



***Projeto de Caracterização Ambiental (PCA)
do Bloco BM-S-40, Bacia de Santos***

Fitoplâncton

***PROOCEANO Serviço Oceanográfico e
Ambiental Ltda.***

TOTAL E&P do Brasil Ltda.

Prooceano - Paula Castellões

Thalassa – THAPRO072021

Abril 2021

Sumário

1	Material e métodos	6
1.1	Metodologia de campo.....	6
1.2	Metodologia de laboratório	7
1.3	Análise e tratamento dos dados	8
2	Resultados e discussão	10
2.1	Composição específica.....	10
2.2	Número de táxons.....	13
2.3	Densidade celular	19
2.4	Estrutura das comunidades	26
2.4.1	Índices taxonômicos	26
2.4.2	Variação vertical da comunidade microfitoplânctônica observada em 2021	30
3	Considerações finais	32
4	Equipe	34
5	Referências bibliográficas	35
ANEXOS		48
Anexo A - Cadastro Técnico Federal.....		49
Anexo B - Densidade (cel.L⁻¹) dos táxons do microfitoplâncton coletado na área do Bloco BM-S-40 na Bacia de Santos em março de 2021		52

Anexos

Anexo A – Cadastro Técnico Federal.

Anexo B – Densidade (cel.L^{-1}) dos táxons do microfitoplâncton coletado na área do Bloco BM-S-40 na Bacia de Santos em março de 2021.

Lista de figuras

Figura 1.1-1. Malha amostral prevista em projeto para a caracterização ambiental da área do Bloco BM-S-40 na Bacia de Santos. Fonte: EKMAN (2020).	6
Figura 2.1-1. Contribuição percentual das classes taxonômicas do microfitoplâncton identificadas na área do Bloco BM-S-40 na Bacia de Santos em março de 2021.	12
Figura 2.2-1. Número de táxons do microfitoplâncton coletados na área do Bloco BM-S-40 na Bacia de Santos em março de 2021. A linha pontilhada representa a média geral na área de estudo.	14
Figura 2.2-2. Média, valores mínimo e máximo e desvio padrão da riqueza total do microfitoplâncton em cada profundidade de coleta na área do Bloco BM-S-40 na Bacia de Santos em março de 2021.	15
Figura 2.2-3. Contribuição percentual das riquezas de cada grupo em cada estação e profundidade de coleta na área do Bloco BM-S-40 na Bacia de Santos em março de 2021.	16
Figura 2.3-1. Densidade celular do nanoplâncton total (10^6 cel.L ⁻¹) em cada estação e profundidade de coleta na área do Bloco BM-S-40 na Bacia de Santos em março de 2021. A linha pontilhada representa a média geral.	20
Figura 2.3-2. Densidade celular do microfitoplâncton total (10^3 cel.L ⁻¹) em cada estação e profundidade de coleta na área do Bloco BM-S-40 na Bacia de Santos em março de 2021. A linha pontilhada representa a média geral.	21
Figura 2.3-3. Densidade celular (cel.L ⁻¹) média, mínimo e máximo e desvio padrão (DP) do nanoplâncton (a) e do microfitoplâncton (b) em cada estação e profundidade de coleta na área do Bloco BM-S-40 na Bacia de Santos em março de 2021.	22
Figura 2.3-4. Média, valores mínimo e máximo e desvio padrão da densidade (cel.L ⁻¹) de diatomáceas (a), dinoflagelados (b) e cianofíceas (c) registradas em cada profundidade de coleta na área do Bloco BM-S-40 na Bacia de Santos em março de 2021.	23

Figura 2.3-5. Contribuição percentual das categorias taxonômicas da densidade do microfitoplâncton em cada estação e profundidade de coleta na área do Bloco BM-S-40 na Bacia de Santos em março de 2021. Valores na tabela em cel.L^{-1} .	24
Figura 2.4.1-1. Diversidade (H') do microfitoplâncton em cada estação e profundidade de coleta na área do Bloco BM-S-40 na Bacia de Santos em março de 2021.	28
Figura 2.4.1-2. Média, valores mínimo e máximo e desvio padrão da diversidade (H') do microfitoplâncton em cada profundidade de coleta na área do Bloco BM-S-40 na Bacia de Santos em março de 2021.	28
Figura 2.4.1-3. Equitabilidade (J') do microfitoplâncton em cada estação e profundidade de coleta na área do Bloco BM-S-40 na Bacia de Santos em março de 2021.	29
Figura 2.4.1-4. Média, valores mínimo e máximo e desvio padrão da equitabilidade (J') do microfitoplâncton em cada profundidade de coleta na área do Bloco BM-S-40 na Bacia de Santos em março de 2021.	29
Figura 2.4.2-1. Representação gráfica da análise de ordenação não métrica multidimensional (nMDS) com base nas densidades dos táxons de microfitoplâncton coletados nas três profundidades na área do Bloco BM-S-40 na Bacia de Santos em março de 2021.	30

Lista de tabelas

Tabela 1.2-1. Códigos utilizados para individualizar os organismos do microfitoplâncton de acordo com a forma e maior dimensão celular.	8
Tabela 2.2-1. Táxons do microfitoplâncton exclusivos de uma estação coleta na área do Bloco BM-S-40 na Bacia de Santos em março de 2021.	17
Tabela 2.2-2. Frequência de ocorrência (FO) dos táxons do microfitoplâncton coletados na área do Bloco BM-S-40 na Bacia de Santos em março de 2021. EP = número de estações positivas (onde ocorreu o táxon); FO = frequência de ocorrência (%).	18
Tabela 2.3-1. Densidade celular (cel.L ⁻¹), mínimo e máximo do fitoplâncton total, nanoplâncton e microfitoplâncton em cada estação e profundidade de coleta na área do Bloco BM-S-40 na Bacia de Santos em março de 2021.	20
Tabela 2.4.2-1. Resultado do SIMPER baseado nas densidades dos táxons do microfitoplâncton coletados nas três profundidades na área do Bloco BM-S-40 na Bacia de Santos em março de 2021.	31

1 Material e métodos

1.1 Metodologia de campo

O fitoplâncton foi coletado nos dias 04 e 05 de março de 2021 em seis estações oceanográficas distribuídas na área do Bloco BM-S-40 na Bacia de Santos (Figura 1.1-1). As amostragens foram realizadas em três profundidades: 5 m, 70 m e próximo ao fundo (entre 210 m e 295 m).

As coletas foram feitas com garrafa Go-Flo e as amostras foram imediatamente fixadas com formaldeído neutralizado com tetraborato de sódio a uma concentração final de 2% (THRONDSSEN, 1978) para a preservação dos organismos. As metodologias de coleta e de análise foram realizadas segundo SOURNIA (1978).

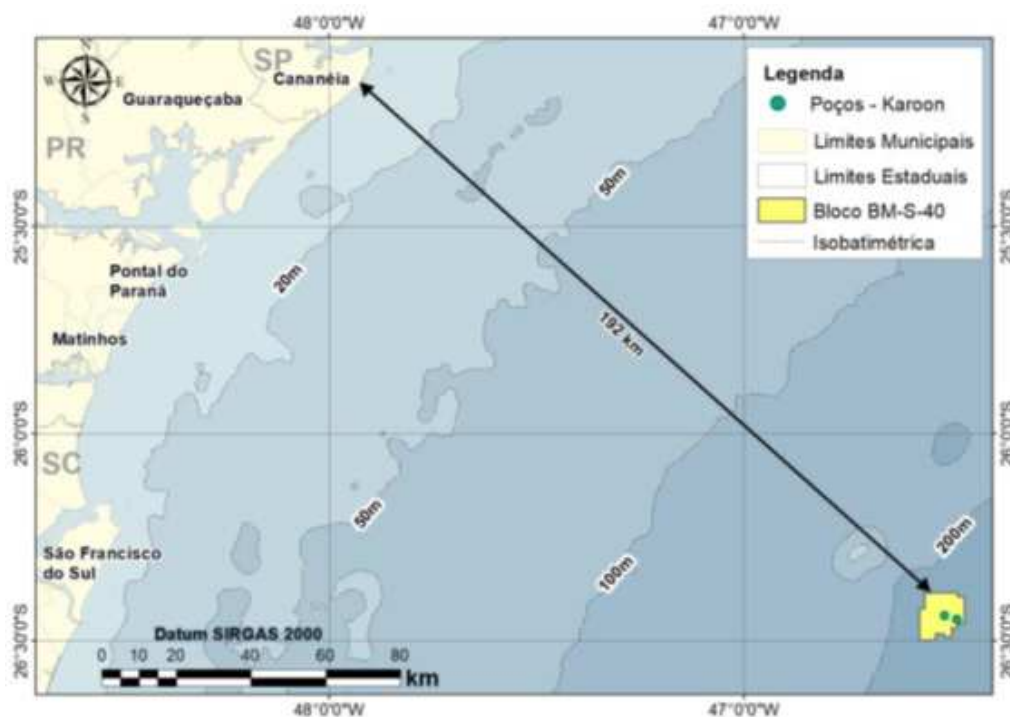


FIGURA 1.1-1. Malha amostral prevista em projeto para a caracterização ambiental da área do Bloco BM-S-40 na Bacia de Santos. Fonte: EKMAN (2020).

1.2 Metodologia de laboratório

A análise do nanoplâncton e do microfitoplâncton em laboratório foi realizada a partir de alíquotas de 100 mL, segundo o método de UTERMÖHL (1958). O nanoplâncton e o microfitoplâncton foram identificados em microscópio invertido Nikon TS100F e Coleman NID-100, sob o aumento final de 400X e 200X, respectivamente. Nos dois casos foi usado contraste de fase.

O nanoplâncton compreende organismos entre 2 e 20 µm (SUN *et al.*, 2019; SUTHERS *et al.*, 2019; CHASE *et al.*, 2020) e foi quantificado 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; BERGESCH *et al.*, 2008). Dessa forma, os organismos foram categorizados em nanoplâncton não identificado ou em um nível taxonômico mais abrangente.

O microfitoplâncton é formado por organismos maiores de 20 µm (SUN *et al.*, 2019; SUTHERS *et al.*, 2019; CHASE *et al.*, 2020) e foi identificado quali-quantitativamente, sempre que possível em nível de espécie, a partir da contagem de um mínimo de 100 unidades sedimentadas, para garantir uma margem de erro inferior a 20% (LUND *et al.*, 1958). Neste caso, uma unidade sedimentada pode corresponder a uma célula individual, uma cadeia de células ou a um filamento. A identificação das células foi baseada no conceito morfológico de espécie (MSC – Morphological Species Concept).

Alguns caracteres morfológicos necessários à identificação em nível específico nem sempre são evidenciados. Com o objetivo de minimizar o erro na avaliação da riqueza de espécies (expressa pelo número de táxons por amostra), para alguns organismos, foi utilizada a individualização em categorias taxonômicas mais amplas (classe, ordem e família), segundo sua forma e dimensão celular (Tabela 1.2-1). 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, 2005) para as cianofíceas, HEIMDAL (1997) para os cocolitoforídeos e THRONDSSEN (1997) para silicoflagelados.

TABELA 1.2-1. Códigos utilizados para individualizar os organismos do microfitoplâncton de acordo com a forma e maior dimensão celular.

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

1.3 Análise e tratamento dos dados

Foi utilizada a estatística descritiva considerando os valores mínimos e máximos, média e desvio padrão (DP) para resumir os resultados. Foram realizados gráficos de box-plot para melhor visualização dos dados obtidos em cada profundidade de coleta. Para cocolitoforídeos e silicoflagelados não foi possível realizar a confecção desses gráficos devido ao número de dados, pois o pressuposto é que haja um mínimo de cinco dados (KRZYWINSKI & ALTMAN, 2014).

O teste Kruskal-Wallis e ANOVA one way foram utilizados para comparar as profundidades de coleta (5 m, 70 m e próximo ao fundo). Nos gráficos e tabelas a profundidade de coleta próximo ao fundo foi representada por > 200 m. Quando houve diferenças significativas ($p < 0,05$) entre os fatores testados, foi realizado o teste post-hoc de Tukey (STRICKER, 2008). A normalidade dos dados foi testada pelo teste de Shapiro-Wilk. Essas análises foram realizadas no programa Statistica® 7.0 (StatSoft Inc., Tulsa, U.S.A.).

Foi realizado o cálculo da frequência de ocorrência de todos os táxons identificados para avaliar as espécies mais representativas nas 18 amostras coletadas. Utilizou-se a seguinte classificação (GONÇALVES *et al.*, 2006): frequente ($> 30\%$ e $\leq 70\%$ das amostras) e constante ($> 70\%$ das amostras).

Os índices de diversidade específica de Shannon-Wiener (H') e de equitabilidade de Pielou (J') foram utilizados para analisar a estrutura das populações do microfitoplâncton, através das variações conjuntas da composição específica e densidade celular de cada táxon. As análises foram realizadas no Programa PRIMER® 6.0.

A diversidade foi calculada através da seguinte fórmula:

$$H' = - \sum n_i/N \cdot \log_2 (n_i/N) \quad i=1$$

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

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

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

onde: H' é a diversidade e S representa o número de espécies.

O índice de diversidade de Shannon-Wiener relaciona a frequência relativa de diferentes espécies na amostra podendo alcançar valores altos quando todas as espécies distribuem-se homogeneamente na amostra (LEGENDRE & LEGENDRE, 1998). Porém, em amostras com baixa concentração celular, para as quais os índices de diversidade absoluta apresentam geralmente valores artificiais, é importante associar o Índice Relativo de Equitabilidade na interpretação ecológica dos resultados. Esse índice varia entre 0 (diversidade é mínima) e 1 (diversidade é máxima). Para o cálculo desses índices foram considerados somente os indivíduos identificados até o nível taxonômico de espécie, pois a inclusão de categorias taxonômicas mais amplas pode prejudicar a precisão do índice de diversidade (WU, 1982).

Foram realizadas as análises de similaridade (ANOSIM) e uma Análise de Escalonamento Multidimensional Não Métrico (nMDS) (CLARKE & WARWICK, 2001) para verificar possíveis diferenças na composição de espécies da comunidade em cada profundidade de coleta. Os dados de abundância dos táxons do microfitoplâncton foram transformados através da expressão $\log(x+1)$, para diminuir as variações entre as abundâncias das espécies mais

numerosas e as mais raras. O coeficiente de similaridade de Bray-Curtis foi utilizado pois é considerado robusto, uma vez que não é afetado pelas múltiplas ausências e confere mais peso às espécies mais abundantes em relação às mais raras (CLARKE & WARWICK, 2001). Foi gerada uma matriz de 51 espécies e 18 amostras. A correlação é considerada significativa quando o nível de significância for menor que 5%. A análise de SIMPER foi realizada para inferir a contribuição de cada espécie dentro dos agrupamentos médios das amostras criados pelo nMDS para identificar aquelas que mais contribuíram para as similaridades em cada profundidade de coleta. As análises foram realizadas no programa estatístico Primer® 6.0 (Primer-E Ltda).

2 Resultados e discussão

2.1 Composição específica

Grande parte dos organismos nanoplânctônicos registrados na área do Bloco BM-S-40 na Bacia de Santos permaneceu não identificada. Porém, foram identificados organismos dos seguintes grupos: diatomáceas, dinoflagelados, cianofíceas e cocolitoforídeos. O diminuto tamanho do nanoplâncton dificulta a análise dessa fração até o nível taxonômico de espécie através de análises de rotina (SIEBURTH *et al.*, 1978; LEROI & HALLEGRAEFF, 2004). Nos estudos anteriores realizados na área do Bloco BM-S-40 essa fração do fitoplâncton não foi analisada separadamente (PETROBRAS/BOURSCHEID, 2014a e b; 2016; 2017; 2019a, b, c, d). Em outro projeto realizado na Bacia de Santos o nanoplâncton registrado permaneceu como não identificado (QGEP/AECOM, 2019).

A flora microfitoplanctônica foi composta por 97 táxons, sendo: 41 dinoflagelados, 39 diatomáceas, dez cocolitoforídeos, cinco cianofíceas e dois silicoflagelados (Anexo B). Entre os organismos registrados 51% foram identificados em nível específico. O número de táxons registrado no presente estudo foi superior aos observados anteriormente na mesma área (PETROBRAS/BOURSCHEID, 2014a e b; 2016; 2017; 2019a, b e c). Entretanto, foi mais baixo que o observado na Bacia de Santos em outros estudos, quando ocorreram 102 (QGEP/AECOM, 2019) e 150 (TOTAL/PIR2, 2018) táxons de microfitoplâncton. Um total de 25 táxons registrados no presente estudo não tinha sido identificado no Bloco BM-S-40 anteriormente, contribuindo para um maior conhecimento da área abordada. Entre esses, 13 já ocorreram em outra área da Bacia de Santos (TOTAL/PIR2, 2018). Assim como outros táxons que ocorreram nos estudos realizados entre 2014 e 2019 nessa área (PETROBRAS/BOURSCHEID, 2014a e b; 2016; 2017; 2019a, b, c, d) também não foram observados em 2021. Essas variações na comunidade do Bloco BM-S-40 podem ter sido

influenciadas pelas condições ambientais locais na época de cada estudo, pelo esforço amostral e pelos diferentes identificadores envolvidos em cada projeto.

Estudos fitoplanctônicos realizados em outras áreas da costa brasileira, com maior esforço amostral, resultaram na identificação de mais táxons: 186 amostras - 96 táxons) e 520 amostras - 625 táxons (TENENBAUM *et al.*, 2007, 2017). A presença de um grande número de táxons é característica de águas tropicais oligotróficas onde há uma maior competição por nutrientes (TENENBAUM *et al.*, 2007).

Os dinoflagelados contribuíram com 42% dos táxons identificados, seguidos por diatomáceas (40%) e cocolitoforídeos (11%). As cianofíceas e os silicoflagelados contribuíram com 5% e 2%, respectivamente, do total de táxons identificados na área do Bloco BM-S-40 (Figura 2.1-1). As diatomáceas e os dinoflagelados também foram os grupos que contribuíram com maior número de táxons nas comunidades microfitoplanctônicas observadas entre 2014 e 2019 na mesma área (PETROBRAS/BOURSCHEID, 2014a e b; 2016; 2017; 2019a, b, c, d). Esses grupos predominaram também em outros estudos na Bacia de Santos (TOTAL/PIR2, 2018; QGEP/AECOM, 2019).

Esses dois grupos são mais estudados em relação aos demais e por isso normalmente dominam em relação ao número de táxons nas comunidades fitoplanctônicas (VILLAC & TENENBAUM, 2010). Aproximadamente 80% do fitoplâncton identificado é composto por diatomáceas e dinoflagelados (SOURNIA *et al.*, 1991). Entre aproximadamente 10.000 espécies de diatomáceas identificadas, 75% são marinhas (JAIN, 2020). As diatomáceas estão entre os grupos planctônicos mais diversos em relação a espécies (VINCENT & BOWLER, 2020). Um total de 705 espécies de diatomáceas (41%) e 778 espécies de dinoflagelados (45%) foi listado em uma síntese sobre a ocorrência do fitoplâncton oceânico no mundo (RIGHETTI *et al.*, 2020).

Estudos realizados em ecossistemas marinhos brasileiros também registraram maior número de táxons de diatomáceas e dinoflagelados nas comunidades microfitoplanctônicas (BRANDINI *et al.*, 1997; VILLAC *et al.*, 2008; VILLAC & TENENBAUM, 2010; TENENBAUM *et al.*, 2007, 2017). No Oceano Atlântico Sul mais de 60% do microfitoplâncton é composto por dinoflagelados e diatomáceas (SOURNIA *et al.*, 1991; LALLI & PARSONS, 1993; NYBAKKEN, 2001; OLGUÍN *et al.*, 2006; TENENBAUM *et al.*, 2007). Esses grupos dominam também em outras áreas do mundo, em relação à riqueza (HULBURT *et al.*, 1960; JEFFREY & HALLEGRAEFF, 1980; SHANNON & PILAR, 1986; GIRAUDEAU *et al.*, 1993; LANGE *et al.*, 1999; VENRICK, 2000; MUÑIZ *et al.*, 2018; DRAREDJA *et al.*, 2019; JOSHI *et al.*, 2019; DURSUN *et al.*, 2020; FEYZIOGLU *et al.*, 2020; IGNATIADES, 2020). Em águas mais profundas há predomínio de táxons de dinoflagelados em relação às diatomáceas (FERNANDES & BRANDINI, 2004; TENENBAUM *et al.*, 2017).

Os cocolitoforídeos foram os terceiros com maior número de táxons na área do Bloco BM-S-40 e isso é um indicador de águas oceânicas (RIBEIRO, 1996; HEIMDAL, 1997). Esses organismos também tiveram grande contribuição em termos de riqueza no estudo de SUSINI-RIBEIRO (1996) realizado no Oceano Atlântico Sul.

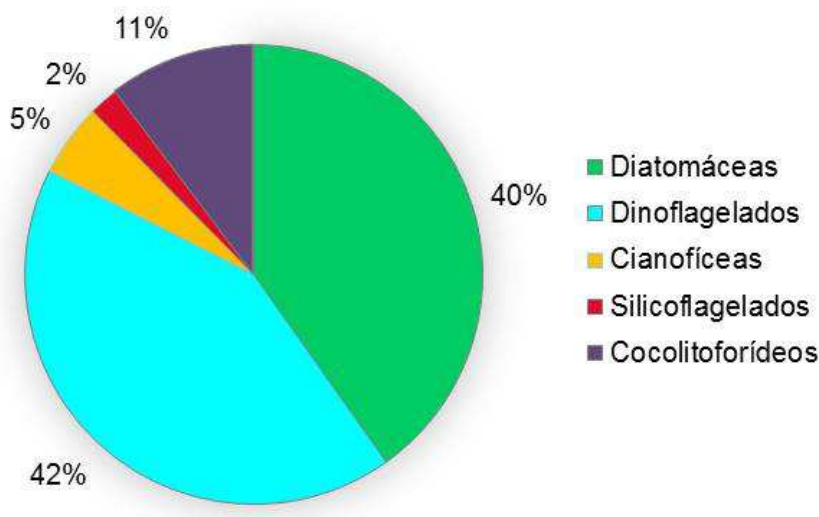


FIGURA 2.1-1. Contribuição percentual das classes taxonômicas do microfitoplâncton identificadas na área do Bloco BM-S-40 na Bacia de Santos em março de 2021.

Algumas espécies identificadas, típicas de regiões oceânicas tropicais, evidenciam a contribuição das águas quentes da plataforma e da Corrente do Brasil: **diatomáceas** - *Leptocylindrus mediterraneus*, *Proboscia alata*, *Cylindrotheca closterium*; *Nitzschia longissima*; **dinoflagelados** - *Torodinium robustum*, *Oxytoxum* spp., *Tripus fusus*, *Tripus* spp., *Pronoctiluca pelagica*, *P. spinifer*; **cocolitoforídeos** - *Calciosolenia murrayi*, *Halopappus adriaticus*, *Ophiaster hydroideus*, *Discosphaera tubifer* e *Umbellosphaera irregulares*; **cianofíceas** - filamentosas do gênero *Trichodesmium* e **silicoflagelado** - *Dictyocha fibula* (WOOD, 1968; CHRÉTIENNOT-DINET, 1990; HASLE & SYVERSTSEN, 1997; STEIDINGER & TANGEN, 1997; HEIMDAL, 1997, TOMAS, 1997).

A presença de algumas espécies típicas de regiões neríticas, como a diatomácea *Leptocylindrus danicus* e os dinoflagelados do gênero *Prorocentrum* e a espécie *Scrippsiella acuminata*, evidenciam a ocorrência de processos de mistura entre a Água Tropical e a Água Costeira (HENDEY, 1964; WOOD, 1968; TOMAS, 1997).

A ocorrência de espécies de hábitos bentônicos (ex: diatomáceas Naviculaceae, *Haslea wawriake*, Complexos *Tropidoneis* e *Pleurosigma/Gyrosigma*) coexistindo com espécies planctônicas, indica a influência do alto hidrodinamismo local.

O fitoplâncton possui várias espécies oportunistas incluindo dinoflagelados tóxicos, cianofíceas filamentosas e diatomáceas (BRANDINI *et al.*, 1997; SANT'ANNA *et al.*, 2011; LÓPEZ-

FUERTE *et al.*, 2017). Entre as diatomáceas que podem ser consideradas oportunistas estão *Dactyliosolen fragilissimus*, *Pseudo-nitzschia* complexo "*delicatissima*" e o gênero *Thalassiosira* (SANTIAGO, 2004; TOTTI *et al.*, 2005; FERREIRA, 2007). Os dinoflagelados oportunistas que ocorreram na área de estudo são *Prorocentrum balticum*, *Prorocentrum gracile*, *Prorocentrum micans* (YONEDA, 1999; FAUST & GULLEDGE, 2020). Algumas espécies que são formadoras de *bloom* e que podem ser potencialmente tóxicas são: **diatomáceas** - *Cylindrotheca closterium*, *Leptocylindrus danicus*, *Pseudo-nitzschia* complexo "*delicatissima*", **dinoflagelados** - *Prorocentrum micans*, *Prorocentrum balticum*, *Prorocentrum gracile*, *Karenia cf. brevis*; **silicoflagelados** - *Dictyocha fibula*; **cianofíceas** - *Trichodesmium thiebautii* (PROCOPIAK *et al.*, 2006; VILLAC *et al.*, 2008; BARRERA-ALBA *et al.*, 2019; DRAREDJA *et al.*, 2019; FAUST & GULLEDGE, 2020). Algumas espécies de diatomáceas que geram *blooms* são capazes de triplicar a sua biomassa no intervalo de poucos dias (VINCENT & BOWLER, 2020). O dinoflagelado *Tripos fusus* está entre as espécies consideradas potencialmente nocivas, pois podem produzir grandes biomassas causando danos nas populações de peixes e invertebrados (SANTOS *et al.*, 2020).

Nenhum dos táxons registrados no presente estudo na área do Bloco BM-S-40 está na lista de espécies invasoras no "Informe sobre as Espécies Exóticas Invasoras Marinhas no Brasil" (VILLAC *et al.*, 2009). Segundo TEIXEIRA & CREED (2020), as únicas espécies de fitoplâncton invasoras registradas no Brasil até o momento foram a diatomácea *Coscinodiscus wailesii* e os dinoflagelados *Alexandrium tamarense* e *Gymnodinium catenatum*. Essas espécies não foram registradas no presente estudo. Entretanto, a espécie *G. catenatum* foi identificada na área do Bloco BM-S-40 no estudo realizado em novembro de 2019 (PETROBRAS/BOURSCHEID, 2019d).

2.2 Número de táxons

O número de táxons total variou entre 19 e 34 táxons, com média de 25 táxons por amostra (DP = 4,0). A estação 5 a 5 m de profundidade teve o maior número de táxons (34 táxons), enquanto que estação 5 a 210 m de profundidade teve a menor riqueza (19 táxons) (Figura 2.2-1). Apenas 56% das amostras tiveram riqueza igual ou superior à média (Figura 2.2-1). O maior valor de riqueza registrado no presente estudo foi superior ao observado na mesma área em anos anteriores (PETROBRAS/BOURSCHEID, 2014a e b; 2016; 2017; 2019a, b, c, d). O mesmo ocorreu em relação a outros estudos realizados na Bacia de Santos quando o máximo de riqueza observada foi 28 táxons registrados na subsuperfície (QGEP/AECOM, 2019) e 38 táxons a 70 m de profundidade (TOTAL/PIR2, 2018).

Foi observada uma diminuição da riqueza média com o aumento da profundidade de coleta e a maior riqueza foi registrada a 5 m de profundidade (Figura 2.2-2). Não houve diferença significativa da riqueza total em relação às profundidades de coleta (ANOVA; $p = 0,243542$).

No grupo das diatomáceas a riqueza variou entre 5 e 20, com valor médio de 9 táxons na área do Bloco BM-S-40 (DP = 3,6). Os dinoflagelados tiveram valores de riqueza entre 10 e 15 táxons, com média de 12 táxons (DP = 1,6). As riquezas dos demais grupos variaram da seguinte forma: **cianofíceas** - 1 a 4 táxons (média = 1,9; DP = 0,7); **silicoflagelados** – só teve um táxon em três amostras na profundidade superior a 200 m; **cocolitoforídeos** - 1 a 6 táxons (média = 2,3; DP = 1,7).

Em todas as amostras coletadas houve dominância de táxons de diatomáceas e dinoflagelados (Figura 2.2-3). Os cocolitoforídeos tiveram maior contribuição em relação à riqueza na estação 6 a 70 m de profundidade (Figura 2.2-3). A maior riqueza de cianofíceas ocorreu na estação 5 a 5 m de profundidade (Figura 2.2-3). Os silicoflagelados ocorreram apenas nas estações 1, 3 e 6, a 295 m, 250 m e 230 m de profundidade, respectivamente (Figura 2.2-3).

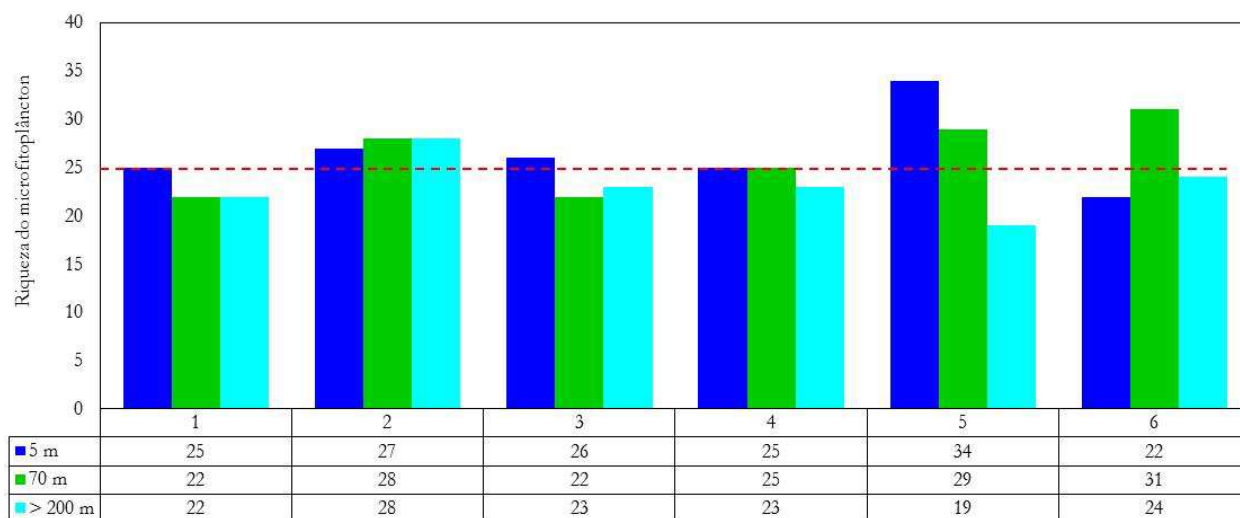


FIGURA 2.2-1. Número de táxons do microfitoplâncton coletados na área do Bloco BM-S-40 na Bacia de Santos em março de 2021. A linha pontilhada representa a média geral na área de estudo.

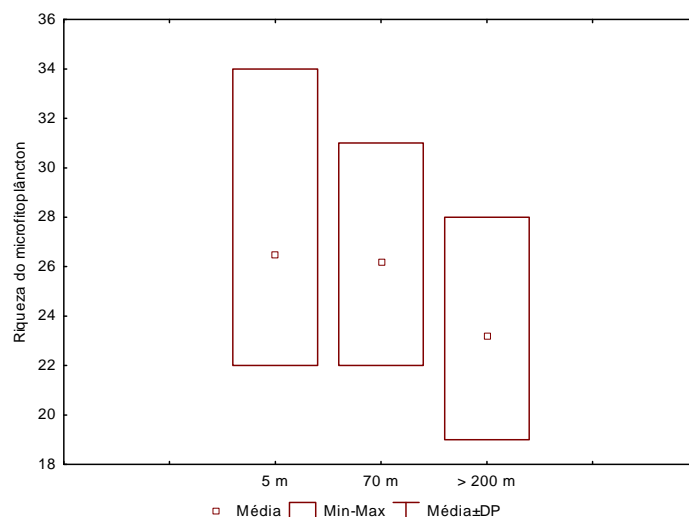


FIGURA 2.2-2. Média, valores mínimo e máximo e desvio padrão da riqueza total do microfitoplâncton em cada profundidade de coleta na área do Bloco BM-S-40 na Bacia de Santos em março de 2021.

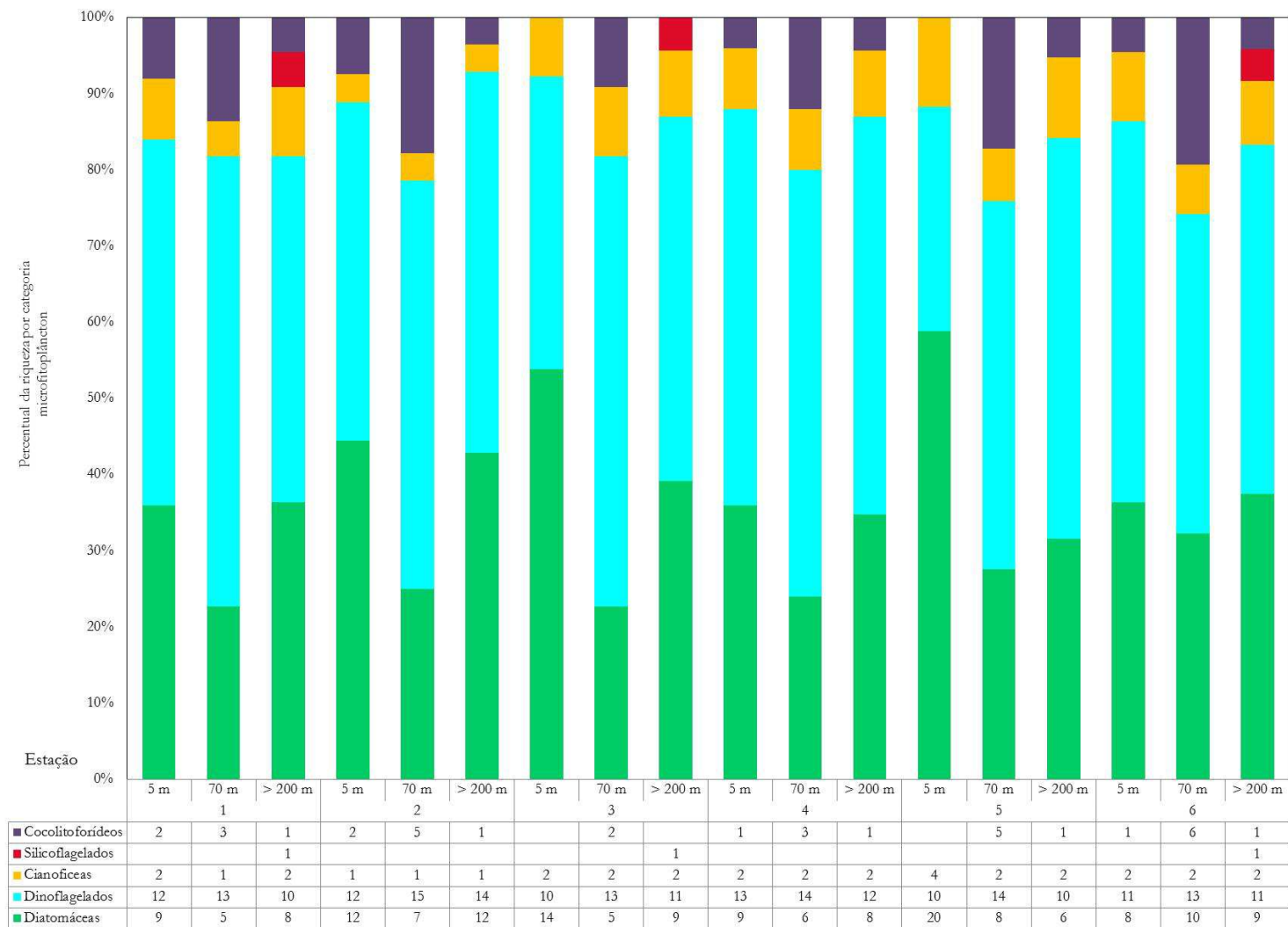


FIGURA 2.2-3. Contribuição percentual das riquezas de cada grupo em cada estação e profundidade de coleta na área do Bloco BM-S-40 na Bacia de Santos em março de 2021.

Um total de 26 táxons ocorreu em apenas uma das amostras, sendo 11 diatomáceas, 12 dinoflagelados, um silicoflagelado e dois cocolitoforídeos (Tabela 2.2-1). Ocorreram táxons exclusivos em todas as estações e o maior número (7 táxons) ocorreu na estação 3. Na estação 1 foi registrado apenas um táxon exclusivo (Tabela 2.2-1). Os táxons que ocorreram em apenas uma amostra tiveram frequência de ocorrência igual a 5,56%.

Apenas Diatomácea penata 1A, Gymnodiniales 1A, Gymnodiniales 2A, Gymnodiniales 3A, Gymnodiniales 4A, *Heterocapsa* spp. e indivíduos da Ordem Nostocales ocorreram em 100% das amostras coletadas na área do Bloco BM-S-40. As diatomáceas *Cylindrotheca closterium*, Diatomácea penata 4A, Diatomácea penata 5A, e o Dinoflagelado tecido NI 4A foram classificados como constantes, pois ocorreram em mais de 70% das amostras (Tabela 2.2-2).

Dez táxons foram classificados como frequentes (FO entre 30% e 70%) na área do Bloco BM-S-40 em março de 2021: **diatomáceas** - *Proboscia alata*, *Leptocylinthus mediterraneus*, Thalassionemataceae D, Naviculaceae 1B, *Nitzschia longissima*, *Pseudo-nitzschia* complexo "*delicatissima*"; **dinoflagelados** - *Oxytoxum gracile*, Dinoflagelado tecido NI 1A, Dinoflagelado tecido NI 3A; **cianofíceas** - Ordem Oscillatoriales (Tabela 2.2-2). Os demais táxons ocorreram em menos de 30% das amostras (Tabela 2.2-2).

Em um estudo realizado em 2019 na Baía de Santos (QGEP/AECOM, 2019) os táxons classificados como muito frequentes foram: Diatomácea penata 1A, *Cylindrotheca closterium*, *Heterocapsa* spp., Gymnodiniales 1A, Gymnodiniales 2A, Gymnodiniales 3A, Gymnodiniales 4A, Ordem Nostocales.

TABELA 2.2-1. Táxons do microfitoplâncton exclusivos de uma estação coleta na área do Bloco BM-S-40 na Baía de Santos em março de 2021.

CT	Táxons/Estação	1	2	3	4	5	6
Diato	<i>Cyclotella</i> spp.					X	
Diato	<i>Hemiaulus membranaceus</i>			X			
Diato	<i>Dactyliosolen phuketensis</i>					X	
Diato	<i>Pseudosolenia calcar-avis</i>					X	
Diato	<i>Diploneis</i> spp.			X			
Diato	<i>Haslea wawriake</i>					X	
Diato	Complexo <i>Pleurosigma</i> / <i>Gyrosigma</i>			X			
Diato	Diatomácea penata 2B			X			
Diato	Diatomácea penata 3A			X			
Diato	Diatomácea penata 4C		X				
Diato	Diatomácea penata 5B						X
Dino	<i>Cochlodinium</i> spp.				X		
Dino	<i>Micracanthodinium setiferum</i>					X	
Dino	<i>Tripos fusus</i>						X

continua

continuação

CT	Táxons/Estação	1	2	3	4	5	6
Dino	<i>Scrippsiella cf. precaria</i>	X					
Dino	<i>Oxytoxum elongatum</i>					X	
Dino	<i>Oxytoxum cf. mitra</i>			X			
Dino	<i>Oxytoxum cf. sphaeroideum</i>	X					
Dino	<i>Prorocentrum gracile</i>					X	
Dino	<i>Prorocentrum micans</i>	X					
Dino	<i>Prorocentrum rostratum</i>					X	
Dino	<i>Pronoctiluca rostrata</i>				X		
Dino	Dinoflagelado tecado NI 1B		X				
Silico	<i>Octatis octonaria</i>			X			
Cocolito	<i>Daktylethra pirus</i>					X	
Cocolito	<i>Rhabdosphaera claviger</i>	X					

CT= Categoria taxonômica; Dino= Dinoflagelados; Diat= Diatomáceas; Silico = Silicoflagelados; Cocolito = Cocolitoforídeos.

TABELA 2.2-2. Frequência de ocorrência (FO) dos táxons do microfitoplâncton coletados na área do Bloco BM-S-40 na Baía de Santos em março de 2021. EP = número de estações positivas (onde ocorreu o táxon); FO = frequência de ocorrência (%).

Diatomáceas			Dinoflagelados					
Táxon	EP	FO	Táxon	EP	FO	Táxon	EP	FO
Coscinodiscophyceae A	4	22,22	<i>Cylindrotheca closterium</i>	15	83,33	<i>Karenia cf. brevis</i>	2	11,11
<i>Thalassiosira</i> spp.	2	11,11	<i>Nitzschia longissima</i>	11	61,11	<i>Torodinium robustum</i>	5	27,78
<i>Cyclotella</i> spp.	1	5,56	<i>Pseudo-nitzschia</i> complexo "delicatissima"	6	33,33	<i>Micracanthodinium setiferu</i>	1	5,56
<i>Climacodium frauenfeldianum</i>	3	16,67	<i>Pseudo-nitzschia</i> complexo "seriata"	3	16,67	<i>Tripos fusus</i>	1	5,56
<i>Hemiaulus membranaceus</i>	1	5,56	Diatomácea penata 1A	18	100,00	<i>Tripos</i> spp.	3	16,67
<i>Dactyliosolen fragilissimus</i>	2	11,11	Diatomácea penata 1B	3	16,67	<i>Heterocapsa</i> spp.	18	100,00
<i>Dactyliosolen phuketensis</i>	1	5,56	Diatomácea penata 2B	1	5,56	<i>Scrippsiella acuminata</i>	5	27,78
<i>Pseudosolenia calcar-avis</i>	1	5,56	Diatomácea penata 3A	1	5,56	<i>Scrippsiella cf. precaria</i>	1	5,56
<i>Proboscia alata</i>	6	33,33	Diatomácea penata 4A	13	72,22	<i>Oxytoxum cf. caudatum</i>	3	16,67
<i>Rhizosolenia cf. styliformis</i>	2	11,11	Diatomácea penata 4B	2	11,11	<i>Oxytoxum crassum</i>	6	33,33
<i>Chaetoceros pendulus</i>	4	22,22	Diatomácea penata 4C	1	5,56	<i>Oxytoxum elongatum</i>	1	5,56
<i>Chaetoceros</i> spp.	4	22,22	Diatomácea penata 5A	15	83,33	<i>Oxytoxum gladiolus</i>	5	27,78
<i>Leptocylindrus danicus</i>	2	11,11	Diatomácea penata 5B	1	5,56	<i>Oxytoxum gracile</i>	7	38,89
<i>Leptocylindrus mediterraneus</i>	6	33,33	Diatomácea penata 6A	4	22,22	<i>Oxytoxum laticeps</i>	3	16,67
Família Fragilariaceae	5	27,78	Diatomácea penata 7A	2	11,11	<i>Oxytoxum cf. mitra</i>	1	5,56
Thalassionemataceae A	2	11,11	Dinoflagelados			<i>Oxytoxum cf. sphaeroideum</i>	1	5,56
Thalassionemataceae D	7	38,89	Gymnodiniales 1A	18	100,00	<i>Oxytoxum cf. variabile</i>	3	16,67
<i>Mastogloia rostrata</i>	2	11,11	Gymnodiniales 2A	18	100,00	<i>Oxytoxum</i> spp.	5	27,78
<i>Diploneis</i> spp.	1	5,56	Gymnodiniales 2B	3	16,67	<i>Prorocentrum balticum</i>	2	11,11
Naviculaceae 1A	2	11,11	Gymnodiniales 3A	18	100,00	<i>Prorocentrum compressu</i>	5	27,78
Naviculaceae 1B	6	33,33	Gymnodiniales 3B	3	16,67	<i>Prorocentrum gracil</i>	1	5,56
Complexo <i>Tropidoneis</i>	3	16,67	Gymnodiniales 4A	18	100,00	<i>Prorocentrum micans</i>	1	5,56
<i>Haslea wawriake</i>	1	5,56	Gymnodiniales 4B	2	11,11	<i>Prorocentrum rostratum</i>	1	5,56
Complexo <i>Pleurosigma/Gyrosigma</i>	1	5,56	<i>Cochlodinium</i> spp.	1	5,56	<i>Prorocentrum</i> spp.	5	27,78

continua

continuação

Dinoflagelados			Silicoflagelados		
Táxon	EP	FO	Táxon	EP	FO
<i>Pronoctiluca pelagica</i>	3	16,67	<i>Dictyocha fibula</i>	2	11,11
<i>Pronoctiluca rostrata</i>	1	5,56	<i>Octatis octonaria</i>	1	5,56
<i>Pronoctiluca spinifer</i>	3	16,67	Cocolitoforídeos		
Dinoflagelado tecido NI 1A	10	55,56	<i>Daktylethra pirus</i>	1	5,56
Dinoflagelado tecido NI 1B	1	5,56	<i>Calciosolenia murray</i>	5	27,78
Dinoflagelado tecido NI 2A	4	22,22	<i>Coccolithus</i> sp.	6	33,33
Dinoflagelado tecido NI 3A	12	66,67	<i>Halopappus adriaticus</i>	2	11,11
Dinoflagelado tecido NI 4A	15	83,33	<i>Ophiaster hydroideus</i>	3	16,67
Dinoflagelado tecido NI 4B	2	11,11	<i>Discosphaera tubifer</i>	5	27,78
Cianofíceas			<i>Rhabdosphaera clavigera</i>	1	5,56
Ordem Oscillatoriales	10	55,56	<i>Syracosphaera</i> spp.	2	11,11
<i>Trichodesmium hildebrandtii</i>	2	11,11	<i>Umbellosphaera irregularis</i>	2	11,11
<i>Trichodesmium thiebautii</i>	2	11,11	cocolitoforídeo NI	8	44,44
Ordem Nostocales	18	100,00			
<i>Richelia intracellularis</i>	2	11,11			

NI = Não identificados

2.3 Densidade celular

As densidades (cel.L^{-1}) fitoplanctônicas variaram da seguinte forma: **fitoplâncton total** – $3,6 \cdot 10^6$ a $13,2 \cdot 10^6 \text{ cel.L}^{-1}$, com média de $6,4 \pm 2,4 \cdot 10^6 \text{ cel.L}^{-1}$; **microfitoplâncton** – $3,8 \cdot 10^3$ a $17,9 \cdot 10^3 \text{ cel.L}^{-1}$, com média de $9,2 \pm 3,7 \cdot 10^3 \text{ cel.L}^{-1}$ (Tabela 2.3-1). Os valores do nanoplâncton são muito semelhantes aos do fitoplâncton total, pois essa fração foi a que mais contribuiu para a comunidade fitoplanctônica (Tabela 2.3-1).

As densidades médias de fitoplâncton observadas em estudos anteriores realizados na área do Bloco BM-S-40 foram muito inferiores às registradas no presente estudo: $9.838 \pm 2.213 \text{ ind/L}$ (PETROBRAS/BOURSCHEID, 2014a); $6.000,00 \pm 6.886,84 \text{ ind/L}$ (PETROBRAS/BOURSCHEID, 2014b); $487,50 \pm 435,69 \text{ ind/L}$ (PETROBRAS/BOURSCHEID, 2016); $77,50 \pm 97,65 \text{ ind/L}$ (PETROBRAS/BOURSCHEID, 2019a); $512,50 \pm 439,34 \text{ ind/L}$ (PETROBRAS/BOURSCHEID, 2019b); $13.297,50 \pm 8.675,76 \text{ ind/L}$ (PETROBRAS/BOURSCHEID, 2019c); $2.667,50 \pm 671,54 \text{ ind/L}$ (PETROBRAS/BOURSCHEID, 2019d).

No estudo na Bacia de Santos realizado em 2019 (QGEP/AECOM, 2019) os valores médios obtidos para o nanoplâncton (variação entre $1,6 \cdot 10^6 \text{ cel.L}^{-1}$ e $7,0 \cdot 10^6 \text{ cel.L}^{-1}$) foram mais semelhantes aos obtidos no presente estudo, mas ainda foram mais baixos. Em outros trabalhos desenvolvidos também na Bacia de Santos as maiores densidades do nanoplâncton foram iguais a $6,4 \cdot 10^6 \text{ cel.L}^{-1}$ (AS/PEG, 2003) e a $2,4 \cdot 10^6 \text{ cel.L}^{-1}$ (TOTAL/PIR2, 2018).

A maior densidade nanoplânctônica foi observada na estação 6 a 70 m de profundidade e o menor valor ocorreu na estação 2 a 5 m de profundidade (Figura 2.3-1). Apenas 39% das densidades de nanoplâncton ficaram acima da média para a área ($6,4 \cdot 10^6 \text{ cel.L}^{-1}$; $DP = 2,4 \cdot 10^6 \text{ cel.L}^{-1}$). Na fração microfitoplânctônica a maior densidade ocorreu na estação 5 a 5 m de profundidade e o menor valor foi registrado na estação 1 a 295 m de profundidade (Figura 2.3-2). Aproximadamente 44% das densidades do microfitoplâncton ficaram acima da média observada na área ($9,2 \cdot 10^3 \text{ cel.L}^{-1}$; $DP = 3,7 \cdot 10^3 \text{ cel.L}^{-1}$).

TABELA 2.3-1. Densidade celular (cel.L^{-1}), mínimo e máximo do fitoplâncton total, nanoplâncton e microfitoplâncton em cada estação e profundidade de coleta na área do Bloco BM-S-40 na Bacia de Santos em março de 2021.

Estação	Fitoplâncton Total			Nanoplâncton			Microfitoplâncton		
	5 m	70 m	> 200 m	5 m	70 m	> 200 m	5 m	70 m	> 200 m
1	5046936	4611600	5471122	5035942	4604659	5471122	10994	6941	3790
2	3562201	4317574	3687486	3555260	4309632	3687486	6941	7942	5253
3	8738259	6695773	5058316	8727565	6688519	5058316	10693	7254	5515
4	5029133	5519963	8577344	5019190	5512147	8577344	9943	7817	6629
5	8633446	8987457	6023685	8615530	8974044	6023685	17916	13413	7379
6	7428663	13246401	5220625	7416750	13231393	5220625	11913	15008	10975
Mínimo	3562201	4317574	3687486	3555260	4309632	3687486	6941	7254	3790
Máximo	8738259	13246401	8577344	8727565	13231393	8577344	17916	15008	10975

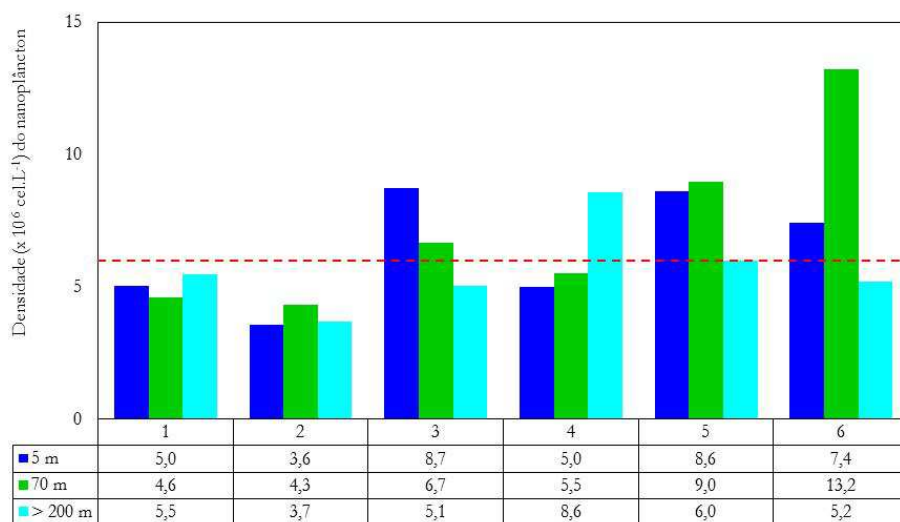


FIGURA 2.3-1. Densidade celular do nanoplâncton total (10^6 cel.L^{-1}) em cada estação e profundidade de coleta na área do Bloco BM-S-40 na Bacia de Santos em março de 2021. A linha pontilhada representa a média geral.

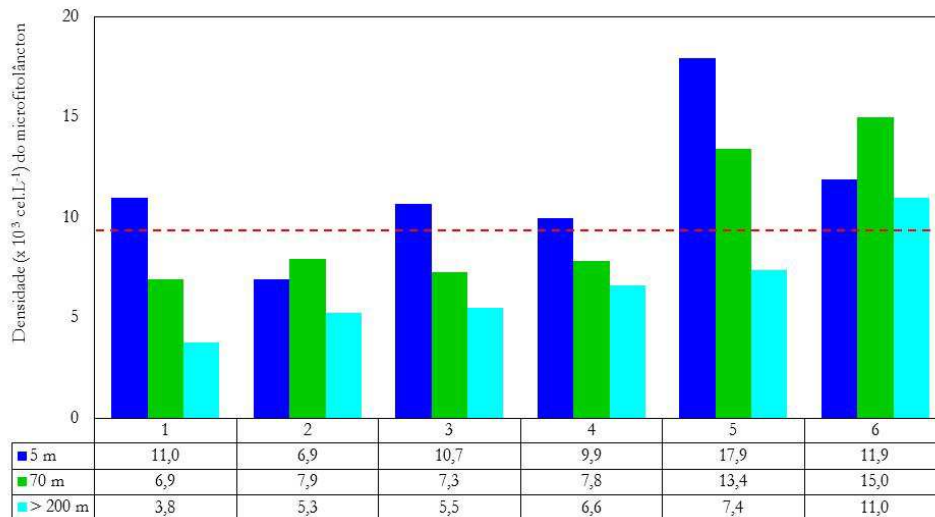


FIGURA 2.3-2. Densidade celular do microfitoplâncton total (10^3 cel.L^{-1}) em cada estação e profundidade de coleta na área do Bloco BM-S-40 na Baía de Santos em março de 2021. A linha pontilhada representa a média geral.

As densidades do nanoplâncton não foram significativamente diferentes entre as três profundidades (Kruskal Wallis; $H = 0,5029240$; $p = 0,7777$). O maior valor médio foi observado a 70 m de profundidade (Figura 2.3-3). No caso do microfitoplâncton também não houve diferença significativa entre as três profundidades de coleta (ANOVA; $p = 0,060888$). Entretanto, as densidades médias diminuíram gradativamente com o aumento da profundidade de coleta (Figura 2.3-3).

A composição e a abundância do fitoplâncton em um ecossistema sofrem influência de fatores físico-químicos, sazonalidade, limitação de nutrientes, misturas de massas de água e de variações nas taxas de predação e outras interações ecológicas (CALBET *et al.*, 2001; BERGLUND *et al.*, 2005; HUANG *et al.*, 2008; AJANI *et al.*, 2020; ALLEN *et al.*, 2020).

O nanoplâncton participa da produtividade primária (autotróficos) e da remineralização dos nutrientes (heterotróficos) em ecossistemas marinhos, além de servirem como alimento para outros organismos planctônicos (AZAM *et al.*, 1983; HUANG *et al.*, 2008). A dominância do nanoplâncton em águas oceânicas está relacionada a alta relação superfície:volume das células desses organismos o que possibilita um tempo curto de geração, altas taxas de crescimento e maior eficiência na assimilação dos nutrientes (DUGDALE & GOERING, 1967; EPPLEY *et al.*, 1969, MALONE, 1971). Essa fração fitoplanctônica também predomina em outras regiões marinhas do Brasil e do mundo (MOLONEY *et al.*, 1991; VAULOT *et al.*, 1997; EKAU & KNOPPERS, 1999; SUSINI-RIBEIRO, 1999; ZUBKOV *et al.*, 2000; TENENBAUM *et al.*, 2007; ZHANG *et al.*, 2008; MOSER *et al.*, 2014; BARRERA-ALBA *et al.*, 2019).

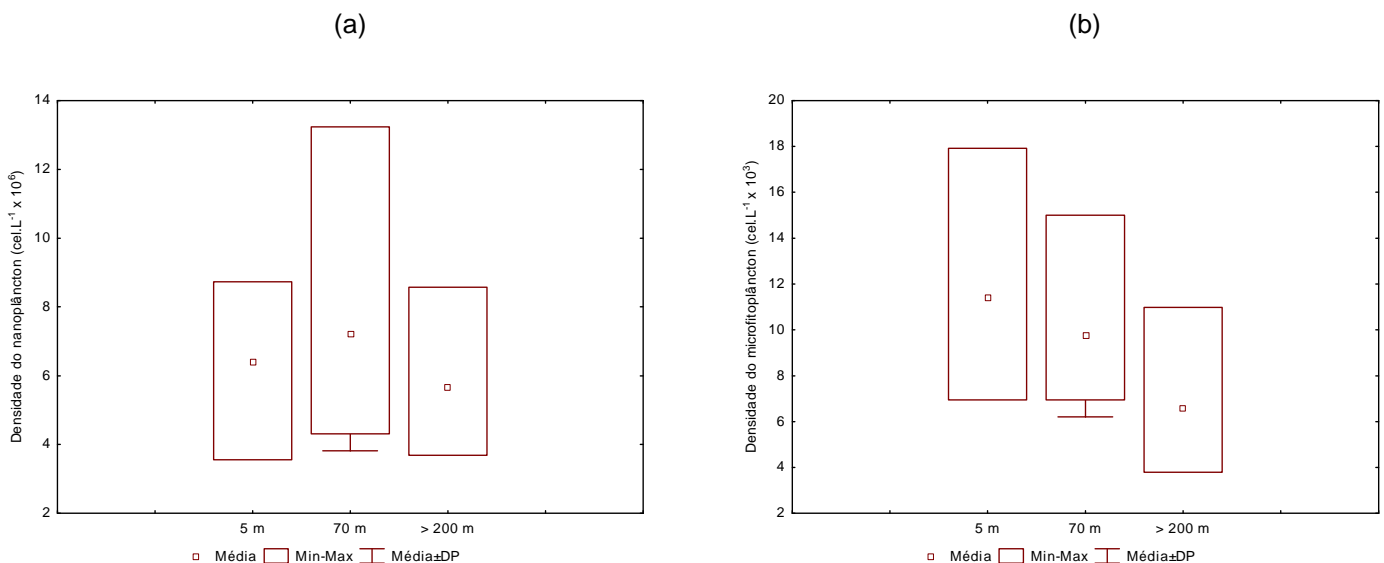


FIGURA 2.3-3. Densidade celular (cel.L^{-1}) média, mínimo e máximo e desvio padrão (DP) do nanoplâncton (a) e do microfitoplâncton (b) em cada estação e profundidade de coleta na área do Bloco BM-S-40 na Baía de Santos em março de 2021.

Em relação ao microfitoplâncton, os valores médios de densidade de diatomáceas diminuíram com o aumento da profundidade (Figura 2.3-4) e houve diferença significativa (ANOVA; $p = 0,008773$). As amostras coletadas a 5 m de profundidade foram diferentes das obtidas a 70 m ($p = 0,026160$) e próximo do fundo ($p = 0,012257$). As densidades médias dos dinoflagelados aumentaram de 5 m para 70 m de profundidade e depois diminuíram muito próximo ao fundo (Figura 2.3-4). As diferenças entre as três profundidades foram significativas (ANOVA; $p = 0,000556$). As amostras coletadas a 5 m ($p = 0,007352$) e a 70 m ($p = 0,000662$) de profundidade foram diferentes das obtidas próximo ao fundo. Por outro lado, as cianofíceas tiveram a maior densidade média próximo ao fundo (Figura 2.3-4), mas não houve diferença significativa entre as profundidades (Kruskal-Wallis; $H = 1,167872$; $p = 0,5577$).

Na maioria das estações e profundidades de coleta as diatomáceas e os dinoflagelados foram mais abundantes, alternando a dominância, contribuído com pelo menos 50% da densidade do microfitoplâncton total (Figura 2.3-5). Porém, as cianofíceas dominaram em quase todas as estações nas amostras coletadas próximo ao fundo (Figura 2.3-5). Os silicoflagelados e os cocolitoforídeos tiveram pouca representatividade, mas foram mais abundantes, respectivamente, nas estações 1 e 3 próximo ao fundo e na estação 5 a 70 m de profundidade (Figura 2.3-5).

As diatomáceas e os dinoflagelados também foram os grupos mais abundantes na área do Bloco BM-S-40 nos estudos realizados entre 2014 e 2019 (PETROBRAS/BOURSCHEID, 2014a e b; 2017; 2019a, b, c, d). Em 2016 houve uma maior contribuição de cianofíceas

seguidas pelas diatomáceas (PETROBRAS/BOURSCHEID, 2016). Em outro estudo desenvolvido na Bacia de Santos houve maior abundância de dinoflagelados seguidos por cianofíceas e diatomáceas (QGEP/AECOM, 2019). Em 2018 observou-se uma variação na dominância entre diatomáceas e dinoflagelados na Bacia de Santos (TOTAL/PIR2, 2018).

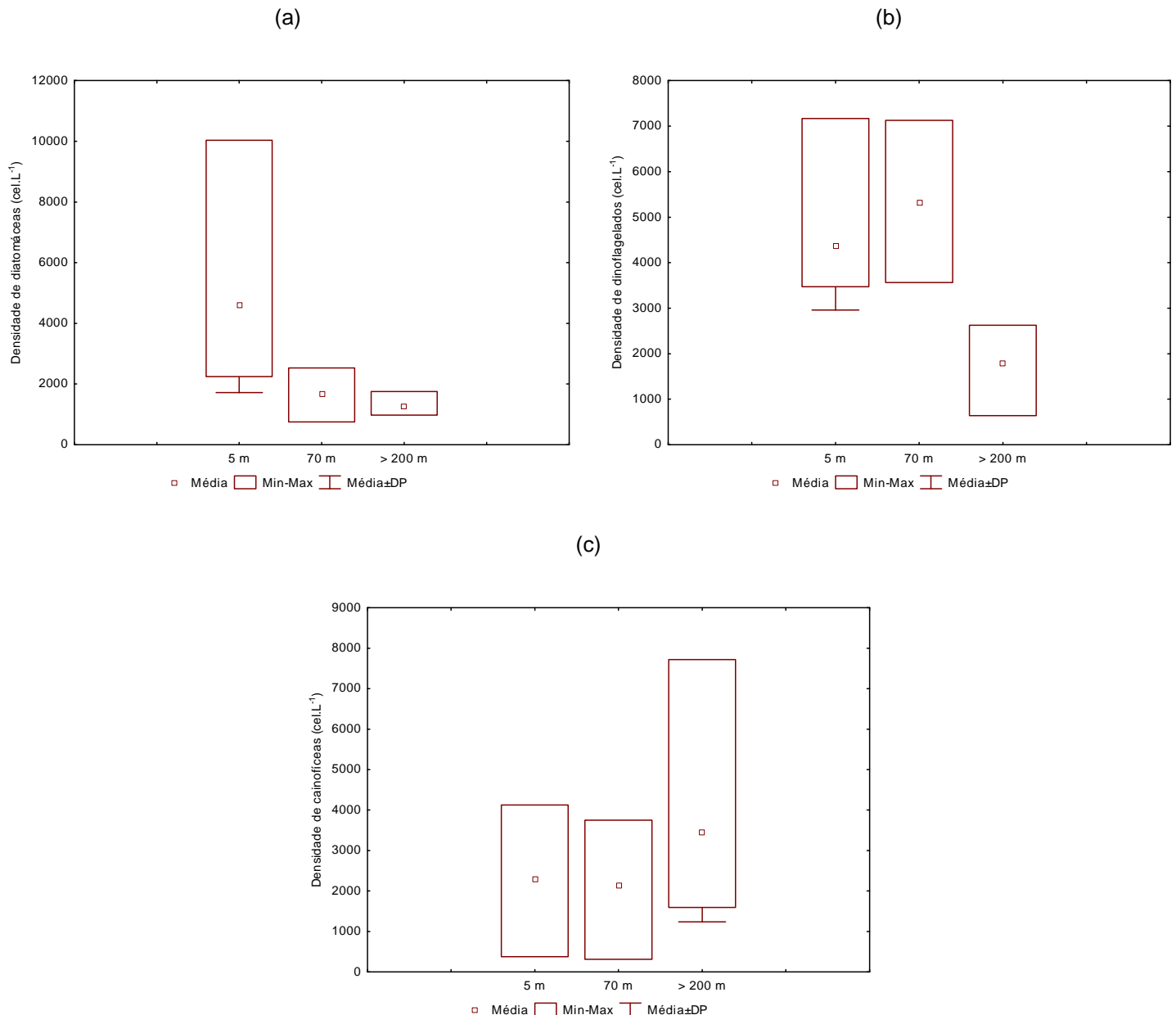


FIGURA 2.3-4. Média, valores mínimo e máximo e desvio padrão da densidade (cel.L⁻¹) de diatomáceas (a), dinoflagelados (b) e cianofíceas (c) registradas em cada profundidade de coleta na área do Bloco BM-S-40 na Bacia de Santos em março de 2021.



FIGURA 2.3-5. Contribuição percentual das categorias taxonômicas da densidade do microfitoplâncton em cada estação e profundidade de coleta na área do Bloco BM-S-40 na Bacia de Santos em março de 2021. Valores na tabela em cel.L⁻¹.

Entre as diatomáceas registradas na área do Bloco BM-S-40 dois táxons foram os mais abundantes: Diatomácea penata 1A e *Cylindrotheca closterium* (= *Ceratonies closterium*) (Anexo B). A espécie *C. closterium* é muito abundante em ecossistemas marinhos no mundo e responde rapidamente às condições ambientais favoráveis ao seu desenvolvimento (r-estrategista) (TENENBAUM *et al.*, 2007; EL GAMMAL *et al.*, 2017; RYABUSHKO *et al.*, 2017). Essa espécie ocorre em ecossistemas marinhos em baixas e altas latitudes e em ambientes salobros (STOCK *et al.*, 2019). As diatomáceas contribuíram com mais de 70% da densidade microfitoplanctônica em um estudo realizado na Baía de Ilha Grande (BARRERA-ALBA *et al.*, 2019).

Aproximadamente 40% da produtividade primária nos ambientes marinhos é derivadas diatomáceas (TRÉGUER *et al.*, 2018; HARVEY *et al.*, 2019; VINCENT & BOWLER, 2020). A contribuição desse grupo na produtividade primária dos oceanos Atlântico e Pacífico Norte é de 48% e 25%, respectivamente (NELSON & BRZEZINSKI, 1997; BRZEZINSKI *et al.*, 1998). As diatomáceas são importantes também para a bomba biológica de carbono de ecossistemas marinhos e contribuem com pelo menos 40% desse processo (CROMBET *et al.*, 2011; TRÉGUER *et al.*, 2018; LAVOIE & RAVEN, 2020). Esses organismos são abundantes principalmente em ambientes com alto teor de nutrientes, em áreas de ressurgência, por exemplo, em detrimento de outros grupos como os dinoflagelados (VINCENT & BOWLER, 2020).

Os dinoflagelados da Ordem Gymnodiniales 2A foram os mais abundantes na área do Bloco BM-S-40 em 2021 (Anexo B). A identificação ao nível taxonômico de espécie é dificultada devido à fixação com formol que altera o formato de dinoflagelados atecados e por causa do tamanho pequeno das células dos representantes dessa ordem (< 50 µm). Os dinoflagelados possuem grande riqueza com variedade de morfologia e de estratégias de adaptação, e por isso, são capazes de colonizar ambientes diferentes (SMAYDA & REYNOLDS, 2001; 2003; ISLABÃO & ODEBRECHT, 2007). Os dinoflagelados heterotróficos dominam em regiões oceânicas oligotróficas em detrimento dos tipicamente autotróficos. A limitação de nutrientes nesses ambientes favorece os heterotróficos na competição por recursos (CHANG *et al.*, 2003; GÓMEZ, 2007; TENENBAUM *et al.*, 2017). Em águas do talude na Baía de Campos os dinoflagelados tiveram alta riqueza e foram abundantes na Baía da Ilha Grande e na Baía de Santos (TENENBAUM *et al.*, 2017; BARRERA-ALBA *et al.*, 2019).

Entre as cianofíceas a Ordem Nostocales dominou na área do Bloco BM-S-40 durante o presente estudo (Anexo B). O aumento de cianofíceas em ambientes marinhos pode ocorrer devido à maior disponibilidade de nutrientes em decorrência do afloramento da

Água Central do Atlântico Sul (ACAS) e pela ação de vórtices e meandros que contribuem para a fertilização das camadas mais superficiais da coluna de água (PAERL & PAUL, 2011; SUKENIK *et al.*, 2012; MOSER *et al.*, 2014). As cianofíceas são importantes para o ciclo biogeoquímico do nitrogênio, pois são capazes de fixar o nitrogênio atmosférico (ARRIGO, 2005; FOSTER *et al.*, 2011; SANT'ANNA *et al.*, 2011). Os representantes do gênero *Trichodesmium* são fontes importantes de nitrogênio no ambiente marinho, pois são fixadores desse elemento (ARRIGO, 2005; STAL, 2009; FOSTER *et al.*, 2011; KARLUSICH *et al.*, 2020).

Em 2021 na área do Bloco BM-S-40 os silicoflagelados foram representados principalmente pela espécie *Dictyocha fibula*, enquanto os cocolitoforídeos mais abundantes foram *Coccolithus* sp. (Anexo B).

Os cocolitoforídeos ocorrem com frequência em regiões marinhas oligotróficas e estratificadas, sendo mais abundantes até a termoclina (HAGINO *et al.*, 2000; ANDRULEIT *et al.*, 2003). Esses organismos conseguem aproveitar com sucesso a baixa concentração de nutrientes porque têm uma alta razão superfície:volume (SMAYDA & REYNOLDS, 2003). Os cocolitoforídeos são muito importantes nos ciclos biogeoquímicos, pois são responsáveis por aproximadamente metade da precipitação do carbonato de cálcio nos oceanos (KARLUSICH *et al.*, 2020).

Em um estudo desenvolvido na Bacia de Santos os táxons dominantes foram os dinoflagelados da Ordem Gymnodiniales e as cianofíceas da Ordem Nostocales (QGEP/AECOM, 2019). Em 2018 na Bacia de Santos as diatomáceas, os dinoflagelados e as cianofíceas dominantes foram, respectivamente *Cylindrotheca closterium*, Ordem Gymnodiniales e Ordem Nostocales (TOTAL/PIR2, 2018).

2.4 Estrutura das comunidades

2.4.1 Índices taxonômicos

O índice de diversidade específica de Shannon-Wiener na área do Bloco BM-S-40 variou entre 1,58 e 3,47 (Figura 2.4.1-1), com média de 2,75 (DP = 0,49). O menor valor foi observado na estação 5 a 210 m de profundidade e a maior diversidade ocorreu na estação 6 a 70 m de profundidade (Figura 2.4.1-1). Aproximadamente 67% das amostras tiveram valores de diversidade superiores à média (Figura 2.4.1-1). A menor diversidade provavelmente foi influenciada pela alta abundância de cianofíceas da Ordem Nostocales

que dominaram na amostra coletada na estação 5 a 210 m de profundidade (Anexo B). Os maiores valores de diversidade observados na área do Bloco BM-S-40 em 2021 foram superiores aos registrados na mesma área em estudos anteriores quando as diversidades ficaram entre 0 e 2,93 (PETROBRAS/BOURSCHEID, 2014a e b; 2016; 2017; 2019a, b, c, d). Os valores de diversidade registrados em outro estudo realizado na Bacia de Santos (diversidade entre 1,38 e 2,83) também ficaram abaixo dos valores mínimo e máximo obtidos na área do Bloco BM-S-40 em 2021 (QGEP/AECOM, 2019). Em 2018 a diversidade observada na Bacia de Santos variou entre 0,73 a 3,97 (TOTAL/PIR2, 2018).

A diversidade média aumentou de 5 m para 70 m e depois caiu nas amostras coletadas próximo ao fundo (Figura 2.4.1-2). A diversidade foi significativamente diferente entre as três profundidades de coleta (ANOVA; $p = 0,039238$). As amostras coletadas a 70 m de profundidade foram diferentes das obtidas próximo ao fundo ($p = 0,031422$).

Valores de diversidade maiores que três são considerados altos e refletem a complexidade da estrutura da comunidade do microfitoplâncton em ambientes oceânicos (HULBURT, 1963; IRIGOIEN *et al.*, 2004). A estabilidade das regiões oceânicas permite uma maior coexistência entre espécies diferentes o que aumenta a diversidade local (BARTON *et al.*, 2010). Na área do Bloco BM-S-40 diversidades superiores a três foram registradas em sete amostras (Figura 2.4.1-1).

A equitabilidade de Pielou variou entre 0,75 e 1,00 na área do Bloco BM-S-40 em 2021 (Figura 2.4.1-3), com média de 0,92 (DP = 0,07). Um total de 61% das amostras teve valor de equitabilidade superior à média (Figura 2.4.1-3). O menor valor ocorreu na estação 5 a 5 m de profundidade e as maiores equitabilidades foram observadas nas estações 3 (250 m), 4 (70 m) e 5 (210 m) (Figura 2.4.1-3). A equitabilidade média aumentou gradativamente a medida que a profundidade aumentava, mostrando uma maior semelhança entre as amostras coletadas próximo ao fundo (Figura 2.4.1-4). Houve diferença significativa entre as três profundidades de coleta (Kruskal- Wallis; $H = 12,62522$; $p = 0,0018$): as amostras coletadas a 5 m de profundidade foram diferentes das obtidas próximo ao fundo ($p = 0,0013$); as amostras de 5m não diferiram das coletadas a 70 m de profundidade.

Nos estudos anteriores realizados na mesma área os valores de equitabilidade ficaram entre 0 e 0,97 (PETROBRAS/BOURSCHEID, 2014a e b; 2016; 2017; 2019a, b, c, d). Na Bacia de Santos os valores de equitabilidade ficaram entre 0,51 e 0,86 (QGEP/AECOM, 2019) e entre 0,46 e 0,98 (TOTAL/PIR2, 2018).

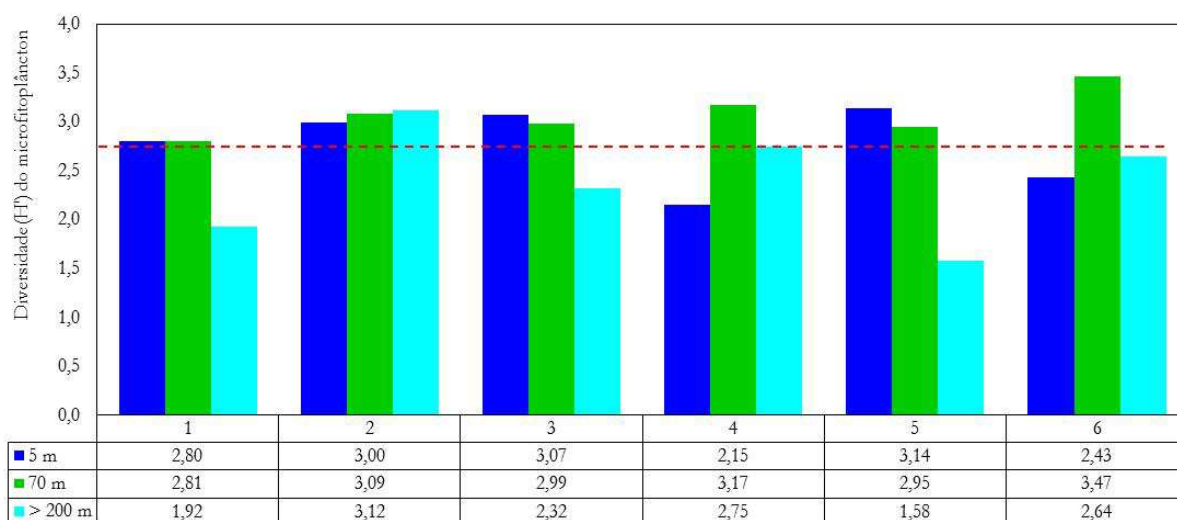


FIGURA 2.4.1-1. Diversidade (H') do microfitoplâncton em cada estação e profundidade de coleta na área do Bloco BM-S-40 na Bacia de Santos em março de 2021.

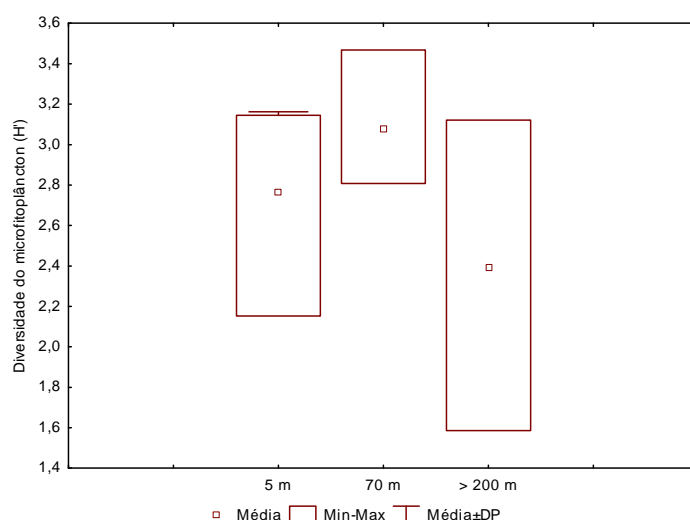


FIGURA 2.4.1-2. Média, valores mínimo e máximo e desvio padrão da diversidade (H') do microfitoplâncton em cada profundidade de coleta na área do Bloco BM-S-40 na Bacia de Santos em março de 2021.

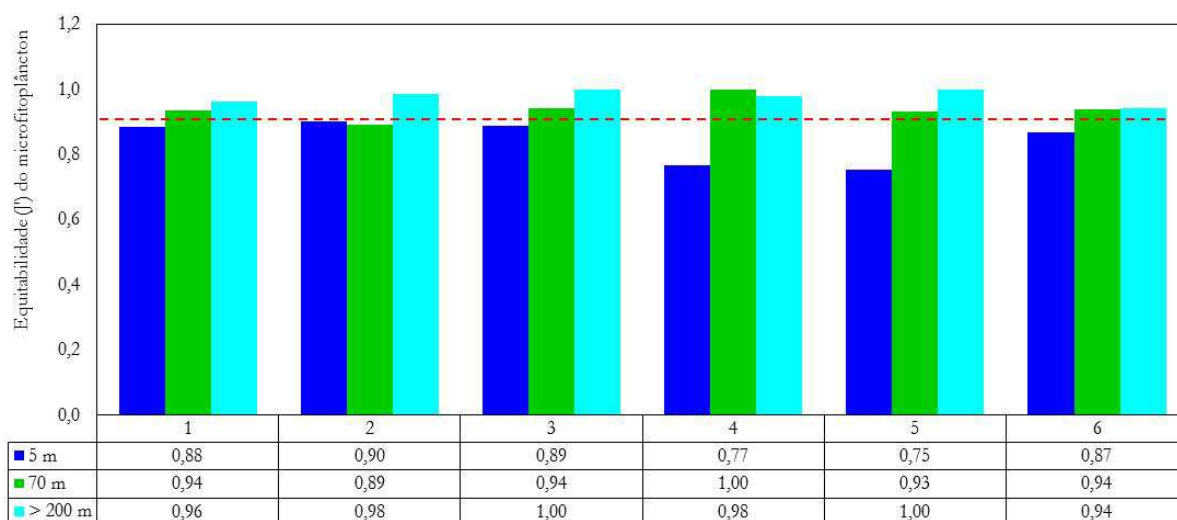


FIGURA 2.4.1-3. Equitabilidade (J') do microfitoplâncton em cada estação e profundidade de coleta na área do Bloco BM-S-40 na Bacia de Santos em março de 2021.

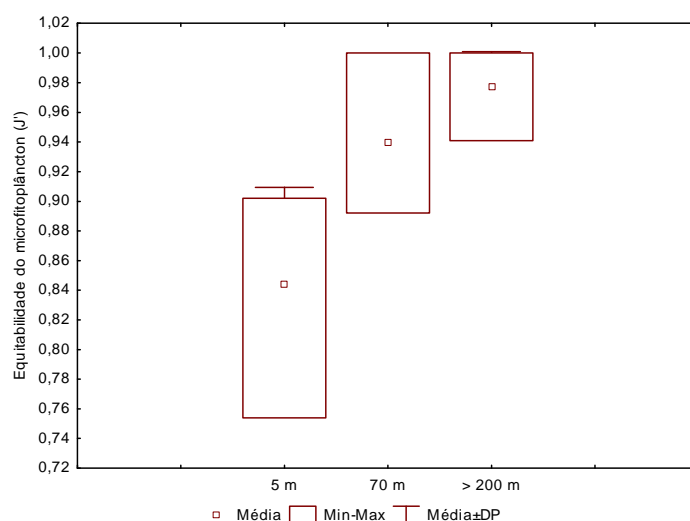


FIGURA 2.4.1-4. Média, valores mínimo e máximo e desvio padrão da equitabilidade (J') do microfitoplâncton em cada profundidade de coleta na área do Bloco BM-S-40 na Bacia de Santos em março de 2021.

2.4.2 Variação vertical da comunidade microfitoplanctônica observada em 2021

A análise de similaridade (ANOSIM) mostrou que houve diferença significativa (nível de significância = 0,1%; R Global = 0,508) na composição da comunidade microfitoplanctônica nas três profundidades de amostragem. Todas as amostras foram significativamente diferentes entre si (nível de significância = 0,2%). A ordenação produzida pelo nMDS mostrou uma separação das amostras coletadas em cada profundidade em função da composição da comunidade microfitoplanctônica (Figura 2.4.2-1). Esse fato evidencia uma diferença na composição e abundância das espécies em cada profundidade de coleta.

O grupo das amostras coletadas a 5 m de profundidade teve maior contribuição de oito espécies, enquanto dez espécies e seis espécies foram as principais formadoras dos grupos de amostras coletadas a 70 m e próximo ao fundo, respectivamente (Tabela 2.4.2-1). A espécie *Cylindrotheca closterium* foi a que mais contribuiu para as comunidades microfitoplanctônicas nas três profundidades de amostragem, com maior percentual de contribuição próximo ao fundo (Tabela 2.4.2-1). A segunda e a terceira espécie com maiores contribuições variaram em cada grupo de amostras (Tabela 2.4.2-1).

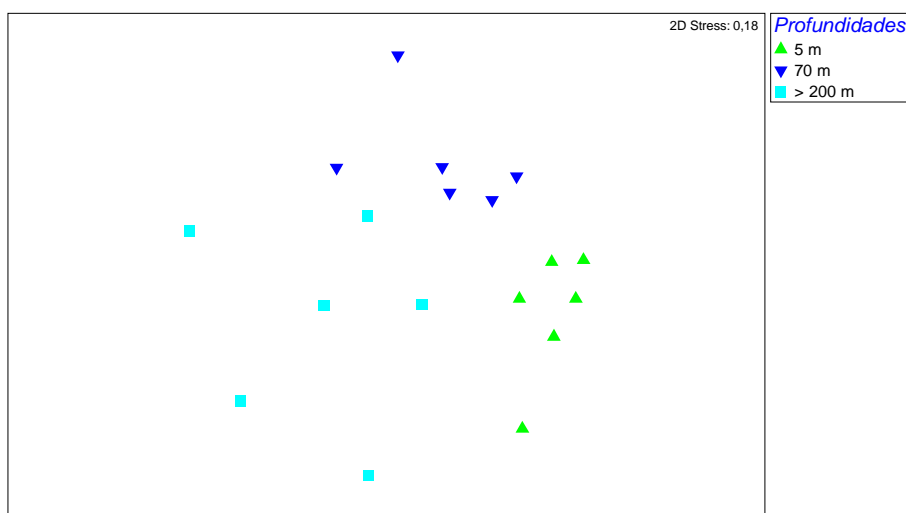


FIGURA 2.4.2-1. Representação gráfica da análise de ordenação não métrica multidimensional (nMDS) com base nas densidades dos táxons de microfitoplâncton coletados nas três profundidades na área do Bloco BM-S-40 na Bacia de Santos em março de 2021.

TABELA 2.4.2-1. Resultado do SIMPER baseado nas densidades dos táxons do microfitoplâncton coletados nas três profundidades na área do Bloco BM-S-40 na Bacia de Santos em março de 2021.

Grupo 1 (5 m)		Grupo 2 (70 m)		Grupo 3 (> 200 m)	
SM = 41,65%	%	SM = 35,00%	%	SM = 20,34%	%
<i>Cylindrotheca closterium</i>	26,54	<i>Cylindrotheca closterium</i>	20,91	<i>Cylindrotheca closterium</i>	33,04
<i>Proboscia alata</i>	18,18	<i>Oxytoxum gracile</i>	18,46	<i>Leptocylindrus mediterraneus</i>	29,51
<i>Nitzschia longissima</i>	12,94	<i>Discosphaera tubifer</i>	11,16	<i>Pronoctiluca spinifer</i>	13,32
<i>Pseudo-nitzschia</i> complexo " <i>delicatissima</i> "	8,79	<i>Nitzschia longissima</i>	10,75	<i>Oxytoxum crassum</i>	6,45
<i>Torodinium robustum</i>	7,85	<i>Calciosolenia murrayi</i>	10,16	<i>Dictyocha fibula</i>	5,6
<i>Chaetoceros pendulus</i>	7,53	<i>Prorocentrum compressum</i>	5,65	<i>Prorocentrum compressum</i>	4,45
<i>Pseudo-nitzschia</i> complexo " <i>seriata</i> "	5,05	<i>Oxytoxum crassum</i>	5,45		
<i>Scrippsiella acuminata</i>	3,32	<i>Oxytoxum gladiolus</i>	5,04		
		<i>Oxytoxum</i> cf. <i>caudatum</i>	2,06		
		<i>Scrippsiella acuminata</i>	1,85		

3 Considerações finais

A maior parte do nanoplâncton registrado na área do Bloco BM-S-40 permaneceu como não identificado, pois são organismos com tamanho muito pequeno o que dificulta a identificação. Entretanto, foram identificados representantes de diatomáceas, dinoflagelados, cianofíceas e cocolitoforídeos.

O microfitoplâncton foi representado por 97 táxons, sendo 41 dinoflagelados, 39 diatomáceas, dez cocolitoforídeos, cinco cianofíceas e dois silicoflagelados. Nessa fração do fitoplâncton 51% dos organismos foram identificados em nível específico.

Os dinoflagelados contribuíram com 42% dos táxons identificados, seguidos pelas diatomáceas com 40%. Os cocolitoforídeos representaram 11% dos táxons da área de estudo, enquanto que as cianofíceas e os silicoflagelados contribuíram juntos com 7% do total.

A comunidade microfitoplanctônica foi formada por espécies neríticas, oceânicas, pelágicas e bentônicas. Não foram registradas espécies invasoras na área do Bloco BM-S-40.

Algumas espécies consideradas oportunistas são: **diatomáceas** - *Dactyliosolen fragilissimus*, *Pseudo-nitzschia* complexo "*delicatissima*" e o gênero *Thalassiosira*; **dinoflagelados** - *Prorocentrum balticum*, *Prorocentrum gracile*, *Prorocentrum micans*.

Algumas espécies que são formadoras de *bloom* e que podem ser potencialmente tóxicas são: **diatomáceas** - *Cylindrotheca closterium*, *Leptocylindrus danicus*, *Pseudo-nitzschia* complexo "*delicatissima*", **dinoflagelados** - *Prorocentrum micans*, *Prorocentrum balticum*, *Prorocentrum gracile*, *Karenia cf. brevis*; **silicoflagelados** - *Dictyocha fibula*; **cianofíceas** - *Trichodesmium thiebautii*. O dinoflagelado *Triplos fusus* está entre as espécies consideradas potencialmente nocivas.

A riqueza do microfitoplâncton variou entre 19 e 34 táxons (média de 25 táxons; DP = 4,0), e 56% das amostras tiveram riqueza igual ou superior à média. Houve diminuição da riqueza média com o aumento da profundidade de coleta, mas a diferença não foi significativa.

Um total de 26 táxons ocorreu em apenas uma das amostras (FO = 5,56%), sendo 11 diatomáceas, 12 dinoflagelados, um silicoflagelado e dois cocolitoforídeos. O maior número (7 táxons) de táxons exclusivos ocorreu na estação 3.

Apenas Diatomácea penata 1A, Gymnodiniales 1A, Gymnodiniales 2A, Gymnodiniales 3A, Gymnodiniales 4A, *Heterocapsa* spp. e indivíduos da Ordem Nostocales ocorreram em 100% das amostras. As diatomáceas *Cylindrotheca closterium*, Diatomácea penata 4A, Diatomácea penata 5A, e o Dinoflagelado tecado NI 4A foram classificados como constantes.

As densidades do fitoplâncton variaram da seguinte forma: **fitoplâncton total** – $3,6.10^6$ a $13,2.10^6$ cel.L⁻¹; **microfitoplâncton** – $3,8.10^3$ a $17,9.10^3$ cel.L⁻¹. Os valores do nanoplâncton são muito semelhantes aos do fitoplâncton total, pois essa fração foi a que mais contribuiu na comunidade fitoplanctônica.

A maior densidade nanoplânctônica foi observada na estação 6 a 70 m de profundidade e o menor valor ocorreu na estação 2 a 5 m de profundidade. Na fração microfitoplanctônica a maior densidade ocorreu na estação 5 a 5 m de profundidade e o menor valor foi registrado na estação 1 a 295 m de profundidade.

As densidades do nanoplâncton e do microfitoplâncton não foram significativamente diferentes entre as três profundidades.

A comunidade microfitoplanctônica foi dominada por diatomáceas e dinoflagelados, que alternaram a dominância e contribuíram com pelo menos 50% da densidade do microfitoplâncton total. As cianofíceas dominaram em quase todas as estações nas amostras coletadas próximo ao fundo. Os silicoflagelados e os cocolitoforídeos tiveram pouca representatividade. Houve diferença significativa das densidades de diatomáceas e dinoflagelados entre as três profundidades de coleta. As densidades das cianofíceas não variaram significativamente com o aumento da profundidade.

O grupo das diatomáceas na área do Bloco BM-S-40 foi dominado por dois táxons: Diatomácea penata 1A e *Cylindrotheca closterium*. Os dinoflagelados da Ordem Gymnodiniales 2A foram os mais abundantes e as cianofíceas da Ordem Nostocales dominaram nesse grupo. Os silicoflagelados foram representados principalmente pela espécie *Dictyocha fibula*, enquanto os cocolitoforídeos mais abundantes foram *Coccolithus* sp.

O índice de diversidade específica de Shannon-Wiener variou entre 1,58 e 3,47, com média de 2,75 (DP = 0,49). O menor valor ocorreu na estação 5 a 210 m de profundidade e a maior

diversidade foi registrada na estação 6 a 70 m de profundidade. A menor diversidade provavelmente foi influenciada pela alta abundância de cianofíceas da Ordem Nostocales. Houve diferença significativa dos valores de diversidade em relação às profundidades de coleta.

A equitabilidade de Pielou variou entre 0,75 e 1,00 na área de estudo, com média de 0,92 (DP = 0,07). O menor valor ocorreu na estação 5 a 5 m de profundidade e as maiores equitabilidades foram observadas nas estações 3 (250 m), 4 (70 m) e 5 (210 m). Houve diferença significativa da equitabilidade entre as três profundidades de coleta.

Houve diferença significativa na composição da comunidade microfitoplanctônica entre as três profundidades de amostragem realizadas. A espécie *Cylindrotheca closterium* foi a que mais contribuiu para as comunidades microfitoplanctônicas nas três profundidades de amostragem. A segunda e a terceira espécie com maiores contribuições variaram em cada grupo de amostras.

4 Equipe

Dra. Ana Cristina Teixeira Bonecker	
IBAMA	197867
CRBio	07237/02

Dra. Márcia Salustiano de Castro	
IBAMA	226197
CRBio	24861/02

5 Referências bibliográficas

AJANI, P. A.; DAVIES, C. H.; ERIKSEN, R. S.; RICHARDSON, A. J. 2020. Global warming impacts micro-phytoplankton at a long-term Pacific Ocean coastal station. **Frontiers in Marine Science**, v. 7, 576011, <https://doi.org/10.3389/fmars.2020.576011>.

ALLEN, S.; HENSON, S.; HICKMAN, A.; BEAULIEU, C.; DONCASTER, P. C.; JOHNS, D. G. 2020. Interannual stability of phytoplankton community composition in the North-East Atlantic. **Marine Ecology Progress Series**, v. 655, p. 43-57.

ANDRULEIT, H.; STAGER, S.; ROGALLA, U.; CEPEK, P. 2003. Living coccolithophores in the northern Arabian Sea: ecological tolerances and environmental control. **Marine Micropaleontology**, v. 49, n. 1, p. 157-181.

ARRIGO, K. R. 2005. Marine microorganisms and global nutrient cycles. **Nature**, v. 437, n. 15, p. 349-355.

AS (Analytical Solutions S.A.); PEG (Petroleum Environmental Geoservices Ltda.). 2003. **Projeto Diagnóstico Ambiental das Áreas de Exploração e Produção nas Bacias de Santos, Campos e Espírito Santo (MMA - Ministério do Meio Ambiente e PETROBRAS - Petróleo Brasileiro S.A.). Primeira etapa - Relatório referente à Bacia de Santos. (5 anexos).** 578 p.

AZAM, F.; FENCHEL, T.; FIELD, J. G.; GRAY, J. S.; MEYER-REIL, L. A.; THINGSTAD, F. 1983. The ecological role of water-column microbes in the sea. **Marine Ecology Progress Series**, v. 10, p. 257-263.

BARRERA-ALBA, J. J.; ABREUB, P. C.; TENENBAUM, D. R. 2019. Seasonal and inter-annual variability in phytoplankton over a 22-year period in a tropical coastal region in the southwestern Atlantic Ocean. **Continental Shelf Research**, v. 176, p. 51-63.

BARTON, A. D.; DUTKIEWICZ, S.; FLIERL, G.; BRAGG, J.; FOLLOWS, M. J. 2010. Patterns of diversity in marine phytoplankton. **Science**, v. 327, p. 1509-1511.

BERGESCH, M.; ODEBRECHT, C.; MOESTRUP, O. 2008. Nanoflagellates form coastal waters of southern Brazil (32°S). **Botanica Marina**, v. 51, p. 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**, v. 27, p. 923-935.

BICUDO, C. E.; MENEZES, M. 2006. **Gêneros de algas Continentais do Brasil - chave para identificação e descrições**. 2ª edição. São Carlos: Editora RIMA. 502 p.

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**. Fundação de Estudos do Mar. FEMAR. 196 p.

BRZEZINSKI, M. A.; VILLAREAL, T. A.; LIPSCHULTZ, F. 1998. Silica production and the contribution of diatoms to new and primary production in the central North Pacific. **Marine Ecology Progress Series**, v. 167, p. 89-104.

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**, v. 23, p. 283-292.

CHANG, F. H. 2019. The Marine Biota of New Zealand. Catalogue and description of the coccolithophores (Haptophyta, Coccolithophyceae), calcareous, scale-bearing microalgae, in New Zealand waters. Wellington: NIWA (National Institute of Water and Atmospheric Research). 131 p.

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**, v. 25, p. 737-758.

CHASE, A. P.; KRAMER, S. J.; HAËNTJENS, N.; BOSS, E. S.; KARP-BOSS, L.; EDMONDSON, M.; GRAFF, J. R. 2020. Evaluation of diagnostic pigments to estimate phytoplankton size classes. **Limnology and Oceanography: Methods**, v. 18, p. 570-584.

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

CLARKE, K. R.; WARWICK, R. M., 2001. **Change in marine communities: an approach to statistical analysis and interpretation**. 2ª Edição. Plymouth, UK, Primer-E Ltd., Plymouth Marine Laboratories. 172 p.

CROMBET, Y.; LEBLANC, K.; QUÉGUINER, B.; MOUTIN, T.; RIMMELIN, P.; RAS, J.; CLAUSTRÉ, H.; LEBLOND, N.; ORIOL, L.; PUJO-PAY, M. 2011. Deep silicon maxima in the stratified oligotrophic Mediterranean Sea. **Biogeosciences**, v. 8, p. 459-475.

CUPP, E. E. 1943. Marine plankton diatom of the West coast of North America. **Bulletin of the Scripps Institution of Oceanography**, v. 5, n. 1, 238 p.

DRAREDJA, M. A., FRIHI, H., BOUALLEG, C.; GOFART, A.; ABADIE, E.; LAABIR, M. 2019. Seasonal variations of phytoplankton community in relation to environmental factors in a protected meso-oligotrophic southern Mediterranean marine ecosystem (Mellah lagoon, Algeria) with an emphasis of HAB species. **Environmental Monitoring and Assessment**, v. 191, 603. <https://doi.org/10.1007/s10661-019-7708-5>.

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

DURSUN, F.; TAS, S.; BAYRAM PARTAL, F.; EDİGER, D. 2020. Determination of phytoplankton composition by microscopy and HPLC-derived pigment analysis in the Sea of Marmara. **Mediterranean Marine Science**, v. 21, n. 3, p. 653-663. doi:<https://doi.org/10.12681/mms.23084>.

EL GAMMAL, M. A. M.; NAGEEB, M.; AL-SABEB, S. 2017. Phytoplankton abundance in relation to the quality of the coastal water - Arabian Gulf, Saudi Arabia. **Egyptian Journal of Aquatic Research**, v. 43, p. 275-282.

EKAU, W.; KNOPPERS, B. 1999. An introduction to the pelagic system of the North-East and East Brazilian shelf. **Archives of Fisheries Marine Research**, v. 47, p.113-132.

EKMAN. 2020. **Projeto de Caracterização Ambiental (PCA) da Acumulação de Patola – BM-S-40**. Processo IBAMA nº02001.026408/2019-45. 26 p.

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

FAUST, M. A.; GULLEDGE, R. A. 2020. **Harmful Marine Dinoflagellates**. Marine Species Identification Portal. [www. http://species-identification.org/](http://species-identification.org/). Acesso em: 23 dezembro 2020.

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**. Hanover: Sheridan Press, 350 p.

FERNANDES, L. F.; BRANDINI, F. P. 2004. Diatom associations in the shelf waters off Paraná State, Southern Brazil: Annual variations in relation to environmental factors. **Brazilian Journal of Oceanography**, v. 52, n. 1, p. 19-34.

FERREIRA, L. C. 2007. **O fitoplâncton na zona de arrebentação de praias urbanas da região metropolitana do Recife, Pernambuco, Brasil**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Pernambuco. 146 p.

FEYZIOGLU, A. M.; BASAR, E.; YILDIZ, I.; OZSOY, B. 2020. Microplankton Composition and Spatial Distribution Along the West Antarctic Peninsula During the Late Summer of 2017. **Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences**, v. 20, n. 10, p. 739-747. http://doi.org/10.4194/1303-2712-v20_10_03.

FOSTER, R. A., KUYPERS, M. M., VAGNER, T., PAERL, R. W., MUSAT, N.; ZEHR, J. P. 2011. Nitrogen fixation and transfer in open ocean diatom-cyanobacterial symbioses. **The ISME Journal**, v. 5, p. 1484-1493.

FRONTIER, S. 1986. L'échantillonnage de la diversité spécifique. In: PERES, J. M. (Ed.), **Stratégies d'Echantillonnage en Écologie**. Québec: Les Press de L'Université Laval de Québec, p. 416-436.

GIRAudeau, J., MONTEIRO, P. M. S.; NIKODEMUS, K. 1993. Distribution and malformation of living coccolithophores in the northern Benguela upwelling system off Namibia. **Marine Micropaleontology**, v. 22, p. 93-110.

GÓMEZ, F. 2007. Gymnodinioid dinoflagellates (Gymnodiniales, Dinophyceae) in the open Pacific Ocean. **Algae**, v. 224, n. 4, p. 273-286.

GONÇALVES, C. P.; PIMENTA, C. M. M.; TENENBAUM, D. R.; GOMES, E. A. T.; EDUARDO, J.; MENDES, M. C. de Q.; MENEZES, M. HATHERLY, M. M. F.; VIANA, S. de C. 2006. Dinoflagelados e Tintínídeos da região central da Zona Econômica Exclusiva brasileira: guia de identificação. In: TENENBAUM, D. R. (Org.). **Série Livros Documentos REVIZEE/Score-Central**. Rio de Janeiro: Museu Nacional. 288 p.

HAGINO, K.; OKADA, H.; MATSUOKA, H. 2000. Spatial dynamics of coccolithophore assemblages in the Equatorial Western-Central Pacific Ocean. **Marine Micropaleontology**, v. 39, p. 53-72.

HARVEY, B. P.; AGOSTINI, S.; KON, K.; WADA, S.; HALL-SPENCER, J. M. 2019. Diatoms dominate and alter Marine food-webs when CO₂ rises. **Diversity**, v. 11, p. 242. doi:10.3390/d11120242.

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

- HEIMDAL, B. R. 1997. Modern Coccolithoforids. In: TOMAS, C. R. (Ed.) **Identifying Marine Phytoplankton**. San Diego: Academic Press, 583 p.
- HENDEY, N. I. 1964. **An Introductory Account of the Smaller Algae of British Coastal Waters, Part V: Bacillariophyceae (Diatoms)**. London: Her Majesty's Stationery Office, 317 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**, v. 605, p. 143-157.
- HULBURT, E. M. 1963. The diversity of phytoplanktonic population in oceanic, coastal and estuarine regions. **Journal of Marine Research**, v. 21, n. 2, p.81-93.
- HULBURT, E. M.; RYTHER, J. H.; GUILLARD, R. R. L. 1960. Phytoplankton of the Sargasso Sea off Bermuda. **ICES Journal of Marine Sciences**, v. 25, n. 2, p. 115-128.
- IGNATIADES, L. 2020. Taxonomic diversity, size-functional diversity, and species dominance interrelations in phytoplankton communities: a critical analysis of data interpretation. **Marine Biodiversity**, v. 50, 58. <https://doi.org/10.1007/s12526-020-01086-4>.
- IRIGOIEN, X.; HUISMAN, J.; HARRIS, R. P. 2004. Global biodiversity patterns of marine phytoplankton and zooplankton. **Nature**, v. 429, p. 863-867.
- ISLABÃO, C. A.; ODEBRECHT, C. 2007. Dinoflagelados (Peridinales, Prorocentrales) do micropâncton na plataforma continental e talude do extremo sul do Brasil (inverno 2005, verão 2007). **Biota Neotropica**, v. 11, n. 3., p.153-166. <http://dx.doi.org/10.1590/S1676-06032011000300012>.
- JAIN, S. 2020. Marine Diatoms. In: **Fundamentals of Invertebrate Palaeontology**. New Delhi Springer Geology. https://doi.org/10.1007/978-81-322-3962-8_7.
- JEFFREY, S. W.; HALLEGRAEFF, G. M. 1980. Studies of phytoplankton species and photosynthetic pigments in a warm core eddy of the east Australian current. I. Summer Populations. **Marine Ecology Progress Series**, v. 3, p. 285-294.
- JOSHI, A. M.; DESAI, A. Y.; BHATT, A. J.; YUSUFZAI, S. I.; KARDANI, H. K. 2019. Checklist of diatoms species available along the Narara and Poshitra Island, Marine National Park, Jamnagar, Gujarat. **International Journal of Fauna and Biological Studies**, v. 6, n. 2, p. 17-20.

KARLUSICH, J. J. P.; IBARBALZ, F. M.; BOWLER, C. 2020. Exploration of marine phytoplankton: from their historical appreciation to the omics era. **Journal of Plankton Research**, v. 42, n. 6, p. 595-612. doi:10.1093/plankt/fbaa049.

KOMÁREK, J.; ANAGNOSTIDIS, K. 1989. Modern approach to the classification system of cyanophytes (Nostocales). **Archiv für Hydrobiologie, Supplement**, v. 82, n. 3, p. 247-345.

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

KRZYWINSKI, M.; ALTMAN, N. 2014. Visualizing samples with box plots. **Nature Methods**, v. 11, n. 2, p. 119-120.

LALLI, C. M.; PARSONS, T. R. 1993. **Biological Oceanography: an introduction**. 2^a edição. Burlington: Pergamon Press. 301 p.

LANGE, C. B.; BERGER, W. H.; LIN, H. L.; WEFER G. 1999. Shipboard Scientific Party Leg 175. The early Matuyama Diatom Maximum off SW Africa, Benguela Current System. (ODP Leg 175). **Marine Geology**, v. 161, p. 93-114.

LAVOIE, M.; RAVEN, J. A. 2020. How can large-celled diatoms rapidly modulate sinking rates episodically? **Journal of Experimental Botany**, v. 71, n. 12, p. 3386-3389. doi:10.1093/jxb/eraa129.

LEGENDRE, L.; LEGENDRE, P. 1998. **Numerical Ecology**. 2^a edição. Developments in environmental Modelling, 20, New York: Elsevier, 853 p.

LEROI, J-M.; HALLEGRAEFF, G. M. 2004. Scale-bearing nanoflagellates from southern Tasmanian coastal waters, Australia. II. Species of Chrysophyceae (Chrysophyta), Prymnesiophyceae (Haptophyta, excluding *Chrysochromulina*) and Prasinophyceae (Chlorophyta). **Botanica Marina**, v. 49, p. 216-235.

LÓPEZ-FUERTE, F. O.; SIQUEIROS-BELTRONES, D. A.; VELEVA, A.; HUERTA-QUINTANILLA, D. A. 2017. Species composition and assemblage structure of microfouling diatoms growing on fiberglass plates off the coast of Yucatán, Mexico. **Hidrobiológica**, v. 27, n. 1, p. 23-37

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

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

MOLONEY, C. L.; FIELD J. G.; LUCAS M. I. 1991. The size-based dynamics of plankton food webs. II. Simulations for three contrasting southern Benguela food webs. **Journal of Plankton Research**, v. 13, p.1039-1092.

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

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

NELSON, D. M.; BRZEZINSKI, M. A. 1997. Diatom growth and productivity in an oligotrophic midocean gyre: a 3-yr record from the Sargasso Sea near Bermuda. **Limnology and Oceanography**, v. 42, p. 473-486.

NYBAKKEN, J. W., 2001. **Marine biology: an ecological approach**. 5ª edição. Benjamin Cummings. 516 p.

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**, v. 13, p. 1-45.

PAERL, H. W.; PAUL, V. J. 2011. Climate change: links to global expansion of harmful cyanobacteria. **Water Research**, v. 46, p. 1349-1363.

PETROBRAS/BOURSCHEID. 2014a. **Relatório Técnico de Avaliação Ambiental. Projeto de Monitoramento Ambiental do Desenvolvimento da Produção de Petróleo dos Campos de Baúna e Piracaba, Bloco BM-S-40, Bacia de Santos. 1ª campanha (fase pré-instalação)**. 359 p.

PETROBRAS/BOURSCHEID. 2014b. **Relatório Técnico de Avaliação Ambiental. Projeto de Monitoramento Ambiental do Desenvolvimento da Produção de Petróleo dos Campos de Baúna e Piracaba, Bloco BM-S-40, Bacia de Santos. 2ª campanha (fase operação)**. 418 p.

PETROBRAS/BOURSCHEID. 2016. **Relatório Técnico de Avaliação Ambiental. Projeto de Monitoramento Ambiental do Desenvolvimento da Produção de Petróleo dos Campos de Baúna e Piracaba, Bloco BM-S-40, Bacia de Santos. 3ª campanha (fase operação).** 458 p.

PETROBRAS/BOURSCHEID. 2017. **Relatório Técnico de Avaliação Ambiental. Projeto de Monitoramento Ambiental do Desenvolvimento da Produção de Petróleo dos Campos de Baúna e Piracaba, Bloco BM-S-40, Bacia de Santos. 4ª campanha (fase operação).** 1.643 p.

PETROBRAS/BOURSCHEID. 2019a. **Relatório Técnico de Avaliação Ambiental. Projeto de Monitoramento Ambiental do Desenvolvimento da Produção de Petróleo dos Campos de Baúna e Piracaba, Bloco BM-S-40, Bacia de Santos. 5ª campanha (fase operação).** 1.656 p.

PETROBRAS/BOURSCHEID. 2019b. **Relatório Técnico de Avaliação Ambiental. Projeto de Monitoramento Ambiental do Desenvolvimento da Produção de Petróleo dos Campos de Baúna e Piracaba, Bloco BM-S-40, Bacia de Santos. 6ª campanha (fase operação).** 2.908 p.

PETROBRAS/BOURSCHEID. 2019c. **Relatório Técnico de Avaliação Ambiental. Projeto de Monitoramento Ambiental do Desenvolvimento da Produção de Petróleo dos Campos de Baúna e Piracaba, Bloco BM-S-40, Bacia de Santos. 7ª campanha (fase operação).** 2.584 p.

PETROBRAS/BOURSCHEID. 2019d. **Relatório Técnico de Avaliação Ambiental. Projeto de Monitoramento Ambiental do Desenvolvimento da Produção de Petróleo dos Campos de Baúna e Piracaba, Bloco BM-S-40, Bacia de Santos. 8ª campanha (fase operação).** 2.574 p.

PROCOPIAK, L. K.; FERNANDES, L. F.; MOREIRA FILHO, H. 2006. Marine and estuarine diatoms (Bacillariophyta) from Parana, southern Brazil: check-list with emphasis on harmful species. **Biota Neotropica**. v. 6, n. 3, <http://www.biotaneotropica.org.br/v6n3/pt/abstract?inventory+bn02306032006>.

QGEP (Queiroz Galvão Exploração e Produção S.A.)/AECOM. 2019. **Primeiro Relatório de Atendimento às Condicionantes da LO Nº 1442/2018 - Sistema de Produção Antecipada (SPA) do Campo de Atlanta, Bloco BS-4, Bacia de Santos. 92 p. (7 anexos).** BDCA (bdca.com.br), código IBGV050022, visitado em 29/04/2021.

RYABUSHKO, V. J.; ZHELEZNOVA, S. N.; NEKHOROSHEV, M. V. 2017. **International Journal on Algae**, v. 19, n. 1, p. 79-84.

RIBEIRO, S. M. M. S. 1996. **Caracterização taxonômica e ecológica das comunidades pico-, nano- e microplanctônicas, superficial e profunda, da zona eufótica do Atlântico Sul**. Tese de Doutorado - Programa de Pós-Graduação em Oceanografia Biológica, Instituto Oceanográfico, Universidade de São Paulo, São Paulo. 155 p.

RIGHETTI, D.; VOGT, M.; ZIMMERMANN, N. E.; GUIRY, M. D.; GRUBER, N. 2020. PhytoBase: A global synthesis of open-ocean phytoplankton occurrences. **Earth System Science Data**, v. 12, p. 907-933. <https://doi.org/10.5194/essd-12-907-2020>.

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

SANT'ANNA, C. L.; BRANCO, L. H. Z.; GAMA JÚNIOR, W. A.; WERNER, V. R. 2011. Lista de Cyanobacteria do Estado de São Paulo. **Biota Neotropica**, v. 11, p. 455-495.

SANTIAGO, M. F. 2004. **Ecologia do fitoplâncton de um ambiente tropical hipersalino (Rio Pisa Sal, Galinhos, Rio Grande do Norte, Brasil)**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Pernambuco. 136 p.

SANTOS, L. P. N.; AFFE, H. M. de J.; NUNES, J. M. de C. 2020. Microfitoplâncton na Baía de Todos Os Santos (Brasil): Composição, diversidade e abundância em um curto período de tempo. **Acta Botanica Malacitana**, v. 45, p. 27-36. <http://dx.doi.org/10.24310/abm.v45i0.5301>.

SHANNON, L. V.; PILLAR, L. C. 1986. The Benguela Ecosystem Part III. Plankton. **Oceanography and Marine Biology: An Annual Review**, v. 24, p. 65-170.

SIEBURTH, M. J.; SMETACEK, V.; LENZ, J. 1978. Pelagic ecosystem structure: heterotrophic compartments of the plankton and their relationship to plankton size fractions. **Limnology and Oceanography**, v. 23, n. 6, p. 1256-1263.

SMAYDA, T. J.; REYNOLDS, C. S. 2001. Community assembly in marine phytoplankton: application of recent models to harmful dinoflagellate blooms. **Journal of Plankton Research**, v. 23, p. 447-461.

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.

SOURNIA, A. 1978. Phytoplankton Manual. **Monographs on Oceanographic Methodology**, v. 6, p. 69-74.

SOURNIA, A.; CHRDTIENNOT-DINET M. J.; RICARD, M. 1991. Marine phytoplankton: how many species in the world ocean? **Journal Plankton Research**, v. 13, n. 5, p. 1093-1099.

STAL, L. J. 2009. Is the distribution of nitrogen-fixing cyanobacteria in the oceans related to temperature. **Environmental Microbiology**, v. 11, n. 7, p.1632-1645.

STEIDINGER, K. A.; TANGEN, K. 1997. Dinoflagellates. In: TOMAS, C. R. (Ed.). **Identifying Marine Phytoplankton**. San Diego: Academic Press, 583 p.

STOCK, W.; VANELSLANDER, B.; RÜDIGER, F.; SABBE, K.; VYVERMAN, W.; KARSTEN, U. 2019. Thermal niche differentiation in the benthic diatom *Cylindrotheca closterium* (Bacillariophyceae) complex. **Frontiers in Microbiology**. v. 21. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2019.01395>

STRICKER, D. 2008. **BrightStat.com: Free statistics online. Computer Methods and Programs in Biomedicine**, v. 92, p. 135-143.

SUKENIK, A.; HADAS, O.; KAPLAN, A.; QUESADA, A. 2012. Invasion of Nostocales (cyanobacteria) to subtropical and temperate freshwater lakes - physiological, regional, and global driving forces. **Frontiers in Microbiology**, v. 3, p. 86.

SUN, D.; LAI, W.; WANG, S.; HUAN, Y.; BILAL, M.; QIU, Z.; HE, Y. 2019. Synoptic relationships to estimate phytoplankton communities specific to sizes and species from satellite observations in coastal waters. **Optics Express**, v. 27, n. 16. A1157. <https://doi.org/10.1364/OE.27.0A1156>.

SUSINI-RIBEIRO, S. M. M. S. 1996. **Caracterização taxonômica e ecológica das comunidades pico, nano- e microplanctônicas, superficial e profunda, da zona eufótica do Atlântico Sul**. Tese de doutorado. Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo, São Paulo. 155 p.

SUSINI-RIBEIRO, S. M. M. 1999. Biomass distribution of pico-, nano-, microplankton on the continental shelf of Abrolhos, East Brazil. **Archive of Fishery Marine Research**, v. 47, n. 2/3, p. 271-284.

SUTHERS, I. M.; RISSIK, D.; RICHARDSON, A. J. 2019. **Plankton. A guide to their ecology and monitoring for water quality**. 2ª edição. Boca Raton: CRC Press. 139 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**, v. 132, p. 1-234.

TEIXEIRA, L. M. P.; CREED, J. C. 2020. A decade on: an updated assessment of the status of marine non-indigenous species in Brazil. **Aquatic Invasions**, v. 15, n. 1, p. 30-43.

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.

TENENBAUM, D. R.; NASCIMENTO, S. M.; VIANNA, S.; FRAGOSO, G.; HATHERLY, M.; MORAES, R. 2017. Estrutura espacial e temporal da comunidade microplanctônica. In: FALCÃO, A. P. C.; MOREIRA, D. L. (Eds.). **Ambiente pelágico: caracterização ambiental regional da Baía de Campos, Atlântico Sudoeste**. Rio de Janeiro: Elsevier. Habitats, v. 5: 127-170.

THRONDSSEN, J. 1978. Preservation and storage. In: SOURNIA, A. (Ed.) **Phytoplankton Manual. Monographs on Oceanographic Methodology**, v. 6, p. 69-74.

THRONDSSEN, J. 1997. The Planktonic Marine Flagellates. In: TOMAS, C. R. (Ed.). **Identifying Marine Phytoplankton**. San Diego: Academic Press, 583 p.

TOMAS, C. R. 1997. **Identifying Marine Phytoplankton**. San Diego: Academic Press, 583 p.

TOTAL (Total E/P do Brasil Ltda.)/PIR2 (PIR2 Consultoria Ambiental Ltda.). 2018. **Relatório de Caracterização Ambiental (PCA) do Campo de Lapa, Bloco BM-S-9, Baía de Santos. 180 p. (13 anexos)**. BDCA (bdca.com.br), código HDOG018474, visitado em 29/04/2021.

TOTTI, C.; CANGINI, M.; FERRARI, C.; KAUS, R.; POMPEI, M.; PUGNETTI, A.; ROMAGNOLI, T.; VANUCCI, S.; SOCAL, G. 2005. Phytoplankton size-distribution and community structure in relation to mucilage occurrence in the northern Adriatic Sea. **Science of The Total Environment**, v. 353, n. 1-3, p. 204-217.

TRÉGUER, P.; BOWLER, C.; MORICEAU, B.; DUTKIEWICZ, S.; GEHLEN, M.; AUMONT, O.; BITTNER, L.; DUGDALE, R.; FINKEL, Z.; IUDICONE, D.; JAHN, O.; GUIDI, L., LASBLEIZ, M.; LEBLANC, K.; LEVY, M.; PONDAVEN, P. 2018. Influence of diatom diversity on the ocean biological carbon pump. **Nature Geoscience**, v. 11, p. 27-37.

- UTERMÖHL, H. 1958. Perfeccionamiento del metodo cuantitativo de fitoplancton. **Asociación Internacional de Limnología Teórica y Aplicada**, v. 9, p. 1-89.
- VAULOT D.; CAMPBELL L.; LIU, H.; NOLLA, H. A. 1997. Annual variability of phytoplankton and bacteria in the subtropical North Pacific Ocean at Station ALOHA during the 1991-1994 ENSO event. **Deep-Sea Research I**, v. 44, n. 2, p. 167-192.
- VENRICK, E. L. 2000. Summer in the Ensenada Front: the distribution of phytoplankton species, July 1985 and September 1988. **Journal of Plankton Research**, v. 22, n. 5, p. 813-841.
- VILLAC, M. C.; TENENBAUM, D. R. 2010. The phytoplankton of Guanabara Bay, Brazil. I. Historical account of its biodiversity. **Biota Neotropica**, v. 10, n. 2, p. 271-293.
- VILLAC, M. C.; CABRAL-NORONHA, A. de P. V.; OLIVEIRA PINTO, T. de. 2008. The phytoplankton biodiversity of the coast of the state of São Paulo, Brazil. **Biota Neotropica**, v. 8, n. 3, p. 151-173.
- VILLAC, M. C.; LOPES, R. L.; RIVERA, I. N. G.; BASSANELLO, R. T.; CUNHA, D. R.; MARTINELLI FILHO, J. E.; SANTOS, D. B. 2009. Capítulo 4: Plâncton. In: LOPES, R. M. (Ed.). **Informe sobre as espécies exóticas invasoras marinhas no Brasil**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente. p. 39-104.
- VINCENT, F.; BOWLER, C. 2020. Diatoms are selective segregators in global ocean planktonic communities. **mSystems**, v. 5, n. 1, e00444-19. <https://doi.org/10.1128/mSystems.00444-19>.
- WOOD, E. J. F. 1968. **Dinoflagellates of the Caribbean Sea and adjacent areas**. Miami: University of Miami Press. 143 p.
- WU, R. S. S. 1982. Effects of taxonomic uncertainty on species diversity indices. **Marine Environmental Research**, v. 6, p. 215-225.
- YONEDA, N. T. 1999. **Plâncton**. Centro de Estudos do Mar, Universidade Federal do Paraná. 53 p.
- ZHANG, Y.; JIAO, N.; HONG, N. 2008. Comparative study of picoplankton biomass and community structure in different provinces from subarctic to subtropical oceans. **Deep-Sea Research II**, v. 55, p. 1605- 1614.

ZUBKOV, M. V.; SLEIGH, M. A.; BURKILL, P. H.; LEAKEY, R. J. G. 2000. Picoplankton community structure on the Atlantic Meridional Transect: a comparison between seasons. **Progress in Oceanography**, v. 45, p. 369-386.

ANEXOS


Rio de Janeiro, 30 de abril de 2021.



Márcia Salustiano de Castro
CRBio 24.861/02
CTF 226197

Anexo A - Cadastro Técnico Federal

 <div style="text-align: center;"> Ministério do Meio Ambiente Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis CADASTRO TÉCNICO FEDERAL CERTIFICADO DE REGULARIDADE - CR </div> 			
Registro n.º	Data da consulta:	CR emitido em:	CR válido até:
197867	29/03/2021	29/03/2021	29/06/2021
Dados básicos:			
CPF: 462.811.697-00			
Nome: ANA CRISTINA TEIXEIRA BONECKER			
Endereço:			
Logradouro: RUA CAROLINA SANTOS			
N.º:	170	Complemento:	706 BL 2
Bairro:	MEIER	Município:	RIO DE JANEIRO
CEP:	20720-310	UF:	RJ
Cadastro Técnico Federal de Atividades e Instrumentos de Defesa Ambiental – CTF/AIDA			
Código CBO	Ocupação	Área de Atividade	
2211-05	Biólogo	Inventariar biodiversidade	
2211-05	Biólogo	Realizar consultoria e assessoria na área biológica e ambiental	
Conforme dados disponíveis na presente data, CERTIFICA-SE que a pessoa física está em conformidade com as obrigações cadastrais do CTF/AIDA.			
A inscrição no Cadastro Técnico Federal de Atividades e Instrumentos de Defesa Ambiental – CTF/AIDA constitui declaração, pela pessoa física, do cumprimento de exigências específicas de qualificação ou de limites de atuação que porventura sejam determinados pelo respectivo Conselho de Fiscalização Profissional.			
O Certificado de Regularidade emitido pelo CTF/AIDA não desobriga a pessoa inscrita de obter licenças, autorizações, permissões, concessões, alvarás e demais documentos exigíveis por instituições federais, estaduais, distritais ou municipais para o exercício de suas atividades, especialmente os documentos de responsabilidade técnica, qualquer o tipo e conforme regulamentação do respectivo Conselho de Fiscalização Profissional, quando exigíveis.			
O Certificado de Regularidade no CTF/AIDA não produz qualquer efeito quanto à qualificação e à habilitação técnica da pessoa física inscrita.			
Chave de autenticação		6SRHJ4HLSS6DP6TL	

 <div style="text-align: center;"> Ministério do Meio Ambiente Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis CADASTRO TÉCNICO FEDERAL CERTIFICADO DE REGULARIDADE - CR </div> 			
Registro n.º	Data da consulta:	CR emitido em:	CR válido até:
226197	04/03/2021	04/03/2021	04/06/2021
Dados básicos:			
CPF: 010.791.347-00			
Nome: MÁRCIA SALUSTIANO DE CASTRO			
Endereço:			
logradouro: RUA MARINO DA COSTA			
N.º: 57		Complemento: 201 BLOCO A	
Bairro: JARDIM GUANABARA		Município: RIO DE JANEIRO	
CEP: 21940-210		UF: RJ	
Cadastro Técnico Federal de Atividades e Instrumentos de Defesa Ambiental – CTF/AIDA			
Código CBO	Ocupação	Área de Atividade	
2211-05	Biólogo	Realizar consultoria e assessoria na área biológica e ambiental	
2211-05	Biólogo	Realizar diagnósticos biológicos, moleculares e ambientais	
Conforme dados disponíveis na presente data, CERTIFICA-SE que a pessoa física está em conformidade com as obrigações cadastrais do CTF/AIDA.			
A inscrição no Cadastro Técnico Federal de Atividades e Instrumentos de Defesa Ambiental – CTF/AIDA constitui declaração, pela pessoa física, do cumprimento de exigências específicas de qualificação ou de limites de atuação que porventura sejam determinados pelo respectivo Conselho de Fiscalização Profissional.			
O Certificado de Regularidade emitido pelo CTF/AIDA não desobriga a pessoa inscrita de obter licenças, autorizações, permissões, concessões, alvarás e demais documentos exigíveis por instituições federais, estaduais, distritais ou municipais para o exercício de suas atividades, especialmente os documentos de responsabilidade técnica, qualquer o tipo e conforme regulamentação do respectivo Conselho de Fiscalização Profissional, quando exigíveis.			
O Certificado de Regularidade no CTF/AIDA não produz qualquer efeito quanto à qualificação e à habilitação técnica da pessoa física inscrita.			
Chave de autenticação		2B82MXAVVI4IQM6C	

Anexo B - Densidade (cel.L^{-1}) dos táxons do microfitoplâncton coletado na área do Bloco BM-S-40 na Bacia de Santos em março de 2021

Táxon/Estação Profundidade	1			2			3		
	5 m	70 m	> 200 m	5 m	70 m	> 200 m	5 m	70 m	> 200 m
DIVISÃO BACILLARIOPHYTA									
Classe Coscinodiscophyceae									
Coscinodiscophyceae A				63					
Ordem Hemiaulales									
Família Hemiaulaceae									
<i>Hemiaulus membranaceus</i> Cleve							188		
Ordem Rhizosoleniales									
Família Rhizosoleniaceae									
<i>Dactyliosolen fragilissimus</i> (Bergon) Hasle							281		
<i>Proboscia alata</i> (Brightwell) Sundström	382						657		
<i>Rhizosolenia</i> cf. <i>styliformis</i> Brightwell								63	
Ordem Chaetocerotales									
Família Chaetocerotaceae									
<i>Chaetoceros pendulus</i> Karsten				63			94		
<i>Chaetoceros</i> spp.	96					141			
Ordem Leptocylindrales									
Família Leptocylindraceae									
<i>Leptocylindrus danicus</i> Cleve						47			
<i>Leptocylindrus mediterraneus</i> (H. Peragallo) Hasle		125				47			
Classe Fragilariophyceae									
Ordem Fragilariales									
Família Fragilariaceae									
			75					125	
Ordem Thalassionematales									
Família Thalassionemataceae									
Thalassionemataceae A							94		
Thalassionemataceae D	191			63		47			

continua

continuação

Táxon/Estação Profundidade	1			2			3		
	5 m	70 m	> 200 m	5 m	70 m	> 200 m	5 m	70 m	> 200 m
Classe Bacillariophyceae									
Ordem Mastogloiales									
Família Mastogloiaceae									
<i>Mastogloia rostrata</i> (Wallich) Hustedt			38						
Ordem Naviculales									
Família Diploneidaceae									
<i>Diploneis</i> spp.									38
Família Naviculaceae									
Naviculaceae 1A				63			188		
Naviculaceae 1B				125	63	47	281		
Complexo Tropiconeis							94		
Família Pleurosigmaaceae									
Complexo <i>Pleurosigma</i> / <i>Gyrosigma</i>							94		
Ordem Bacillariales									
Família Bacillariaceae									
<i>Cylindrotheca closterium</i> (Ehrenberg) Lewin & Reimann	669	250	75	188	375	94	750		38
<i>Nitzschia longissima</i> (Brébisson) Ralfs	96	125		63	63	47	469		
<i>Pseudo-nitzschia</i> complexo " <i>delicatissima</i> "	287			188			375		38
<i>Pseudo-nitzschia</i> complexo " <i>seriata</i> "				313					
Taxons individualizados									
Diatomácea penata 1A	574	813	638	625	1188	469	281	188	600
Diatomácea penata 1B						47			
Diatomácea penata 2B									38
Diatomácea penata 3A									38
Diatomácea penata 4A		63	188	63	63	188			38
Diatomácea penata 4B			38						
Diatomácea penata 4C						47			

continua

continuação

Táxon/Estação Profundidade	1			2			3		
	5 m	70 m	> 200 m	5 m	70 m	> 200 m	5 m	70 m	> 200 m
Diatomácea penata 5A	191		113	438	250	47	750	313	38
Diatomácea penata 6A			38					63	113
Diatomácea penata 7A	96				63				
DIVISÃO DINOFLAGELLATA									
Classe Dinophyceae									
Ordem Gymnodiniales									
Gymnodiniales 1A	1625	375	38	1126	375	188	469	63	75
Gymnodiniales 2A	1816	1251	150	688	1126	750	563	1188	563
Gymnodiniales 2B				125		47			
Gymnodiniales 3A	1530	1126	150	750	1063	281	657	500	413
Gymnodiniales 3B					63				
Gymnodiniales 4A	478	625	38	563	1126	422	657	875	188
Gymnodiniales 4B						47			
Família Gymnodiniaceae									
<i>Karenia cf. brevis</i> (Davis) Hanson & Moestrup				63					
<i>Torodinium robustum</i> Kofoed & Swezy	191			63	125				
Ordem Gonyaulacales									
Família Ceratiaceae									
<i>Tripos</i> spp.							94		
Ordem Peridinales									
Família Heterocapsaceae									
<i>Heterocapsa</i> spp.	956	438	38	375	750	281	469	188	38
Família Peridiniaceae									
<i>Scrippsiella acuminata</i> (Ehrenberg) Kretschmann, Elbrächter, Zinssmeister, S. Soehner, Kirsch, Kusber & Gottschling	96	125			63		94		
<i>Scrippsiella cf. precaria</i> M. Montresor & A. Zingone					63				

continua

continuação

Táxon/Estação Profundidade	1			2			3		
	5 m	70 m	> 200 m	5 m	70 m	> 200 m	5 m	70 m	> 200 m
Ordem Incerta									
Família Oxytoxaceae									
<i>Oxytoxum</i> cf. <i>caudatum</i> Schiller		63						63	
<i>Oxytoxum</i> <i>crassum</i> Schiller					63				
<i>Oxytoxum</i> <i>gladiolus</i> Stein						47		63	
<i>Oxytoxum</i> <i>gracile</i> Schiller	96	63			125		188	188	
<i>Oxytoxum</i> <i>laticeps</i> Schiller	96								
<i>Oxytoxum</i> cf. <i>mitra</i> (F.Stein) Schröder								63	
<i>Oxytoxum</i> cf. <i>sphaeroideum</i> Stein				63					
<i>Oxytoxum</i> cf. <i>variabile</i> Schiller		63				47			
<i>Oxytoxum</i> spp.					63				
Ordem Prorocentrales									
Família Prorocentraceae									
<i>Prorocentrum</i> <i>compressum</i> (Bailey) Abé ex Dodge					63	47		63	38
<i>Prorocentrum</i> <i>micans</i> Ehrenberg			38						
<i>Prorocentrum</i> spp.	96		38						
Classe Noctiluciphyceae									
Ordem Noctilucales									
Família Noctilucaeae									
<i>Pronoctiluca</i> <i>pelagica</i> Fabre-Domérgue							94		
<i>Pronoctiluca</i> <i>spinifer</i> (Lohmann) Schiller						47			38
Táxons individualizados									
Dinoflagelado tecido NI 1A	96	63		250		47		63	38
Dinoflagelado tecido NI 1B						47			
Dinoflagelado tecido NI 2A		63	38						75
Dinoflagelado tecido NI 3A	96	63	38	63	63		188	125	75
Dinoflagelado tecido NI 4A		63	75	63	125	47		125	113

continua

continuação

Táxon/Estação Profundidade	1			2			3		
	5 m	70 m	> 200 m	5 m	70 m	> 200 m	5 m	70 m	> 200 m
DIVISÃO CYANOPHYTA									
Classe Cyanophyceae									
Ordem Oscillatoriales			38						113
Família Phormidiaceae									
<i>Trichodesmium hildebrandtii</i> Gomont							94		
<i>Trichodesmium thiebautii</i> Gomont ex Gomont	191								
Ordem Nostocales	669	813	1838	375	313	1595	2533	2564	2739
Família Nostocaceae									
<i>Richelia intracellularis</i> J. Schmidt								63	
DIVISÃO CHROMOPHYTA									
Classe Dictyochophyceae									
Ordem Dictyochales									
Família Dictyochaceae									
<i>Dictyocha fibula</i> Ehrenberg			38						
<i>Octatis octonaria</i> (Ehrenberg) Hovasse									38
Classe Prymnesiophyceae									
Ordem Coccochaerales									
Família Calciosoleniaceae									
<i>Calciosolenia murrayi</i> Gran				63	63			125	
Família Coccolithaceae									
<i>Coccolithus</i> sp.					63				
Família Halopappaceae									
<i>Ophiaster hydroideus</i> (Lohmann) Lohmann						47			
Família Rhabdosphaeraceae									
<i>Discosphaera tubifer</i> (Murray & Blackman) Ostensfeld		63		63				188	
<i>Rhabdosphaera clavigera</i> Murray & Blackman					63				

continua

continuação

Táxon/Estação Profundidade	1			2			3		
	5 m	70 m	> 200 m	5 m	70 m	> 200 m	5 m	70 m	> 200 m
Família Syracosphaeraceae									
<i>Syracosphaera</i> spp.	191	63							
<i>Umbellosphaera irregularis</i> Paasche					63				
Táxons individualizados									
cocolitoforídeo NI	191	250	38		63				
Densidade total	10994	6941	3790	6941	7942	5253	10693	7254	5515

continua

continuação

Táxon/Estação Profundidade	4			5			6		
	5 m	70 m	> 200 m	5 m	70 m	> 200 m	5 m	70 m	> 200 m
DIVISÃO BACILLARIOPHYTA									
Classe Coscinodiscophyceae									
Coscinodiscophyceae A			125	188					31
Ordem Thalassiosirales									
Família Thalassiosiraceae									
<i>Thalassiosira</i> spp.						63		94	
Família Stephanodiscaceae									
<i>Cyclotella</i> spp.					94				
Ordem Hemiaulales									
Família Hemiaulaceae									
<i>Climacodium frauenfeldianum</i> Grunow				188			563		94
Ordem Rhizosoleniales									
Família Rhizosoleniaceae									
<i>Dactylosolen fragilissimus</i> (Bergon) Hasle				1501					
<i>Dactylosolen phuketensis</i> (Sunström) Hasle				94					
<i>Pseudosolenia calcar-avis</i> (Schultze) Sundström				188					
<i>Proboscia alata</i> (Brightwell) Sundström	844		63	563			281		
<i>Rhizosolenia</i> cf. <i>styliformis</i> Brightwell				94					
Ordem Chaetocerotales									
Família Chaetocerotaceae									
<i>Chaetoceros pendulus</i> Karsten	188			188					
<i>Chaetoceros</i> spp.					281		94		
Ordem Leptocylindrales									
Família Leptocylindraceae									
<i>Leptocylindrus danicus</i> Cleve		63							
<i>Leptocylindrus mediterraneus</i> (H. Peragallo) Hasle			63			63		281	31

continua

continuação

Táxon/Estação Profundidade	4			5			6		
	5 m	70 m	> 200 m	5 m	70 m	> 200 m	5 m	70 m	> 200 m
Classe Fragilariophyceae									
Ordem Fragilariales									
Família Fragilariaceae				375			188	94	
Ordem Thalassionematales									
Família Thalassionemataceae									
Thalassionemataceae A								63	
Thalassionemataceae D	94			938	63		94		
Classe Bacillariophyceae									
Ordem Mastogloiales									
Família Mastogloiaceae									
<i>Mastogloia rostrata</i> (Wallich) Hustedt				94					
Ordem Naviculales									
Família Naviculaceae									
Naviculaceae 1B	281							31	
Complexo Tropiconeis				94	63				
<i>Haslea wawriake</i> (Hustedt) Simonsen				94					
Ordem Bacillariales									
Família Bacillariaceae									
<i>Cylindrotheca closterium</i> (Ehrenberg) Lewin & Reimann	750	63	125	375	375		188	375	
<i>Nitzschia longissima</i> (Brébisson) Ralfs	94		63	94	188			375	
<i>Pseudo-nitzschia</i> complexo " <i>delicatissima</i> "				1313				94	
<i>Pseudo-nitzschia</i> complexo " <i>seriata</i> "				2251			563		
Taxons individualizados									
Diatomácea penata 1A	750	438	1001	844	844	875	2064	844	625
Diatomácea penata 1B		63		94					
Diatomácea penata 4A	94	63	188		281	63		94	281
Diatomácea penata 4B									31

continuação

Táxon/Estação Profundidade	4			5			6		
	5 m	70 m	> 200 m	5 m	70 m	> 200 m	5 m	70 m	> 200 m
Diatomácea penata 5A	94	125	125	469	281		1032	94	
Diatomácea penata 5B								94	
Diatomácea penata 6A					94				
DIVISÃO DINOFLAGELLATA									
Classe Dinophyceae									
Ordem Gymnodiniales									
Gymnodiniales 1A	94	875	188	844	281	188	469	563	63
Gymnodiniales 2A	938	1313	250	1032	3095	750	563	1126	594
Gymnodiniales 2B	94								
Gymnodiniales 3A	1126	1001	250	469	1501	625	563	2814	594
Gymnodiniales 3B			63	94					
Gymnodiniales 4A	750	250	188	563	844	563	469	1126	313
Gymnodiniales 4B	94								
Família Gymnodiniaceae									
<i>Cochlodinium</i> spp.		125							
<i>Karenia</i> cf. <i>brevis</i> (Davis) Hanson & Moestrup	94								
<i>Torodinium robustum</i> Kofoed & Swezy	94			94					
Ordem Gonyaulacales									
Família Cladopyxiaceae									
<i>Micracanthodinium setiferum</i> (Lohmann) Deflandre					94				
Família Ceratiaceae									
<i>Tripos fusus</i> (Ehrenberg) Gómez								94	
<i>Tripos</i> spp.					94			94	
Ordem Peridinales									
Família Heterocapsaceae									
<i>Heterocapsa</i> spp.	188	313	125	281	375	63	750	281	94

continua

continuação

Táxon/Estação Profundidade	4			5			6		
	5 m	70 m	> 200 m	5 m	70 m	> 200 m	5 m	70 m	> 200 m
Família Peridiniaceae									
<i>Scrippsiella acuminata</i> (Ehrenberg) Kretschmann, Elbrächter, Zinssmeister, S.Soechner, Kirsch, Kusber & Gottschling				94					
Ordem Incerta									
Família Oxytoxaceae									
<i>Oxytoxum</i> cf. <i>caudatum</i> Schiller									31
<i>Oxytoxum crassum</i> Schiller		63	63	94	94	63			
<i>Oxytoxum elongatum</i> Wood								94	
<i>Oxytoxum gladiolus</i> Stein		63						188	31
<i>Oxytoxum gracile</i> Schiller					188			94	
<i>Oxytoxum laticeps</i> Schiller	94				94				
<i>Oxytoxum</i> cf. <i>variabile</i> Schiller								94	
<i>Oxytoxum</i> spp.		63	63		94			94	
Ordem Prorocentrales									
Família Prorocentraceae									
<i>Prorocentrum balticum</i> (Lohmann) Loeblich III						63	94		
<i>Prorocentrum compressum</i> (Bailey) Abé ex Dodge		63							
<i>Prorocentrum gracile</i> Schütt									31
<i>Prorocentrum rostratum</i> Stein							94		
<i>Prorocentrum</i> spp.					188	125			31
Classe Noctiluciphyceae									
Ordem Noctilucales									
Família Noctilucaceae									
<i>Pronoctiluca pelagica</i> Fabre-Domérgue		63	63						
<i>Pronoctiluca rostrata</i> F.J.R.Taylor		63							
<i>Pronoctiluca spinifer</i> (Lohmann) Schiller			63						
Táxons individualizados									
Dinoflagelado tecido NI 1A	94				94	63	281		

continua

continuação

Táxon/Estação Profundidade	4			5			6		
	5 m	70 m	> 200 m	5 m	70 m	> 200 m	5 m	70 m	> 200 m
Dinoflagelado tecado NI 2A						125			
Dinoflagelado tecado NI 3A	94		63				94		94
Dinoflagelado tecado NI 4A	281	188	250	188	94		94	375	31
Dinoflagelado tecado NI 4B		63					94		
DIVISÃO CYANOPHYTA									
Classe Cyanophyceae									
Ordem Oscillatoriales	94	63	188	94	94	63		188	31
Família Phormidiaceae									
<i>Trichodesmium hildebrandtii</i> Gomont				94					
<i>Trichodesmium thiebautii</i> Gomont ex Gomont							94		
Ordem Nostocales	2345	2251	3002	3752	3002	3439	3189	3564	7692
Família Nostocaceae									
<i>Richelia intracellularis</i> J. Schmidt				188					
DIVISÃO CHROMOPHYTA									
Classe Dictyochophyceae									
Ordem Dictyochales									
Família Dictyochaceae									
<i>Dictyocha fibula</i> Ehrenberg									31
Classe Prymnesiophyceae									
Ordem Coccothrauxales									
Família Calyptosphaeraceae									
<i>Daktylethra pirus</i> (Kamptner) Norris									31
Família Calciosoleniaceae									
<i>Calciosolenia murrayi</i> Gran					94			188	
Família Coccolithaceae									
<i>Coccolithus</i> sp.	281		63		94		188	657	

continua

continuação

Táxon/Estação Profundidade	4			5			6		
	5 m	70 m	> 200 m	5 m	70 m	> 200 m	5 m	70 m	> 200 m
Família Halopappaceae									
<i>Halopappus adriaticus</i> Schiller					94			94	
<i>Ophiaster hydroideus</i> (Lohmann) Lohmann					281			188	
Família Rhabdosphaeraceae									
<i>Discosphaera tubifer</i> (Murray & Blackman) Ostenfeld		63						375	
Família Syracosphaeraceae									
<i>Umbellosphaera irregularis</i> Paasche		63							
Táxons individualizados									
cocolitoforídeo NI		63			188	63		188	
Densidade total	9943	7817	6629	17916	13413	7379	11913	15008	10975