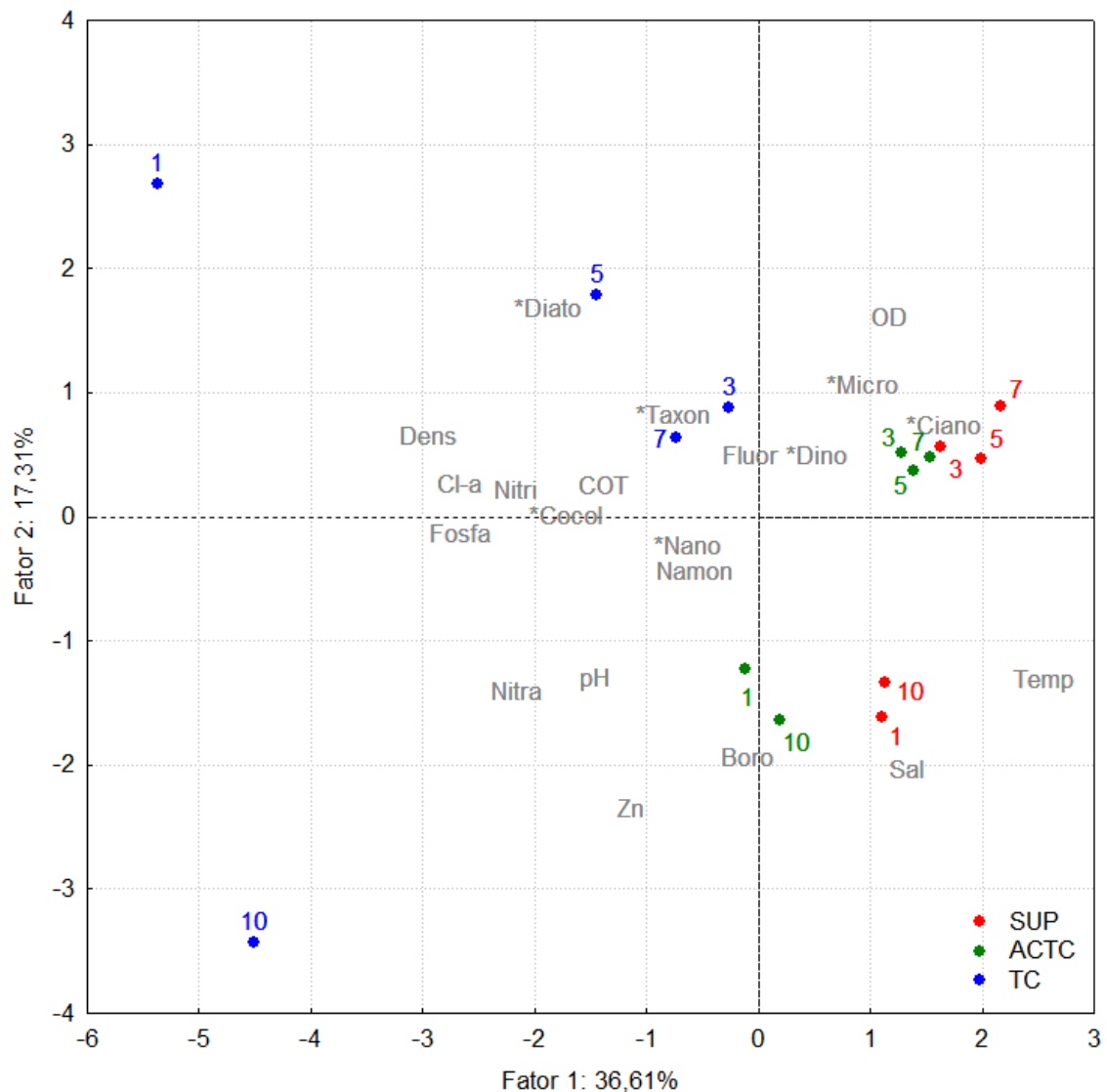


Figura 59: Ordenação das variáveis abióticas e bióticas em relação aos fatores 1-2 extraídos na análise de componentes principais (ACP) em função das diferentes profundidades da coluna d'água – referente 9ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Bacia de Campos.

De forma similar ao observado na análise anterior, o primeiro fator indica para variações observadas principalmente entre as três profundidades amostradas (SUP, ACTC e TC), no entanto nesta análise as amostras das estações 3 e 7 mostraram menor diferenciação com a profundidade, uma vez que na estação 3 ocorreram menores concentrações de nitrato e não foi detectada concentração de nitrito na estação 7 – TC, parâmetros que tenderam a possuir maiores concentrações com o aumento da profundidade.

A presença do parâmetro pH também reduz a influência da estratificação, uma vez que este parâmetro apresentou maior variabilidade entre estações do que entre profundidades, com os maiores valores sendo verificados nas estações 1 e 10, padrão contrário do verificado para a densidade de cianofíceas. Estas variações entre estações, como já relatado, não indicam para alterações decorrentes da atividade de



produção, tendo em vista que ocorreu tanto em uma estação próxima do FPSO (estação 1), quanto em outra estação considerada controle (estação 10).

Estas duas estações também apresentaram diferenças entre si, como pode ser observado no Fator 2, pois a amostra da estação 1 – TC apresentou os menores valores de salinidade, de boro e de zinco, além das maiores concentrações de diatomáceas em relação às demais amostras desta estação e aquelas oriundas da estação 10.

Com relação ao terceiro Fator (**Figura 60**), este sofreu uma influência mais difusa de parâmetros com menores correlações, como fluoreto e densidades de dinoflagelados, além dos resultados de pH e do total do microfitoplâncton, sendo identificada principalmente uma diferenciação entre os resultados da estação 1 (maior valor de pH e menor densidade de microfitoplâncton) e os demais, não sendo identificada nestes resultados algum indício de alteração da qualidade ambiental.

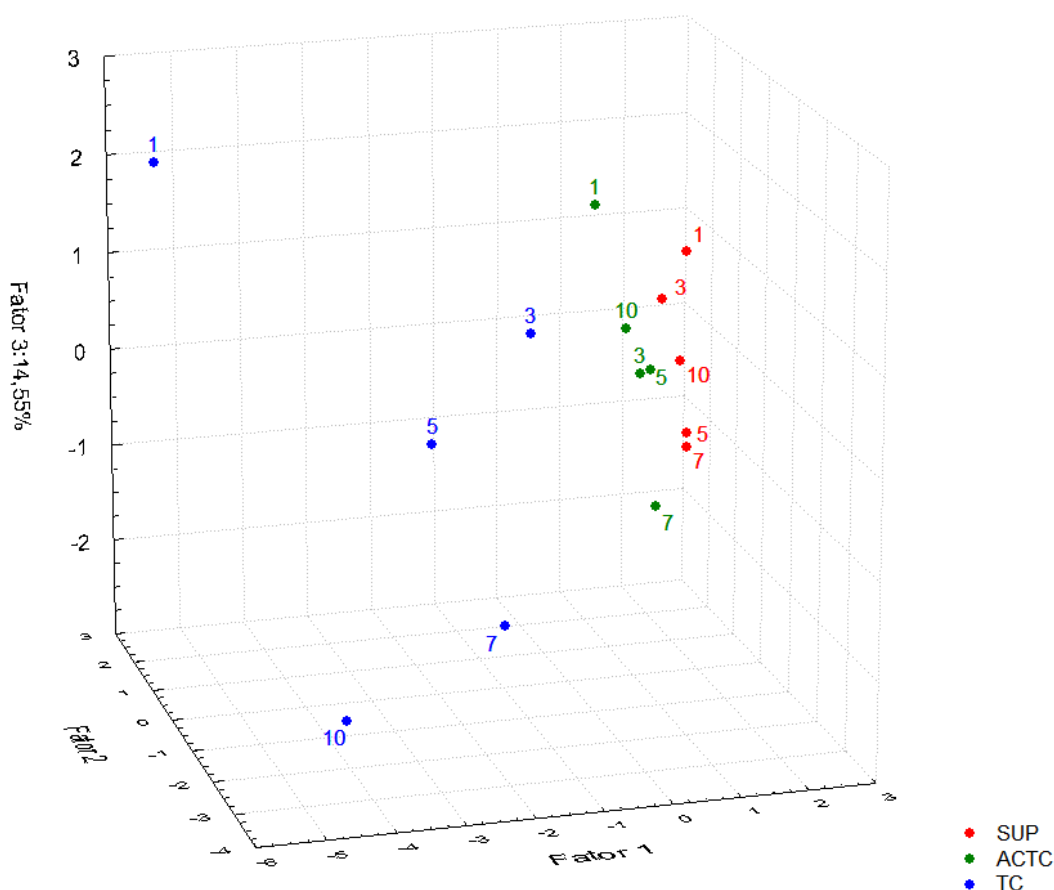


Figura 60: Distribuição tridimensional dos principais fatores gerados na ACPs - variáveis abióticas e bióticas - referente à 9ª campanha de Monitoramento Ambiental do Parque das Conchas, Baía de Campos, com ênfase no eixo referente ao Fator 3.



6. CONCLUSÃO

A análise de amostras de água e plâncton no Campo Parque das Conchas, no entorno do FPSO Espírito Santo, permitiu avaliar a qualidade da água e caracterizar a comunidade planctônica na área com a finalidade de verificar a possibilidade de influência do descarte de água produzida pela unidade e o enquadramento das águas quanto ao requerido pelas Resoluções CONAMA 393/07 e 357/05.

As perfilagens de salinidade e temperatura demonstraram a presença da água tropical (AT) sem a influência da Água Central do Atlântico Sul (ACAS) até 120 metros, massas d'água típicas da bacia de Campos. A assinatura dessa massa d'água nos dados e uma termoclina iniciando mais rasa e marcada refletiram nos dados de nutrientes, que apareceram em baixas concentrações, reforçando o padrão oligotrófico da área. Salienta-se que a análise dos resultados do CTD não permitiu observar aumentos de salinidade nas camadas superficiais que pudessem ser associadas a descartes de água produzida pelo FPSO.

De maneira geral, os valores de pH, oxigênio dissolvido e nutrientes foram comuns a área estudada e com exceção do oxigênio de dissolvido, estão de acordo com o preconizado pela Resolução CONAMA 357/05 para águas salinas classe 1, contudo seus resultados estiveram dentro do observado na região, bem como descrito na literatura.

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 grupo dos fenóis, BTEX, cianetos, bifenilas policloradas, além da quase totalidade dos metais analisados, com exceção do semimetal boro, cujas maiores concentrações verificadas nas estações controle não permitem relacionar estes resultados diretamente com a atividade de produção. O semimetal boro, conforme verificado em campanhas prévias, bem como observado na literatura, pode ser considerado normal para o ambiente estudado.

Com relação às concentrações quantificadas de carbono orgânico total (COT), apenas cinco amostras apresentaram concentrações pouco acima do limite estabelecido pela Resolução CONAMA 357/05 tanto a 200 m da unidade, dentro da zona de mistura, quanto a 500 m e a 1.000 m, na estação controle (área não exposta ao lançamento da água produzida). Por outro lado, todas as concentrações detectadas apresentaram valores dentro de intervalos de concentrações encontrados em estudos realizados tanto na Bacia de Campos quanto de Santos.

Os surfactantes foram observados em valores levemente acima da legislação em apenas estações distantes 500m da unidade, bem como foi detectado em uma amostra na estação controle, que, apesar de seu resultado não estar acima do limite estabelecido pela legislação brasileira, sugere que a origem destes



compostos na região pode ter origem externa à atividade da FPSO, não sendo possível relacionar diretamente estas concentrações com o descarte de água de produção da unidade.

Conforme citado no presente documento, a ausência de concentrações detectáveis nas estações mais próximas ao FPSO Espírito Santo, dificultou a análise referente à relação destes resultados com a atividade de produção da unidade, fato corroborado pela amostragem realizada, onde não foram detectadas a presença de surfactantes nas estações presentes a 200m da unidade.

O tributilestanho apresentou concentrações em seis amostras, todas abaixo do limite estabelecido pela Resolução CONAMA 357/05, sendo uma delas detectada em estação controle, também sugerindo como origem deste composto alguma fonte externa à atividade da plataforma. Cabe destacar que o limite de quantificação do método de 0,001 µg/L da presente campanha foi mais acurado, que o limite de detecção de 0,010 µg/L empregado nas campanhas anteriores, motivo este que pode ter resultado na atual detecção de concentrações de TBT.

Com relação aos hidrocarbonetos alifáticos, os resultados indicativos de contribuição petrogênica identificados na estação 5 (raio de 500 m) podem não estar relacionados diretamente com a atividade de produção do FPSO Espírito Santo, uma vez que amostras mais próximas da desta unidade (raio de 200 m), mais expostas à pluma de água produzida, não apresentaram resultados similares.

Citando os HPA's, estes apesar de exclusivos desta campanha não apresentaram concentrações acima da Resolução nas estações próximas a 200m da unidade. Apresentaram concentrações acima em apenas uma estação próxima a 500m da unidade, bem como na estação controle, não sendo possível afirmar como origem deste, o FPSO Espírito Santo. Desta forma, devem ser monitorados nas próximas campanhas para o melhor esclarecimento a respeito da origem dos resultados obtidos.

Além disso, apesar da detecção dos compostos orgânicos supracitados, ressalta-se que não foi observado efeito nocivo à biota nos resultados dos testes de ecotoxicidade tanto de efeito crônico quanto agudo. Os resultados de radioisótopos demonstraram concentrações quantificáveis em algumas amostras de ²²⁶Ra e em nenhuma amostra de ²²⁸Ra, mas ambos com valores semelhantes aos já verificados nas campanhas anteriores.

Quanto à análise da comunidade planctônica no entorno do FPSO, observou-se resultados condizentes para a área de estudo, indicando não estar sofrendo nenhuma alteração/impacto relacionada com o descarte de água produzida. Para o fitoplâncton observou-se dominância de dinoflagelados, diatomáceas e as cianofíceas. Para o zooplâncton o grupo dos copépodes (organismos holoplanctônicos) se destacou. Na



análise do ictioplâncton foi observada uma composição comum para área, considerando as campanhas anteriores e registros pretéritos dos táxons nas águas brasileiras.

É possível concluir que esta 9ª Campanha de Monitoramento do Parque das Conchas indicou que a qualidade da água no entorno do FPSO Espírito Santo não demonstra alteração (variação) diretamente associadas às atividades da unidade. Os resultados discutidos foram condizentes ao ambiente oceânico e, em geral, similares às campanhas anteriores e também aos obtidos em outros estudos da Bacia de Campos.



Tabela 30: Avaliação dos Objetivos, Metas, Indicadores e Resultados do PMA.

Objetivo	Meta	Indicadores	Resultados
<ul style="list-style-type: none">- 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;- 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.	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>Alterações na qualidade da água, apresentadas pelos parâmetros:</p> <ul style="list-style-type: none">- Físico-químicos (temperatura, salinidade, pH e oxigênio dissolvido);- Inorgânicos (nutrientes, cloro residual, sulfetos, cianetos, fluoretos, radioisótopos e metais);- Orgânicos (COT, surfactantes, PCB's, TBT, óleos e graxas, fenóis, HPA's e HTP's);- Testes de Toxicidade	<ul style="list-style-type: none">- Os parâmetros físico-químicos apresentaram valores, em geral, compatíveis para as regiões oceânicas e as perfilagens de salinidade e temperatura indicaram massas d'água típicas da plataforma brasileira (AT e ACAS). Os perfis de salinidade não demonstraram incrementos associados à água produzida. Os valores de oxigênio dissolvido, em geral, estiveram abaixo do preconizado para águas salinas Classe I, inclusive nas estações controle, por outro lado, dentro do descrito na literatura da região.- A análise de nutrientes demonstrou características de regiões oligotróficas, como esperado para áreas oceânicas;- Não foram detectadas concentrações da maioria dos metais, exceto Boro e Zinco. Apenas o primeiro apresentou algumas concentrações acima do limite estabelecido pela CONAMA 357/05 (ex.: estação controle), porém dentro do observado para a região;- Não foram detectadas concentrações efetivas dos compostos orgânicos óleos e graxas, fenóis, PCB's. Por outro lado, foram detectadas concentrações de TBT, HPA's, n-alcanos, MCNR em algumas amostras, dentro do estabelecido pela Resolução CONAMA 357/05. Apenas COT apresentou cinco concentrações acima de 3,0 mg/L (limite estabelecido pela resolução), porém dentro de intervalos de concentrações já observados em estudos realizados nas Bacias de Campos e Santos ;- Foram detectadas concentrações de surfactantes acima do estabelecido pela Resolução CONAMA 357/05. Por outro lado, este composto também esteve presente em amostras da estação controle, não sendo possível associar sua presença a atividade da plataforma;- Não foram evidenciados efeitos agudos e crônicos nos testes de toxicidade;- De um modo geral, não foi evidenciado alteração ambiental no entorno do FPSO em função das atividades de descarte de água produzida.



Tabela 30: Avaliação dos Objetivos, Metas, Indicadores e Resultados do PMA.

Objetivo	Meta	Indicadores	Resultados
		Alterações na estrutura e composição planctônica, através de parâmetros como composição, riqueza, densidade e índices de diversidade dos táxons da comunidade.	<ul style="list-style-type: none">- A composição planctônica encontrada foi típica da região oceânica monitorada;- A riqueza taxonômica e os índices de diversidade e equitabilidade apresentaram valores condizentes com os dados pretéritos do monitoramento.



REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANP – AGÊNCIA NACIONAL DE PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS. Boletim da Produção de Petróleo e Gás Natural, 2018. Disponível em: http://www.anp.gov.br/images/publicacoes/boletins-anp/Boletim_Mensal-Producao_Petroleo_Gas_Natural/Boletim-Producao_fevereiro-2018.pdf
- APHA, AWWA, AEF, 2005. *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*, 21st ed. Washington, DC.
- AVILA, L. R. M.; ARRUDA, M. R. & BONECKER, S. L. C., 2006. *Chaetognatha* In: Bonecker, S. L. C. (Ed.). Atlas da Região Central da Zona Econômica Exclusiva brasileira. Museu Nacional Série de livros n. 21, Rio de Janeiro, p. 165-185.
- BERGESCH, M.; ODEBRECHT, C. & MOESTRUP, O. 2008. Nanoflagellates from coastal waters of southern Brazil (32°S). *Botanica Marina*, 51: 35-50.
- BERGLUND, J.; SAMUELSSON, K.; KULL, T.; MUREN, U. & ANDERSSON, A., 2005. Relative strength of resource and predation limitation of heterotrophic nanoflagellates in a low-productive sea area. *Journal of Plankton Research*, 27: 923-935.
- BICUDO, C. E. & MENEZES, M., 2006. *Gêneros de algas Continentais do Brasil - chave para identificação e descrições*. Editora RIMA. 502 p.
- BOLTOVSKOY, D., 1981. *Atlas de zooplancton del Atlántico Sudoccidental y métodos de trabajo con el zooplancton marino*. INIDEP, Mar del Plata, 936p.
- BONECKER, S. L. C. & QUINTAS, M. C. C., 2006a. *Doliolidae* In: Bonecker, S. L. C. (Ed.). Atlas da Região Central da Zona Econômica Exclusiva brasileira. Museu Nacional Série de livros n. 21, Rio de Janeiro, p. 215-221.
- BONECKER, S. L. C. & QUINTAS, M. C. C., 2006b. *Salpidae*. In: Bonecker, S. L. C. (Ed.). Atlas da Região Central da Zona Econômica Exclusiva brasileira. Museu Nacional Série de livros n. 21, Rio de Janeiro, p. 203-213.
- BONECKER, S. L. C. & CARVALHO, P. F., 2006. *Appendicularia* In: Bonecker, S. L. C. (Ed.). Atlas da Região Central da Zona Econômica Exclusiva brasileira. Museu Nacional Série de livros n. 21, Rio de Janeiro, p. 185-203.
- BONECKER, S. L. C.; VALENTE, A.; DIAS, C. O.; FERNANDES, L. D. A.; ARRUDA, M.; ALPINO, P.; COSTA, R. F. C. & CARVALHO, P. F., 2014a. Catálogo digital de zooplâncton da região da Baía de Campos. Disponível em: <http://www.biologia.ufrj.br/LIZI/>. Acessado em: junho de 2014.
- BONECKER, A.C.T.; NAMIKI, C.A.P.; CASTRO, M.S. & CAMPOS, P.N., 2014b. *Catálogo digital de larvas de peixes da região da Baía de Campos*. Disponível em: <http://www.biologia.ufrj.br/LIZI/>. Acessado em: junho de 2014.
- BONECKER, A.C.T.; CASTRO, M.S.; NAMIKI, C.; BONECKER, F.T.; BARROS, F.B.A.G.; MONTEIRO-RIBAS, W.M., 2006. Ictioplâncton. In: VALENTIN, J.L. (Ed.). *Características da região central da Zona Econômica Exclusiva brasileira (Salvador, BA, ao Cabo de São Tomé, RJ)*. Brasília: Ideal Gráfica e Editora (Série Documentos REVIZEE/SCORE Central), p. 141-159.
- BOULOBASSI, I.; SALIOT, A. 1993. Investigation of anthropogenic and natural organic inputs in estuarine sediments using hydrocarbon markers (NAH, LAB, PAH). *Oceanologica Acta*, 16, 2, 145-161.
- BRANDINI, F.P.; LOPES, R.M.; GUTSEIT, K. S.; SPACH, H.L. & SASSI, R. 1997. *Planctonologia na Plataforma Continental do Brasil - Diagnóstico e Revisão Bibliográfica*. Publicação do Ministério do Meio Ambiente, CIRM e Fundação de Estudos do Mar. 196 p.



- BRAGA, E. S. & NIENCHESKI, L.F.H., 2006. *Composição das massas de água e seus potenciais produtivos na área entre o Cabo de São Tomé (RJ) e o Chuí (RS)*. In: ROSSI-WONGTSCHOWSKI, C.L. & MADUREIRA, L.S-P (org.). O ambiente oceanográfico da plataforma continental e do talude na região sudeste-sul do Brasil. Edusp. 466p.
- BRETAS, E., 2011. Avaliação toxicológica da água produzida de uma plataforma off shore de gás natural. *Revista Cecilians* Jun 3(1): 50-53,
- CALBET, A.; LANDRY, M. R. & NUNNERY, S., 2001. Bacteria-Flagellate Interactions in the Microbial Food Web of the Oligotrophic Subtropical North Pacific. *Aquatic Microbial Ecology*, 23: 283-292.
- CAMPOS, M.A.G. 2000. *As apendiculárias da região compreendida entre Cabo Frio (RJ) e Cabo de Santa Marta Grande (SC)*. USP. São Paulo. Tese de Mestrado.
- CAPONE, D. G.; ZEHR, J. P.; PAERL, H. W.; BERGMAN, B. & CARPENTER, E. J. 1997. *Trichodesmium*, A Globally Significant Marine Cyanobacterium. *Science*, 276: 1221-1229.
- CARPENTER, E.J.; SCRANTON, M. I.; NOVELLI, P.C. & MICHAELS, A. 1987. Validity Of N₂ Fixation Rate Measurements In Marine Oscillatoria (*Trichodesmium*) *J. Plank. Res.*, 9: 1047-1056
- CASTRO, M. S.; RICHARDS, W. J. & BONECKER, A. C. T., 2010. Occurrence and Distribution of Larval Lanternfish (Myctophidae) from the Southwest Atlantic Ocean (12°S-22°S). *Revista Brasileira de Zoologia*, 27(4): 541–553.
- CHAMP, M. A., 2000. A review of organotin regulatory strategies, pending actions, related costs and benefits. *Science of the Total Environment* 2581, 21-71.
- CHANG, F. H.; ZELDIS, J.; GALL, M. & HALL, J., 2003. Seasonal and spatial variation of phytoplankton assemblages, biomass and cell size from spring to summer across the north-eastern New Zealand continental shelf. *Journal of Plankton Research*, 25: 737-758.
- CHEVRON/ECOLOGUS. 2006. Estudo de Impacto Ambiental (EIA) da Atividade de Produção de Petróleo no Campo de Frade, Bacia de Campos. Relatório técnico.
- CHRÉTIENNOT-DINET, M. J., 1990. *Atlas du phytoplancton Marin. Chlorarachnoiphycees, Chlorophycees, Chrysophycees, Cryptophycees, Euglenophycees, Eustigmatophycees, Prasinophycees, Prymnesiophycees, Rhodophycees et Tribophycees*. Paris, Centre National de la Recherche Scientifique, v. 3.
- CIOTTI, A. M.; GONZALEZ-RODRIGUES, E.; ANDRADE, L.; PARANHOS, R.; CARVALHO, W. F. 2007. Clorofila-a, Medidas Bio-ópticas e Produtividade Primária. In: Características hidrológicas da região central da Zona Econômica Exclusiva Brasileira (Salvador, BA, ao Cabo de São Tomé, RJ) / Jean Louis Valentin, organizador. Brasília: MMA 61-72 pp (Série Documentos REVIZEE –SCORE Central, 2).
- CITES, 2014. CITES - Convention on International Trade in Endangered Species of Wild Fauna and Flora. Disponível em: <http://www.cites.org/eng/app/appendices.php>. Acessado em outubro de 2015.
- CLARKE, K. R. & WARWICK, R. M., 1994. *Change in marine communities: an approach to statistical analysis and interpretation*. Plymouth Marine Laboratory, Plymouth, 144 p.
- COYLE, K.O.; HUNT JR, G.L. Seasonal differences in the distribution, density and scale of zooplankton patches in the upper mixed layer near the western Aleutian Islands. *Plankton Biol. Ecol.* 47 (1): 31-42, 2000.
- CUNHA, R. E. P., 2007. *Modelagem matemática da separação gravitacional de emulsões de petróleo*. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Processos). Universidade de Tiradentes (SE). 136p.



- CUPELO, A. C. G., 2000. *As frações do pico-, nano- e microplâncton na profundidade do máximo de clorofila na costa central do Brasil (13,5° - 23° S)*. Dissertação de Mestrado. Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo. 131 p.
- CUPP, E. E., 1943. Marine plankton diatom of the West coast of North America. *Bull. Scripps Inst. Oceanogr.* Berkeley, CA: Univ. Calif. techn. ser., v. 6, no. 1, 238 p.
- DIAS, C. O. & ARAUJO, A. V., 2006. Copepoda. In: Bonecker, S. L. C. (Ed.). *Atlas da Região Central da Zona Econômica Exclusiva brasileira*. Museu Nacional Série de livros n. 21, Rio de Janeiro, p. 23-101.
- DOYLE, M.J.; MORSE, W.W. & KENDALL, Jr., A.W. 1993. A comparison of larval fish assemblages in the temperate zone of the Northeast Pacific and Northwest Atlantic oceans. *Bulletin of Marine Science*, v. 53, n.2, p. 588-644.
- DUGDALE, R. C. & GOERING, J. J., 1967. Uptake of new and regenerated forms of nitrogen in primary productivity. *Limnology and Oceanography*, 12: 196-206
- ECOLOGUS, 2006. Estudo de Impacto Ambiental – EIA. Atividade de Produção de Petróleo no Campo de Frade, Bacia de Campos.
- EKAU, W. & Y. MATSUURA. 1996. Diversity and distribution of ichthyoplankton in the continental shelf waters of East Brazil, p. 135-147. In: W. EKAU & B. KNOPPERS (Eds). Sedimentation process and productivity in the continental shelf waters off East and Northeast Brazil. Joint Oceanographic Projects. JOPS II, Cruise Report and First Results. Bremen, Center for Tropical Marine Ecology, 151p.
- EMILSON, I. 1961. The Shelf and Coastal Waters Off Southern Brazil. *Bolm. Inst. Oceanogr.*, XI(2), 101-112.
- EPPLEY, R.W.; ROGERS, J.N. & MACCARTHY., 1969. Half-saturation constants for uptake of nitrate and ammonium by marine phytoplankton. *Limnology and Oceanography*, 14: 912-920.
- EQUINOR/AECOM. Relatório Final do Projeto de Caracterização Ambiental da Área Norte de Carcará, Bacia de Santos. [S.l], 2018. ESCHMEYER, W.N. (ed.): Catalog of Fishes: genera, species, references. (<http://research.calacademy.org/research/ichthyology/catalog/fishcatmain.asp>). Acessado em maio de 2014.
- ESNAL, G.B. 1999. *Appendicularia*. In: BOLTOVSKOY, D. (Ed.) South Atlantic zooplankton. Leiden, Backhuys Publishers, p. 1375-1398.
- EXXON/WITTOBRIENS/GARDLINE. 2019. Relatório do Projeto de Caracterização Ambiental (*Baseline*) dos Blocos BM-C-753, BM-C-789, BM-S-536, BM-S-647 e TITÃ, Bacias de Campos e Santos.
- EYNAUD, F.; GIRAudeau, J.; PICHON, J. J. & PUDSEY, C. J., 1999. Sea-surface distribution of coccolithophores, diatoms, silicoflagellates and dinoflagellates in the South Atlantic Ocean during the late austral summer 1995. *Deep-Sea Research I*, 46: 451-482.
- FAHAY, M.P., 2007. *Early Stages of Fishes in the Western North Atlantic Ocean (Davis Strait, Southern Greenland and Flemish Cap to Cape Hatteras)*. Northwest Atlantic Fisheries Organization. Nova Scotia, Canada. 1696 p.
- FENSOME, R. A.; TAYLOR, F. J. R.; NORRIS, G.; SARJEANT, W. A. S.; WHARTON, D. I. & WILLIAMS, G. L., 1993. *A classification of living and fossil dinoflagellates*. Sheridan Press, Hanover. 350 p.
- FERNANDES, L. D. A.; ALMEIDA, E. V.; PEIXOTO, B. J. F. & SOUZA, M. F., 2006. Decapoda. In: Bonecker, S.L.C. (ed.). *Atlas da Região Central da Zona Econômica Exclusiva brasileira*. Museu Nacional Série de livros n. 21, Rio de Janeiro, p. 23-101.



- FIGUEIREDO, J. L.; SANTOS, A. P.; YAMAGUTI, N.; BERNARDES, R. A. & DEL BIANCO ROSSI-WONGTSCHOWSKI, C. L., 2002. *Peixes da Zona Econômica Exclusiva da região sudeste-sul do Brasil: Levantamento com rede de meia-água*. São Paulo, Editora da Universidade Estadual de São Paulo, Imprensa Oficial do Estado, 244p.
- FLORES-COTO, C. & ORDOÑEZ-LÓPEZ, U. 1991. *Larval distribution and abundance of Myctophidae, Gonostomatidae and Sternoptychidae from the Southern Gulf of Mexico*. NOAA. Tech. Rept. NMFS95, p. 55-64.
- FOFONOFF, P. And MILLARD, R.C. UNESCO 1983. Algorithms for computation of fundamental properties of seawater, 1983. _Unesco Tech. Pap. in Mar. Sci. No. 44, 53 pp.
- FOLT, C. L.; BURNS, C.W. 1999. Biological drivers of zooplankton patchiness. *Trends Ecol. Evol.*, v. 14, n. 8, p. 300-305.
- FOLT, C.L.; BURNS, C.W. Biological drivers of zooplankton patchiness. *Trends in Ecology & Evolution*, Volume 14, Issue 8, 1 August 1999, Pages 300–305.
- FRAGOSO, M. R.; PELLEGRINI, J. A. C.; ASSIREU, A. T.; DOS SANTOS, F. A.; MARQUES DA CRUZ, L. M. 2008. Caracterização cinemática e estatística dos vórtices na Bacia Oceânica SE/S do Brasil obtidos por derivadores rastreados por satélite durante a primavera de 2007. *Anais do III Congresso de Oceanografia*. Fortaleza.
- FRANCO, B.F.; MUELBERT, J.H. 2003. Distribuição e composição do ictioplâncton na quebra da Plataforma do Sul do Brasil. *Atlântica*, 25(1): 75-86.
- FRONTIER, S., 1981. Cálculo del error en el recuento de organismos zooplanctónicos. In: Boltovskoy, D. (ed.). *Atlas del Zooplancton del Atlántico Sudoccidental y métodos de trabajo con el zooplancton marino*. INIDEP, Mar del Plata, Argentina, p. 163-167.
- GABARDO, I. T., 2007. *Caracterização química e toxicológica da água produzida descartada em plataformas de óleo e gás na costa brasileira e seu comportamento dispersivo no mar*. Tese de Doutorado. Programa de Pós-Graduação em Química. Universidade Federal do Rio Grande do Norte.
- GABIOUX, M 2008. Estudo numérico dos meandros e vórtices da corrente do Brasil entre 22°s e 30°s. Tese (Doutorado em Engenharia Naval e Oceânica). Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ. Rio de Janeiro, RJ.
- GAGNON, M. J. 1983. Monitoring anionic surfactants at a sea outfall, Halifax Harbour, Canada. *Water Research*. vol. 17, nº 11. pp. 1653-1659.
- GARRISON, T. 2010. Fundamentos de Oceanografia. São Paulo. *Cengage Learning*. 4ª ed. pp. 136.
- GÓMEZ, F., 2007. Gymnodinioid dinoflagellates (Gymnodiniales, Dinophyceae) in the open Pacific Ocean. *Algae*, 224(4): 273-286.
- GURNEY, R., 1924. Crustacea Part IX – Decapod Larvae Br. Antarct. Terra Nova Expedition. 1910. *Zoology*, v. 8, p. 37-202.
- HALLEGRAEFF, G. M. 1984. Coccolithophorids (calcareous nanoplankton) from Australian waters. *Botanica mar.* 27: 229-249. HOPKINS, T. L. and BAIRD, R. C. (1973): Diet of the hatchetfish *Sternoptyx diaphana*. *Mar. Biol.*, 21, 34-46.
- HARRISON, R.M. 1999. *Understanding our environment: An introduction to environmental chemistry and pollution*. Cambridge: The Royal Society of Chemistry.



- HASLE, G. A. & SYVERTSEN, E. E., 1997. Marine diatoms. In TOMAS, C. R. (Ed.). Identifying Marine Phytoplankton. U.S.A., *Academic Press*, 583 p.
- HEIMDAL, B. R., 1997. Modern Coccolithoforids. In: TOMAS, C. R. (Ed.) Identifying Marine Phytoplankton. U.S.A.: *Academic Press*, 583 p.
- HUANG, B.; LAN, W.; CAO, Z.; DAI, M.; HUANG, L.; JIAO, N. & HONG, H., 2008. Spatial and temporal distribution of nanoflagellates in the northern South China Sea. *Hydrobiologia*, 605: 143-157.
- HULLEY, P.A. 1981. *Results of the research cruises of FRV "Walter Herwig" to South America. LVIII. Family Myctophidae (Osteichthyes. Myctophiformes)*. Archiv fur Fishereiwissenschaft, v. 31, p. 1-300.
- IBP. 2012. *Instituto Brasileiro de Petróleo, Gás e Biocombustíveis*. Disponível em www.ibp.org.br/main.asp?View=%7B58784FF7-BB06-46B8-8200-A72A1FA66ABD%7D&Team=%7BCFA331ED-C047-4441-8EEC-9467D2F58BE4%7D. Acessado em maio de 2012.
- IUCN. 2015. International Union for Conservation of Nature. Disponível em: <http://www.iucnredlist.org/>. Acessado em junho, 2015.
- JACKSON, M.; EADSFORTH, C.; SCHOWANEK, D.; DELFOSSE, T.; RIDDLE, A.; BUDGEN, N. 2016. Comprehensive review of several surfactants in marine environments: fate and ecotoxicity. *Environmental Toxicology and Chemistry*, vol. 35, nº 5, pp. 1077-1086.
- JAHN, R. & KUSBER, W. H. (2005): Reinstatement of the genus *Ceratoneis Ehrenberg* and lectotypification of its type specimen: c. *Closterium Ehrenberg*, *Diatom Research*, 20:2, 295-304
- KATSURAGAWA, M.; MATSUURA, Y.; SUZUKI, K.; DIAS, J. F. & SPACH, H. L., 1993. *O ictioplâncton ao largo de Ubatuba, SP: composição, distribuição, e ocorrência sazonal (1985-1988)*. Publicação especial do Instituto Oceanográfico, 10: 85-121.
- KINGSTON, M. B. 2009. Growth and motility of the diatom *Cylindrotheca closterium*: Implications for commercial applications. *Journal of the North Carolina Academy of Science* 124(4):138-142.
- KOMÁREK, J. & ANAGNOSTIDIS, K., 1989. Modern approach to the classification system of cyanophytes (Nostocales). *Arch. Hydrobiol. Suppl.*, v. 82, n. 3, p. 247-345.
- KOMÁREK, J. & ANAGNOSTIDIS, K., 2005. *Süßwasserflora von Mitteleuropa*. Bd. 19. 2. Oscillatoriales. München, Elsevier, 759 p.
- LALLI, C. M. & PARSONS, T. R., 1997. *Biological Oceanography: an introduction*. Pergamon Press, Estados Unidos. 301 p.
- LEE, K. & NEFF, J., 2011. *Produced water: environmental risks and advances in mitigation technologies*. Springer. 608p
- LIBES, S., 1992. *Introduction to Marine Biogeochemistry*. John Wiley & Sons, USA, 734p.
- LOPES, C. L. 2006. Variação espaço-temporal do ictioplâncton e condições oceanográficas na região de Cabo Frio (RJ). Tese (doutorado) Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo, USP. São Paulo – SP. 226p.
- LUNDGREN, P.; SÖDERBACK, E.; SINGER, A.; CARPENTER, E.J. & BERGMAN, B. 2001. Katagnymene: a novel marine diazotroph. *J. Phycol.*, 37: 1052–1062.
- MALONE, T. C., 1971. The relative importance of nanoplankton and netplankton as primary producers in tropical oceanic and neritic phytoplankton communities. *Limnology and Oceanography*, 16(4): 633-639.



- MANIER, F. B., SANDRES, G. C. & TAVARES, S. S. M., 2007. *Corrosão por sulfeto de hidrogênio (H_2S) e suas implicações no meio ambiente e na segurança industrial*. 8º Congresso Iberoamericano de Engenharia Mecânica. Cusco.
- MARGALEF, R. 1972. *Regularidades en la distribución de la diversidad del fitoplancton en un área del mar Caribe*. Investigación Pesquera, v. 36, n. 2, p. 241-264.
- MARGALEF, R., 1978. Life forms of phytoplankton as survival alternatives in a unstable environment. *Oceanologica Acta*, 1(4): 493-509
- McEWEN, G. F.; JOHNSON, M. W. & FOLSOM, T. R., 1954. A statistical analysis of the performance of the Folsom plankton sample splitter, based upon test observations. *Archives of Meteorology, Geophys and Bioklimatology*, (Ser. A), 7: 502-527.
- MCCUNE, B. & MEFFORD, M. J.. 1999. PC-ORD. Multivariate analysis of Ecological Data, Version 4.0 for Windows.
- MENEZES, N.A. & FIGUEIREDO. 1985. *Manual de peixes marinhos do sudeste do Brasil*. VI. *Teleostei* (4). Museu de Zoologia, Universidade de São Paulo, São Paulo. 96p.
- MENICONI, M. F. G. 2007. Hidrocarbonetos policíclicos aromáticos no meio ambiente: diferenciação de fontes em sedimento e metabólicos em bile de peixes. Tese de Doutorado. Programa de Pós-Graduação em Química/UFRN. Natal-RN.
- MERINO-VIRGILIO, F. del C; OKOLODKOV, Y. B. ; AGUILAR TRUJILLO, A. C.; OSORIO-MORENO, I.; ECTOR, L.; HERRERA-SILVEIRA, J. A. 2014. Florecimientos de *Cylindrotheca closterium* (Bacillariophyceae) en el norte de Yucatán (2001-2014). XXI Congreso Nacional de Ciencia y Tecnología del Mar, Isla Cozumel, Quintana Roo, México, 2014
- MMA, 2003. Ministério do Meio Ambiente. Instrução normativa nº 3, de 26 de maio de 2003.
- MMA, 2004. Ministério do Meio Ambiente. Instrução normativa nº 5, de 21 de maio de 2004. Diário Oficial da União (DOU) de 28/05/2004.
- MMA, 2005. Ministério do Meio Ambiente. Instrução normativa nº 52, de 8 de novembro de 2005. Diário Oficial da União (DOU) de 09/10/2005.
- MMA, 2014. Ministério do Meio Ambiente. Instrução normativa nº 445, de 17 de dezembro de 2014. Diário Oficial da União (DOU) de 18/12/2014. ALTERADA PELA PORTARIA MMA Nº 98/2015, PORTARIA MMA Nº 163/2015
- MMA/PETROBRAS/AS/PEG, 2002. *Diagnóstico Ambiental das Áreas de Exploração e Produção das Bacias de Santos, Campos e Espírito Santo*. Relatório Técnico.
- MORRISSEY, J.F.; SUMICH, J. L. 2012. *Introduction To The Biology Of Marine Life*, 10th Edition. Jones And Bartlett, Massachusetts.
- NEIRA, F.J., 2005. Summer and winter plankton fish assemblages around offshore oil and gas platforms in south-eastern Australia. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, v. 63, p. 589-604.
- NELSON, J.S. 1976. *Fishes of the World*. Wiley-Interscience, New York 416 pp.
- NYBAKKEN, J.W. & BERTNESS, M. D. 2005. *Marine Biology. An ecological approach*. 6th ed. Pearson Education, San Francisco, CA, USA, 579 pp.



- NONAKA, R. H.; MATSUURA, Y. & SUZUKI, K., 2000. Seasonal variation in larval fish assemblages in relation to oceanographic conditions in the Abrolhos Bank region off eastern Brazil. *Fisheries Bulletin*, 9: 767-784.
- NIENCHESKI, L.F.; BAUMGARTEN, M.G.Z.; ROSO, R.H.; BASTOS, L.A.P., 1999. Oceanografia química – levantamento bibliográfico e identificação do estado atual do conhecimento. MMA, CIRM, FEMAR, Rio de Janeiro, 171p.
- NYBAKKEN, J.W.; BERTNESS, M.D. 2005. *Marine biology*. San Francisco: Pearson Education.
- OGP, 2005. *Fate and effects of naturally occurring substances in produced water on the marine environment*. Report No. 364, pp42.
- OGX/PIR2. 2011. Item Qualidade da Água e Sedimento in OGX/AECOM. 2001. Estudo de Impacto Ambiental (EIA) de Desenvolvimento e Escoamento da Produção de Petróleo nos Blocos BM-C-39 e BM-C-40, Bacia de Campos. Relatório Técnico.
- OLGUÍN, H. F.; BOLTOVSKOY, D.; LANGE, C. B. & BRANDINI, F. 2006. Distribution of spring phytoplankton (mainly diatoms) in the upper 50 m of the Southwestern Atlantic Ocean (30° to 61°S). *Journal of Plankton Research*, 13. 45 p.
- OLIVAR, M.P. & SHELTON, P.A. 1993. Larval fish assemblages of Benguela Current. *Bulletin of Marine Science*, v. 53, n. 2, p. 450-474.
- OLIVAR, M.P. 1988. Planktonic stages of lanternfishes (Osteichthyes, Myctophidae) in the Benguela upwelling region. *Investigation Pesquera*, v. 52, n. 3, p. 387-420.
- OLIVEIRA, R. C. G., 1995. *Estudos de variáveis operacionais e interfaciais na flotação de óleo por gás dissolvido*, Dissertação (Mestrado em Engenharia), COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, 120p.
- OLIVEIRA, R. C. G. & OLIVEIRA, M. C. K., 2000. *Remoção de contaminantes tóxicos dos efluentes líquidos oriundos da atividade de produção de petróleo no mar*. Boletim Técnico PETROBRÁS. Rio de Janeiro, 43 (2): 129-136.
- ONBÉ, T., 1999. *Ctenopoda and Onychopoda (=Cladocera)*. In: Boltovskoy, D. (ed.). South Atlantic Zooplankton. Leiden, Backhuys Publishers. p. 797-814.
- PASSAVANTE, J.Z.O.; KOENING, M.L.; ESKINAZI-LEÇA, E. 1982. Dinoflagelados da plataforma continental do 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/ICF, 2011. *Teste de Longa Duração na Área do Poço 3-ESP-22D-RJS, Concessão de Espadarte, Bacia de Campos*. Processo nº 02022.002976/2009. Relatório Técnico
- PETROBRAS/HABTEC, 2011. *Estudo de Impacto Ambiental (EIA) do Sistema de Produção e Escoamento de Gás Natural e Petróleo no Bloco BC-20, Bacia de Campos*. Relatório Técnico



- PETROBRAS/TERRABYTE, 2011. Estudo de Impacto Ambiental (EIA) - Ampliação dos Projetos de Produção e Escoamento de Petróleo e Gás na Área Denominada Parque das Baleias, Bacia de Campos - EIA Complementar. Relatório Técnico. 1847p.
- PIKAEV, A. K., 1995. *Current state of radiation processing*. Russian Chemical Reviews, v.64, n. 6, p. 569-598.
- PILSON, M. E. Q., 1998. *An Introduction to the Chemistry of the Sea*. Prentice-Hall, Inc. Upper Saddle River, N.J. 431p.
- POHLE, G.; FRANSOZO, A.; NEGREIROS-FRANSOZO, M. L. & MANTELATTO, F. L. M., 1999. *Larval Decapoda (Brachyura)*. In: BOLTOVSKOY, D. (Ed.) South Atlantic Zooplankton. Leiden, Backhuys Publishers, p. 1281-1352.
- RAYMONT, J. E. G., 1980. *Plankton and Productivity in the Oceans*. 2th Ed. Volume 1: Phitoplankton. Pergamon Press, Internacional Library. 489 P.
- READMAN, J.W.; FILLMANN, G.; TOLOSA, I.; BARTOCCI, J.; VILLENEUVE, J.P.; CATINNI, C.; MEE, L.D. 2002. Petroleum And Pah Contamination Of The Black Sea. *Marine Pollution Bulletin* 44: 48–62.
- REZENDE, C. E.; ANDRADE, L.; SUZUKI, M. S.; TOVAR-FARO, B.; GONZALEZ, A. S. M. & PARANHOS, R. 2006. HIDROQUÍMICA. IN: CARACTERÍSTICAS HIDROLÓGICAS DA REGIÃO CENTRAL DA ZONA ECONÔMICA EXCLUSIVA BRASILEIRA (SALVADOR, BA, AO CABO DE SÃO TOMÉ, RJ) / JEAN LOUIS VALENTIN, ORGANIZADOR. BRASÍLIA: MMA 31-60 PP (SÉRIE DOCUMENTOS REVIZEE – SCORE CENTRAL, 2).
- RICHARDS, W. J., 2006a. *Sternoptychidae: Marine Hatchetfishes & Relatives*. In: RICHARDS, W.J. (Ed.). Early stages of atlantic fishes: an identification guide for the Western North Atlantic. Volume I. and Volume II. CRC Press, Boca Raton, p. 217-246.
- RICHARDS, W. J., 2006b. *Early stages of Atlantic fishes: an identification guide for the Western North Atlantic. Volume I and Volume II*. CRC Press, Boca Raton, Florida, 2640 p.
- RICHARDS, W.J.; MCGOWAN, M.F.; LEMING, T.; LAMKIN, J.T. & KELLEY, S. 1993. Larval fish assemblages at the loop current boundary in the Gulf of Mexico. *Bulletin of Marine Science*, v. 53, n. 2, p. 475-537.
- RICHARDS, W.J. 1984. Kinds And Abundances Of Fish Larvae In The Caribbean Sea And Adjacent Areas. *Noaa Tech. Rept. Nmfs-776*, p.1-54.
- RILEY, J. P. & CHESTER, R., 1971. *Introduction to marine chemistry*. Academic Press. Nova York
- RODRIGUES, F. L. & MORAES, L. E. 2014. An extension of the distribution of *Selar Crumenophthalmus* (Bloch, 1793) (Teleostei: Carangidae) in southern Brazil. *Check List* 10(1): 175–177, 2014
- ROFEN, R. R. 1966. Family Paralepididae, Barracudinas. *In Fishes Of The Western North Atlantic*, P. 205-259.
- ROUNd, F. E.; CRAWFORD, R. M. & MANN, D. G. 1990. *The diatoms: biology and morphology of the genera*. The Bath Press, Reino Unido. 747 p.
- SÁNCHEZ-VELASCO, L.; AVALOS-GARCIA, C.; RENTERÍA-CANO, M. & SHIRASAGO, B., 2004. Fish larvae abundance and distribution in the central Gulf of California during strong environmental changes (1997-1998 El Niño and 1998-1999 La Niña). *Deep-Sea Research II*, v. 51, p. 711-722.
- SEGUI, P. N., 2009. *Bioatenuação da geração de sulfeto, por meio da utilização de nitrato, em água produzida proveniente da extração de petróleo*. Dissertação (Mestrado em Engenharia), Universidade Federal do Espírito Santo - UFES, Vitória. 101 f.



- SHELL, 2015. SHELL BRASIL. Disponível em: <http://www.shell.com.br/sobre-a-shell/nossos-negocios/parque-das-conchas.html>. Acessado em outubro de 2015.
- SHELL/AECOM. 2011. *Relatório Final da 1ª Campanha do Projeto de Monitoramento Ambiental, Campo De Parque Das Conchas – FPSO Espírito Santo*. Relatório Técnico. 107 p.
- SHELL/AECOM. 2013. *Relatório da 2ª Campanha do Projeto de Monitoramento Ambiental, Campo de Parque das Conchas – FPSO Espírito Santo*. Relatório Técnico. 91p.
- SHELL/AECOM. 2014. *Relatório da 3ª Campanha do Projeto de Monitoramento Ambiental, Campo de Parque das Conchas – FPSO Espírito Santo*. Relatório Técnico. 116p.
- SHELL/AECOM. 2015. *Relatório da 4ª Campanha do Projeto de Monitoramento Ambiental, Campo de Parque das Conchas – FPSO Espírito Santo*. Relatório Técnico. 120p.
- SIGNORINI, S.R. 1978. On The Circulation And The Volume Transport Of The Brazil Current Between The Cape Of São Tomé And Guanabara Bay. *Deep-Sea Res.*, 25:481-490.
- SILVEIRA, I.C.A; SCHMIDT, A.C.K; CAMPOS, E.J.D.; GODOI, S.S. & IKEDA, Y. 2000. A Corrente Do Brasil Ao Largo Da Costa Leste Brasileira. *Rev. Bras. Oceanogr.*, 48(2): 171–183.
- SMAYDA, T.J. & REYNOLDS, C.S. 2003. Strategies of marine dinoflagellate survival and some rules of assembly. *Journal of Sea Research*, v. 49, p. 95-106.
- SM 4500-CI G. DPD Colorimetric Method.
- SM 5520D. Oil and grease. Soxhlet extraction method.
- SM 5530C. Phenols. Chloroform extraction method.
- SM 5540C. Surfactants. Anionic Surfactants as MBAS.
- SM 7500-Ra Radium. Sequential Precipitation Method.
- SOURNIA, A., 1978. *Phytoplankton Manual*. Monography Oceanographical Methodology, v. 6, p. 69-74.
- STATOIL/AECOM. 2017. Relatório Final de Caracterização Ambiental (Baseline) do Ambiente Marinho do Bloco BM-S-8, Bacia de Santos. [S.L].
- STEIDINGER, K. A. & TANGEN, K., 1997. *Dinoflagellates*. In: *Identifying Marine Phytoplankton*. Tomas, C.R. (ed.). U.S.A., Academic Press, 583 p.
- SVERDRUP, H.U., JOHNSON, M.W. & FLEMING, R.H. 1942. The Oceans: their physics, chemistry and general biology. Englewood Cliffs, Prentice- Hall Inc. 1087 p.
- SZPILMAN, M. 2000 – Peixes Marinhos do Brasil: guia prático de identificação. 288 p.
- TAYLOR, F. J. R., 1976. *Dinoflagellates from the International Indian Ocean Expedition*. A report on material collected by the R. V. “Anton Bruun” 1963-1954. *Bibliotheca Botanica*, Stuttgart, 132: 1-234.
- TENENBAUM, D. R.; GOMES, E. A. T. & GUIMARÃES, G. P. 2007. *Microorganismos planctônicos: pico, nano e micro*. In: VALENTIN, J. L. (Org.). Características hidrobiológicas da região central da zona econômica exclusiva brasileira (Salvador, BA ao Cabo de São Tome, RJ). Brasília, MMA. 168 p.
- THRONSEN, J., 1978. Preservation and storage. In: SOURNIA, A. (Ed.) *Phytoplankton Manual*. Monogr. Oceanogr. Methodol, 6: 69-74.



TOMMASI, L. R., 1994. *Programa de monitoramento ambiental oceânico da Bacia de Campos, RJ*. Fundespa, Geomap, Cenpes-Petrobras, São Paulo. 169p.

USEPA. Method 1631E. Measurement of Mercury in Water.

USEPA. Method 6010C. Inductively coupled plasma-atomic emission spectrometry.

USEPA. Method 8015C. Nonhalogenated organics by gas chromatography.

USEPA. Method 8082A. Polychlorinated Biphenyls (PCBs) by Gas Chromatography.

USEPA. Method 8260B. Volatile Organic Compounds By Gas Chromatography/ Mass Spectrometry (GC/MS).

USEPA. Method 8270D. Semivolatile organic compounds by gas chromatography / mass spectrometry (GC/MS).

USEPA. Method 8321B. Solvent-Extractable Nonvolatile Compounds by High-Performance Liquid Chromatography/Thermospray/Mass Spectrometry (HPLC/TS/MS) or Ultraviolet (UV) Detection.

USEPA. Method 9056A. Determination of inorganic anions by ion chromatography.

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

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

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

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

VAZZOLER, A. E. A. de M., 1992. *Reprodução de Peixes*. In: AGOSTINHO, A.A. & Benedito-Cecilio, E. (Ed.). Situação atual e perspectivas da ictiologia no Brasil. Editora da Universidade Estadual de Maringá, p. 1-11.

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

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

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



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



7. EQUIPE TÉCNICA

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

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

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