

C - Estrutura das Comunidades Marinhas

Neste item serão descritas as comunidades planctônicas, bentônicas e nectônicas encontradas nas regiões nerítica e oceânica da área de influência do Complexo PDET, bem como as principais aves marinhas registradas para a região.

C1 - Comunidade Planctônica

a) Características Gerais

O plâncton é composto por organismos pelágicos cujo poder de deslocamento é insuficiente para vencer a dinâmica das massas d'água e correntes. É constituído basicamente pelo fitoplâncton (microalgas: organismos autotróficos, p. ex. diatomáceas), zooplâncton (pequenos animais: organismos heterotróficos metazoários, p. ex. copépodos e larvas de crustáceos, moluscos e peixes), protozooplâncton (protozoários, p. ex. tintinídeos e radiolários) e bacterioplâncton (bactérias auto e heterotróficas).

Segundo a classificação proposta por Sieburth *et al.* (1978), o plâncton pode ser dividido em: picoplâncton (0,2 – 2 μm); nanoplâncton (2 – 20 μm); microplâncton (20 - 200 μm); macroplâncton (200 - 2000 μm) e metaplâncton (> 2000 μm). A grande diversidade de tamanhos e níveis tróficos dos organismos planctônicos resulta em diversas relações inter e intraespecíficas, envolvendo competição por recursos orgânicos e inorgânicos.

Margalef (1978) estabeleceu que as adaptações dos organismos planctônicos são diretamente influenciadas pelo ambiente, estando a sobrevivência das populações condicionadas, principalmente, pela disponibilidade de nutrientes e pelas taxas de sedimentação que, por sua vez, são função da relação superfície/volume de cada célula.

De forma geral, o plâncton é de vital importância para os ecossistemas marinhos, pois representa a base da cadeia alimentar pelágica nos oceanos; logo, mudanças em sua composição e estrutura podem ocasionar profundas modificações em todos os níveis tróficos. A comunidade planctônica apresenta

um caráter altamente dinâmico, com elevadas taxas de reprodução e perda; além disto, constitui excelente indicador ambiental, respondendo rapidamente às alterações físicas e químicas do ambiente marinho (Nibakken, 1993).

As águas neríticas, localizadas sobre a plataforma são caracterizadas pela grande produtividade biológica, sustentando mais de 30% da produção oceânica total, devido à alta disponibilidade de nutrientes provenientes de rios, ressurgências costeiras e de borda de plataforma, além dos nutrientes remineralizados da cadeia trófica marinha (Knoppers *et al.*, 2002).

A região sudeste apresenta uma das plataformas continentais mais produtivas do território brasileiro, sendo responsável por mais de 50% da produção comercial pesqueira do país (350.103 t.ano⁻¹) (Ekan & Knoppers, 1999 *apud* Knoppers *et al.*, 2002).

Segundo Lana *et al.* (1996), as águas superficiais da plataforma continental e do talude brasileiros apresentam características tropicais e subtropicais, tanto em termos oceanográficos quanto em termos bióticos. Porém, a ocorrência de massas d'água mais frias em maiores profundidades leva a uma estratificação vertical da coluna d'água, interferindo em diversos parâmetros biológicos como diversidade, abundância, biomassa e produção.

Os oceanos tropicais apresentam uma estrutura vertical caracterizada pela nítida estratificação da coluna d'água. Uma camada superficial quente e leve é separada de uma camada mais fria e densa pela termoclina, que se trata da região de mudança brusca de temperatura e densidade (Mann & Lazier, 1991). Essa barreira física gerada pela termoclina impede que os nutrientes do fundo alcancem a região superficial iluminada, restringindo os processos de fotossíntese e causando baixa produtividade biológica.

A presença de feições geomorfológicas como a borda da plataforma continental, a presença de ilhas e bancos submarinos, alteram a circulação local quebrando a estratificação vertical e disponibilizando os nutrientes na camada iluminada. Nesses ambientes, observa-se a concentração de grandes quantidades de organismos e um conseqüente aumento da produtividade biológica.

O Programa REVIZEE (Recursos Vivos da Zona Econômica Exclusiva) tem gerado informações essenciais para o conhecimento do estado atual dos recursos

vivos explorados e potencialmente exploráveis, contribuindo para o gerenciamento costeiro e oceânico (Hazin *et al.*, 1999). Esse Programa tem como objetivo geral inventariar os recursos vivos da ZEE (localizada entre 12 e 200 milhas náuticas a partir da linha de costa), caracterizando as condições ambientais de sua ocorrência, determinando sua biomassa e potencial de captura, a fim de ratificar os compromissos assumidos junto à Comissão das Nações Unidas sobre o Direito do Mar (CNUDM).

Este item apresenta a estrutura da comunidade planctônica das regiões nerítica e oceânica sob influência dos processos de instalação, operação e desativação do Complexo PDET.

b) Fitoplâncton

O fitoplâncton compreende as microalgas (unicelulares ou filamentosas) distribuídas entre as classes Bacillariophyceae (diatomáceas), Dinophyceae (dinoflagelados), Prymnesiophyceae (cocolitoforídeos), Cryptophyceae (criptomônadas), Cyanophyceae (cianofíceas ou cianobactérias), Prasinophyceae (prasinomônadas) e Chlorophyceae (algas verdes). Esses organismos são responsáveis pela maior parte da produção primária nos oceanos.

O fitoplâncton, através de sua atividade fotossintética, é responsável pela fixação do carbono inorgânico em orgânico na zona eufótica, o que sustenta o funcionamento da quase totalidade das cadeias alimentares marinhas. Como todos os organismos planctônicos, as microalgas do fitoplâncton estão sujeitas a variações ambientais, principalmente aquelas relacionadas com a dinâmica de nutrientes, estratificação da coluna d'água (formação da termoclina) e fenômenos oceanográficos (ressurgências e frentes oceânicas).

- *Região Nerítica*

A biomassa e produtividade primária da comunidade fitoplanctônica da região nerítica é fortemente influenciada por aportes continentais de matéria orgânica e inorgânica associados à drenagem continental. O material particulado e os nutrientes carregados pelas chuvas e descargas fluviais aumentando a turbidez da

água podendo até dificultar a utilização da luz pelos organismos fitoplanctônicos (Margalef, 1978).

Os sedimentos do fundo são constantemente ressuspensos, disponibilizando nutrientes regenerados na zona eufótica, em função da pequena profundidade associada à passagem de sistemas frontais e da própria circulação local. Assim, nas proximidades do continente uma maior produtividade primária é observada nos primeiros metros da coluna d'água. Na plataforma continental, a profundidade da termoclina e do máximo de biomassa fitoplanctônica varia entre 50 e 100 m (Valentin *et al.*, 1994).

Para a caracterização da comunidade fitoplanctônica da região nerítica da área de influência do Complexo PDET, foram utilizadas informações do levantamento realizado em agosto de 2002 (PETROBRAS/HABTEC, 2002a), do Programa de Monitoramento Ambiental Oceânico da Bacia de Campos (FUNDESPA, 1994), do Monitoramento Ambiental da Área de Influência do Emissário de Cabiúnas – Região de Macaé/RJ (PETROBRAS, 2002a) além de artigos científicos.

Na campanha de caracterização realizada na área do Complexo PDET (PETROBRAS/HABTEC, 2002a), a comunidade fitoplanctônica foi avaliada em três profundidades: superfície, meio e fundo. A malha amostral seguiu a coleta dos parâmetros hidrológicos, perfazendo nove pontos, divididos entre as isóbatas de 10 m (P1, P2, P3), 70 m (P10, P11 e P12) e 150 m (P16, P18 e P 21) (Figura II.5.1.3-1). Ressalta-se que na isóbata mais rasa (10 m) foram coletadas amostras em apenas duas profundidades (superfície e fundo).

Os resultados da análise qualitativa do fitoplâncton revelaram a presença de seis classes taxonômicas na região. Foram encontrados 121 taxa de Bacillariophyceae (diatomáceas), 49 de Dinophyceae (dinoflagelados), 9 Primmnesiophyceae (cocolitoforídeos), 1 Euglenophyceae (euglenofíceas), 3 Dictyochophyceae (silicoflagelados), e 2 Cyanophyceae (cianofíceas ou cianobactérias), totalizando 185 unidades taxonômicas (PETROBRAS/HABTEC, 2002a).

Taxonomicamente, a classe Bacillariophyceae (diatomáceas) foi a mais representativa, contribuindo com 64% dos táxons identificados. Esta é seguida pela classe Dinophyceae (dinoflagelados); representando 27% do inventário

florístico. As classes Euglenophyceae (euglenofíceas) e Cyanophyceae (cianofíceas ou cianobactérias) foram as que obtiveram menor representatividade, contribuindo com apenas 1%, conforme observado na Figura II.5.2-66, que apresenta a participação percentual de cada grupo no inventário florístico (Anexo II.5-3).

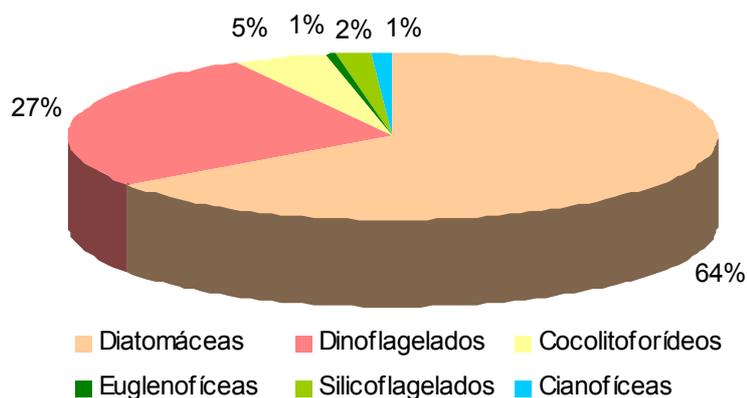


Figura II.5.2-66 - Contribuição qualitativa de cada grupo taxonômico do fitoplâncton no inventário florístico da Área de Influência do Sistema de Rebombeio e Escoamento.
Fonte: PETROBRAS/HABTEC (2002a)

Ainda em relação ao nível taxonômico, observou-se maior representatividade das diatomáceas, que contribuíram com cerca de 60% dos táxons na maioria dos pontos coletados, apresentando menor riqueza de táxons nos pontos P18 e P21 (fundo), e em superfície, no ponto P11. Em seguida têm-se os dinoflagelados, com maiores participações no ponto P1, em superfície, e no P16, a meia profundidade. Os cocolitoforídeos tiveram maior expressividade em número de táxons no ponto P21, nas três profundidades, enquanto os demais grupos tiveram baixa contribuição no número de táxons, conforme observado na Figura II.5.2-67.

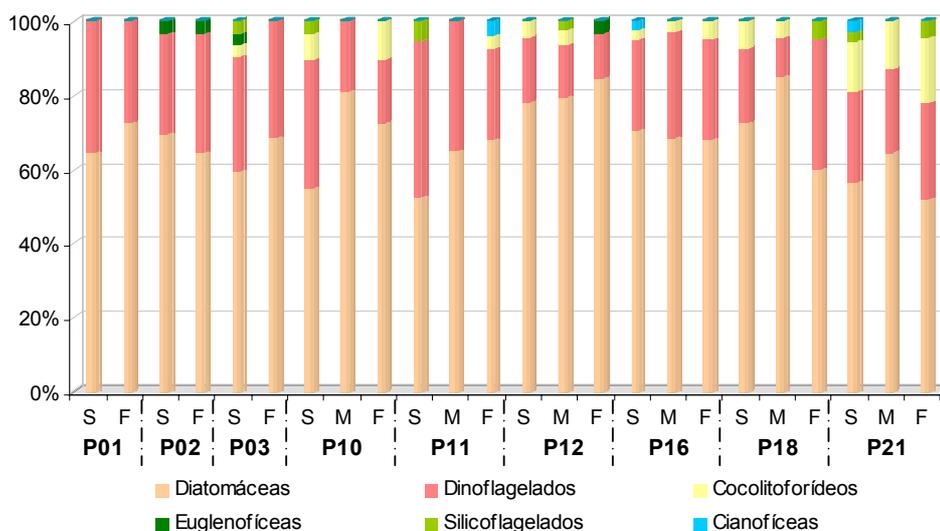


Figura II.5.2-67 - Contribuição relativa dos grupos no número de táxons do fitoplâncton por estação na Área de Influência do Sistema de Rebombeio e Escoamento.
Fonte: PETROBRAS/HABTEC (2002a)

Quantitativamente, o domínio de diatomáceas foi igualmente verificado, tal classe contribuiu com mais de 60% da densidade celular na maior parte dos pontos amostrados. As menores abundâncias relativas das diatomáceas foram observadas nas amostras de fundo da isóbata mais profunda (P16, P18 e P21), e no ponto P11. As maiores participações percentuais das diatomáceas na densidade celular foram observadas nos pontos P1 (fundo), P10 (meio), P12 (meio e fundo) e P18 (meio). Nestas amostras, as diatomáceas representaram mais de 90% da abundância microfitoplanctônica total. Os dinoflagelados apresentaram representatividade mais expressiva na isóbata de 10 metros, no ponto P10 (meio), P11 (superfície) e P18 (fundo). Os cocolitoforídeos apresentaram maior abundância relativa no ponto P21 (superfície e fundo), enquanto que as euglenofíceas no ponto P12 (fundo), os silicoflagelados no ponto P18 (fundo) e as cianofíceas no ponto P11 (fundo), conforme observado na Figura II.5.2-68, a seguir.

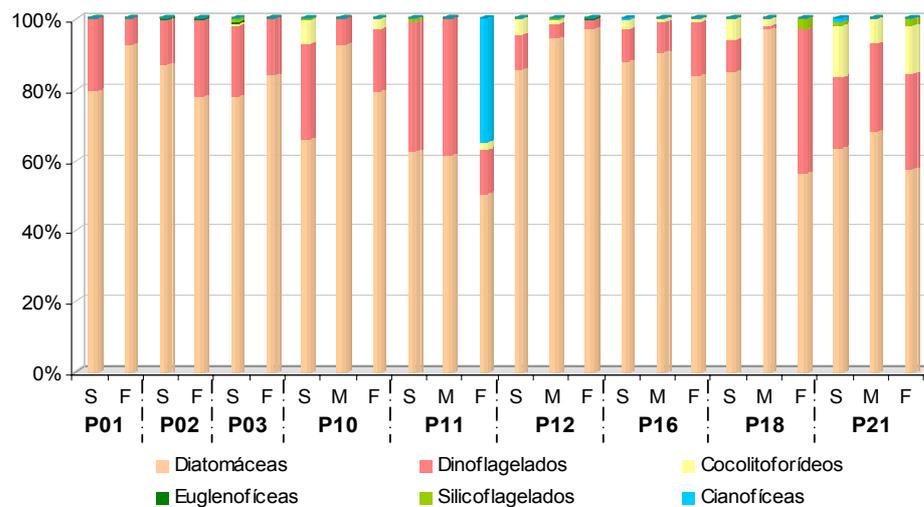


Figura II.5.2-68 - Contribuição relativa de cada grupo para a densidade total do fitoplâncton na Área de Influência do Sistema de Rebombeio e Escoamento. Fonte: PETROBRAS/HABTEC (2002a).

Comparativamente, a densidade fitoplanctônica na isóbata mais rasa foi maior ao fundo, o ponto P1 apresentando o máximo de densidade fitoplanctônica registrado ($5,85 \cdot 10^3$ cel/L), de acordo com o apresentado na Figura II.5.2-69. Valores representativos em superfície foram igualmente registrados, como no ponto P2 ($3,89 \cdot 10^3$ cel/L). Os valores de densidade na isóbata de 70 m foram relativamente baixos nas três profundidades, com exceção daqueles encontrados nas profundidades de meio ($3,59 \cdot 10^3$ cel/L) e fundo ($4,85 \cdot 10^3$ cel/L) do ponto P12. O ponto P11, em superfície, apresentou a segunda menor densidade das três isóbatas ($0,13 \cdot 10^3$ cel/L). Na isóbata mais profunda, as densidades continuam baixas no fundo, apresentando a menor densidade no ponto P18 ($0,11 \cdot 10^3$ cel/L), porém com relativo aumento a meia profundidade no referido ponto ($2,6 \cdot 10^3$ cel/L) e no ponto P16 ($2,16 \cdot 10^3$ cel/L). Cabe ressaltar que as maiores densidades fitoplanctônicas não apresentaram relação direta com as maiores concentrações encontradas para a Clorofila a, conforme pode ser observado nas Figuras II.5.2-69 e II.5.2-70.

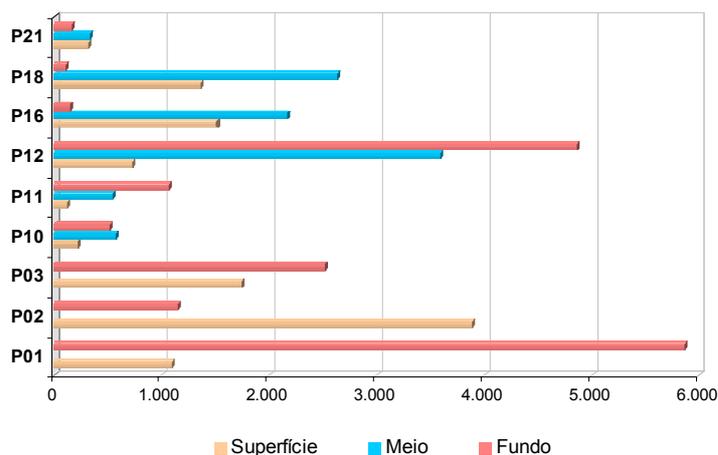


Figura II.5.2-69 - Densidade total do fitoplâncton em cada ponto de coleta na Área de Influência do Sistema de Rebombeio e Escoamento.

Fonte: PETROBRAS/HABTEC (2002a).

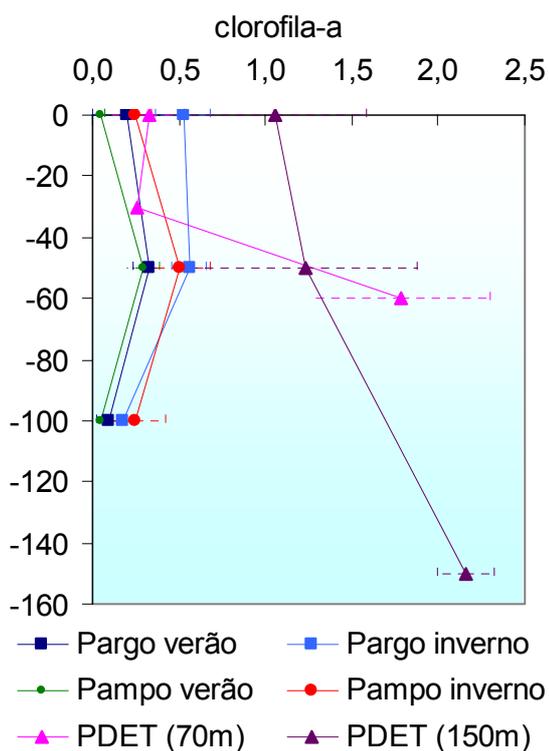


Figura II.5.2-70 - Variação da média e desvio padrão de clorofila a, em $\mu\text{g/L}$, na Região Costeira Externa da Bacia de Campos. Fonte: PETROBRAS, 2001 – Pampo e

Pargo; PETROBRAS/HABTEC (2002a).

Do ponto de vista quali-quantitativo, a caracterização da comunidade reflete a dominância do grupo das diatomáceas, conforme apresentado na Figura II.5.2-71. Cinco taxa de diatomáceas respondem por 55% da densidade de todos os pontos: *Asterionellopsis glacialis*, *Paralia sulcata*, *Penata* sp 31, *Pseudo-nitzschia "delicatissima"* e *Thalassionema nitzschioides*.

Em relação à frequência relativa de ocorrência, destacam-se as diatomáceas *Cylindrotheca closterium*, *Pseudo-nitzschia "delicatissima"*, *Thalassionema nitzschioides* (> 75% de frequência de ocorrência), os dinoflagelados *Prorocentrum* cf. *compressum*, *Pronoctiluca pelagica* e Gymnodiniales, e o coccolitoforídeo *Calciosolenia murrayi*, que ocorreram em mais que 50% das amostras.

Os resultados da campanha de caracterização da área de influência do Complexo PDET evidenciaram a dominância quali-quantitativa das diatomáceas, o que é esperado em áreas costeiras tropicais influenciadas por correntes oceânicas.

A grande variabilidade de diatomáceas também foi observada em trabalhos realizados em outras regiões costeiras, como o de Gonzalez-Rodriguez *et al.* (1989), que observaram a dominância de diatomáceas na região costeira de Arraial do Cabo (RJ), onde se destacaram as espécies *Bacteriastrum* sp., *Cerataulina pelagica*, *Chaetoceros affinis*, *C. costatum*, *C. decipiens*, *Cylindrotheca closterium*, *Eucampia cornuta*, *Guinardia striata*, *Nitzschia* sp., *N. delicatissima*, *N. longissima* e *Proboscia alata*. Dentre os dinoflagelados, destacaram-se *Prorocentrum balticum* e *P. micans*.

Na região costeira entre Niterói e Cabo Frio (RJ), foram identificados 103 taxa, sendo 78 diatomáceas, 21 dinoflagelados, 2 silicoflagelados, 1 coccolitoforídeo e 1 euglenofíceia (Lins da Silva *et al.*, 1988). Novamente, as diatomáceas se destacaram por apresentar maior riqueza taxonômica, com ocorrência de espécies do gênero *Rhizosolenia* (*R. calcar-avis*, *R. delicatula*, *R. indica*, *R. pungens*, *R. robusta*, *R. setigera*, *R. shrusbsolei* e *R. styliformis*), espécies antigamente classificadas como *Rhizosolenia* (*Dactyliosolen fragillissimus*, *Guinardia striata*, *Proboscia. alata* e *P. alata* f. *gracillima*), e espécies dos *Chaetoceros* (*C. compressus*, *C. curvisetus*, *C. decipiens*, *C. didymus*, *C. lorenzianus*, *C. pendulus* e *C. peruvianus*) e *Nitzschia* (*Nitzschia*

angularis, *N. closterium*, *N. delicatissima*, *N. panduriformis*, *N. sigma*, *N. spathulata*). Entre os dinoflagelados, o gênero que apresentou maior riqueza específica foi *Prorocentrum* (*P. compressum*, *P. gracile*, *P. micans*, *P. rostratum* e *P. triestinum*). Na região próxima à entrada da Baía de Guanabara, houve dominância da diatomácea *Skeletonema costatum*, característica de ambientes mais eutrofizados.

A comunidade fitoplanctônica da plataforma continental da Bacia de Campos, em frente ao município de Macaé, foi avaliada durante o verão de 1991 (FUNDESPA, 1994). Nesse período, a densidade celular variou entre $2,7 \cdot 10^3$ cel/L e $3,64 \cdot 10^7$ cel/L. As maiores densidades fitoplanctônicas foram observadas no limite inferior da termoclina, na região intermediária da plataforma continental (abaixo da isóbata de 50 metros), em torno da profundidade de 20 metros. As estações oceânicas apresentaram as menores concentrações celulares em relação aos demais perfis. Observou-se uma maior diversidade taxonômica, e uma maior homogeneidade no padrão de distribuição espacial da densidade celular.

No inverno do mesmo ano, a maior concentração de fitoplâncton na região costeira foi observada em frente à Macaé, e a menor ao norte do Cabo de São Tomé. A menor densidade celular foi atribuída a uma maior influência da Água Tropical oriunda da Corrente do Brasil, que chegou a ocupar toda a coluna d'água nas regiões mais rasas ao norte de Macaé durante as coletas (FUNDESPA, 1994).

Os estudos da campanha da FUNDESPA (1994) concluíram que há uma dinâmica oceanográfica bastante distinta entre verão e inverno na Bacia de Campos, com nítidos reflexos sobre toda a biota da região.

As variações sazonais da comunidade fitoplanctônica (nanoplâncton e microplâncton) da área de Cabiúnas, também localizada na Bacia de Campos, foram avaliadas durante o monitoramento ambiental da área de influência do emissário de Cabiúnas (PETROBRAS, 2002a). Os resultados obtidos, assim como as metodologias utilizadas, encontram-se descritos abaixo.

A cada 6 horas, foram coletadas amostras, em superfície e fundo, em estações fixas, localizadas sobre as isóbatas de 5 e 20 m, durante o verão (23 a 28 de março) e o inverno (9 a 14 de julho) de 1998.

Durante o verão, foram identificadas 159 unidades taxonômicas. Qualitativamente, a classe Bacillariophyceae (diatomáceas) foi a mais representativa contribuindo com 53% dos taxa identificados, seguida pela classe Dinophyceae (dinoflagelados); representando 35% do inventário florístico. A Figura II.5.2-71 apresenta a participação percentual de cada grupo no inventário florístico.

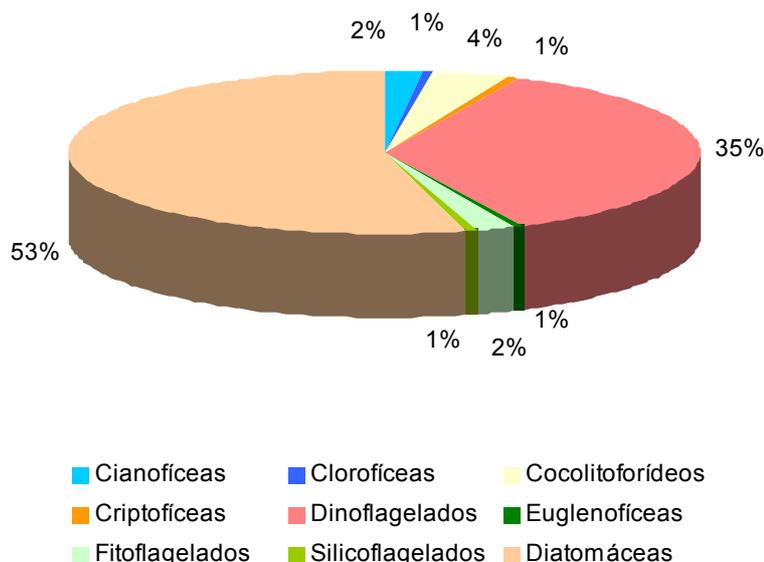


Figura II.5.2-71 - Participação percentual de cada grupo no inventário florístico da região do emissário de Cabiúnas durante o verão (março de 1998). Fonte: PETROBRAS (2002a).

A densidade fitoplanctônica total variou entre $5,1 \cdot 10^3$ cel/L (superfície) e $70,4 \cdot 10^3$ cel/L (fundo) durante o verão. Esse padrão é determinado pela variação nas contribuições do nanoplâncton. O microfítoplâncton não apresentou grandes oscilações, com mínimo de 280 cel/L (fundo) e máximo de $9 \cdot 10^3$ cel/L (superfície).

Os fitoflagelados (nanoplâncton) dominaram quantitativamente na grande maioria das amostras coletadas, nas duas profundidades, contribuindo com percentuais entre 20% e 78% da densidade celular total durante o verão. Os dinoflagelados foram mais expressivos na superfície, destacando-se *Heterocapsa niei* (nanoplanctônico) e *Prorocentrum triestinum*, frequentes em muitas amostras. Entre as diatomáceas, que se destacaram pela maior variabilidade específica, podemos citar *Pseudo-nitzschia "delicatissima"*, *Skeletonema costatum* e *Paralia*

sulcata. Já os coccolitoforídeos distribuíram-se regularmente em todas as amostras.

Durante a campanha de monitoramento ambiental de inverno da região do emissário de Cabiúnas, foi coletado um total de 56 amostras. O inventário florístico incluiu 80 unidades taxonômicas um número bem menor do que observado durante o verão do mesmo ano. Neste período foi observado um aumento na representatividade das diatomáceas, que contribuíram 74% do total de táxons identificados, seguida pelos dinoflagelados (16%). Cianofíceas, coccolitoforídeos e fitoflagelados contribuíram com 3% dos táxons, enquanto que os silicoflagelados com apenas 1%. Ao contrário do observado no verão, durante o inverno não foi verificada contribuição de clorofíceas, euglenofíceas e criptofíceas (Figura II.5.2-72).

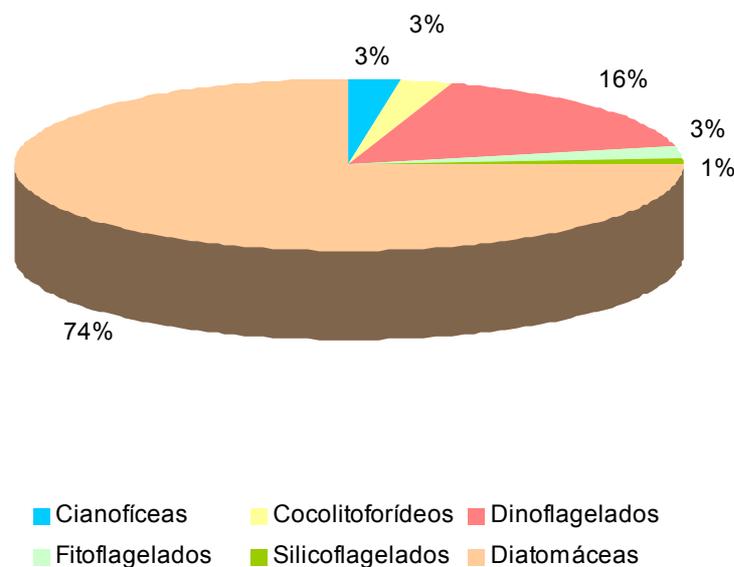


Figura II.5.2-72 - Participação percentual dos grupos no inventário florístico da região do emissário de Cabiúnas durante o inverno (julho de 1998).

Fonte: PETROBRAS (2002a).

Durante o inverno, a densidade celular foi inferior à observada durante o verão, com valores entre $1,3 \cdot 10^3$ cel/L e $11,9 \cdot 10^3$ cel/L. A fração do nanoplâncton foi sempre superior à fração microfítotoplanctônica, que variou entre 80 cel.L e $1,8 \cdot 10^3$ cel/L.

Também no inverno, os dinoflagelados foram mais expressivos na superfície, destacando-se a espécie *Heterocapsa niei* (nanoplânctônica). Entre as diatomáceas se destacaram como espécies dominantes *Skeletonema costatum* e *Paralia sulcata*. Os coccolitoforídeos participaram sempre com percentuais superiores a 10% e não apresentaram um padrão de distribuição vertical, nem nictemeral.

Os resultados apresentados no relatório da PETROBRAS (2002a), evidenciaram uma população constituída por grupos taxonômicos característicos de regiões tropicais banhadas pela Corrente do Brasil e com influência de Águas Costeiras, caracterizada por uma grande variabilidade de espécies de diatomáceas em ambas as profundidades. A comunidade fitoplanctônica respondeu às modificações na estrutura hidrológica da região, apresentando densidade e composição diferenciada tanto na superfície quanto no fundo (PETROBRAS, 2002a).

Em relação à Bacia de Santos, segundo Gaeta (1999), a plataforma continental interna pode apresentar condições mesotróficas a eutróficas; enquanto as plataformas média, externa e quebra de plataforma, geralmente apresentam condições mesotróficas, chegando às vezes a eutróficas, com valores típicos de ressurgências de quebra de plataforma ($> 2 \text{ gC/m}^2\text{.dia}$), no verão (média planetária $200 \text{ gC/m}^2\text{.ano}$).

A produtividade e fertilidade das águas da plataforma continental da Bacia de Santos estão intimamente associadas ao aporte de águas frias e ricas em nutrientes da ACAS para os meses de verão. Esse fenômeno ocorre em alguns pontos da costa e na região da plataforma interna e média, onde é forte a influência da ACAS. Alguns estudos indicam também a influência de águas ressurgidas em Cabo Frio (RJ), que se deslocam para o sul, chegando até São Sebastião (SP) (Gaeta, 1999).

Durante o inverno, um aumento de biomassa fitoplanctônica, está relacionado a uma massa de água superficial mais fria e menos salina, relativamente rica em nutrientes, proveniente do sul do Brasil e advectando na direção norte ao longo da plataforma continental (Gaeta, 1999).

Várias áreas costeiras do estado de São Paulo como Praia Grande, Santos, Gaurujá e Canal de São Sebastião, tem sido objeto de estudo em função da presença de emissários submarinos (Gaeta, 1999).

Frazão & Gaeta (2002) avaliaram a eutrofização por esgotos domésticos e sua influencia sobre a comunidade fitoplanctônica em Ubatuba, Praia Grande e Santos, litoral do Estado de São Paulo. A densidade celular variou entre 0,76 a 48,6 cel/L entre as 59 estações costeiras avaliadas (27 em Ubatuba, 20 na Praia Grande, 12 em Santos). A análise dos parâmetros físico, químicos e biológicos permitiu classificar Ubatuba, Praia Grande e Santos como regiões oligo-, meso- e eutróficas, respectivamente.

Apesar dos valores de produtividade primária observados terem sido crescentes em relação ao aumento do estado trófico durante este estudo, a eficiência fotossintética mostrou-se inversamente correlacionada, sugerindo que apesar do processo de eutrofização estimular o aumento da produção total do sistema, provavelmente também exerça um efeito inibitório sobre os organismos (Frazão & Gaeta, 2002).

Gianesella-Galvão (1982) observou menores concentrações fitoplanctônicas na Baía de Santos durante o período de inverno. No verão, o aumento no turismo em Santos e São Vicente gera maiores volumes de esgoto sanitário. Durante esta estação do ano, foram registradas concentrações máximas (51,2.106 cel/L), associadas a maiores concentrações de nutrientes. Em Santos, a diatomácea *Skeletonema costatum*, espécie típica de início de sucessão ecológica, é dominante.

Valentin *et al.* (1994) identificou 85 espécies de diatomáceas e 92 de dinoflagelados em amostras do litoral de São Paulo. O gênero que apresentou o maior número de espécies entre as diatomáceas foi *Rhizosolenia* (14), e dentre os dinoflagelados *Ceratium* (36). Os dinoflagelados apresentaram maior proporção de espécies pelágicas do que as diatomáceas.

Para as águas superficiais costeiras do Estado de São Paulo, foram registrados na Baía de Ubatuba valores para produção primária entre 0,24 e 28,16 mgC/m².h (Teixeira, 1973 *apud* Valentin *et al.*, 1994). No canal de São Sebastião os valores de produção primária oscilaram entre 4,8 e 5,2 mgC/m².h (Gaeta *et al.*, 1990). Na região da baía de Santos os valores de produção primária

ficaram entre 22,6 e 488,4 mgC/m².h (Galvão, 1978 *apud* Valentin *et al.*, 1994) e na região do estuário de Cananéia, entre 3 e 72 mgC/m².h (Tundisi *et al.*, 1973 *apud* Valentin *et al.*, 1994).

Para a região ao largo de Santos e Cananéia foram registrados valores de produção primária entre 0,50 e 2,00 mgC/m².h (Brandini, 1986 *apud* Valentin *et al.*, 1994), enquanto na região da plataforma ao largo de Ubatuba, os valores encontrados apresentaram maior oscilação, variando entre 0,50 mgC/m².h e 15,18 mgC/m².h (Metzler, 1991 *apud* Valentin *et al.*, 1994).

Dados sobre a produção primária fracionada incluindo o picoplâncton (Teixeira & Gaeta, 1991 e Gaeta *et al.*, 1992 *apud* Valentin *et al.*, 1994), mostraram a contribuição relevante destes organismos para os ecossistemas costeiros paulistas. A contribuição picoplanctônica para a produção primária pode variar de 3 a 29% (Cananéia) e de 14 a 36% (Ubatuba) e, para a biomassa, de 6 a 12% (Ubatuba). O nanoplâncton é, quantitativamente, a fração mais importante na produção primária costeira (29 a 74%). A contribuição do microfitoplâncton para a produção primária pode variar entre 9 e 48%, em Ubatuba. Na região de São Sebastião, a fração picoplanctônica é responsável por 47 a 64% do total da produção primária (Gianesella-Galvão *et al.*, 1996).

- *Região Oceânica*

Dois projetos destacam-se pelos estudos realizados sobre a comunidade planctônica na região oceânica entre Vitória e o Rio de Janeiro: o Projeto JOPS (*Joint Oceanographic Project*), elaborado em convênio com a Alemanha, e o Programa REVIZEE (Recursos Vivos da Zona Econômica Exclusiva), realizado pela parceria MMA/SMA/DEGAM/REVIZEE.

As características hidrológicas influenciam diretamente a distribuição espacial do plâncton. Segundo Brandini *et al.* (1997), a região oceânica ao largo do Cabo de São Tomé apresenta características hidrográficas semelhantes às da costa nordeste brasileira, com a Corrente do Brasil fluindo no sentido sul-sudoeste, paralela à costa, e transportando a Água Tropical (AT) ao longo da quebra da plataforma. Já a Água Central do Atlântico Sul (ACAS) permanece abaixo da AT, coincidindo com a termoclina permanente (Gaeta, 1997). A Água Intermediária

Antártica (AIA), massa d'água subjacente à ACAS, encontra-se em maiores profundidades, não apresentando influência sobre a comunidade planctônica.

A termoclina é formada através da diminuição vertical (superfície para o fundo) das forças dinâmicas que operam na superfície do oceano (incidência solar e ventos). A termoclina age, então, como uma barreira física à sedimentação do fitoplâncton, que se concentra em sua base, e à troca de nutrientes entre as camadas superior (mais pobre) e inferior (mais rica). Estas condições hidrológicas associadas à disponibilidade de luz favorecem o máximo de biomassa fitoplanctônica em sub-superfície (Mann & Lazier, 1991).

A estrutura estratificada da coluna d'água seleciona as pequenas formas arredondadas, com maior relação superfície/volume, como os coccolitofóridos. Organismos maiores dependem de adaptações para sua manutenção na camada iluminada da coluna d'água, além de uma certa mobilidade. Dentre os organismos maiores mais comuns nos ambientes oligotróficos, destacam-se os grandes dinoflagelados dos gêneros *Ceratium* e *Oxytoxum*, que apresentam prolongamentos e espinhos como adaptação à flutuabilidade; as diatomáceas cêntricas, com grandes vacúolos; e as diatomáceas penatas em forma de agulha, além das diatomáceas formadoras de cadeia.

Apesar da fração do microfitoplâncton (20-200 μm), o plâncton de rede, ser a mais bem estudada, no oceano tropical oligotrófico, a escassez de nutrientes favorece a dominância do picoplâncton, que suporta uma cadeia trófica de rápida reciclagem, porém de pouca energia transmitida (Azam *et al.*, 1983). Este fato confere a estes organismos uma grande vantagem adaptativa para o oceano aberto. Estudos recentes evidenciam que as frações pico e nanoplanctônicas participam de maneira significativa na biomassa e produção primária das águas tropicais em razão da sua alta taxa de divisão (Margalef, 1978; Lins da Silva *et al.*, 1988; Valentin *et al.*, 1994; Susini-Ribeiro, 1996, 1999). Essas frações menores do fitoplâncton apresentam grande capacidade de assimilar nutrientes, o que lhes confere um caráter adaptativo às condições de escassez de nutrientes (Pomeroy, 1974; Azam *et al.*, 1983). A escassez de estudos e a conseqüente falta de conhecimento acerca dessas frações se devem ao seu diminuto tamanho.

A caracterização da comunidade fitoplanctônica da região oceânica potencialmente afetada por um derrame acidental de óleo será baseada nos

estudos realizados nos campos de Espadarte (PETROBRAS/CENPES, 2001), Bijupirá (HABTEC, 2001a), Barracuda e Caratinga (PETROBRAS/CENPES, 2002a) e Marlim Sul (PETROBRAS/CEPEMAR, 2001; PETROBRAS/CENPES, 2002b e PETROBRAS/HABTEC, 2002b).

Durante a 1ª Campanha de Monitoramento do Campo de Espadarte (PETROBRAS/CENPES, 2001) foram registrados valores de densidade para o fitoplâncton entre 9.10^3 cel/L e 1.10^5 cel/L. Durante este estudo a fração dominante foi a do nanoplâncton, com percentuais superiores a 90% da população.

Esse monitoramento individualizou 140 espécies das quais 63% são diatomáceas, 32% dinoflagelados e os 5% restantes representam a contribuição dos outros grupos na riqueza de espécies (Figura II.5.2-73).

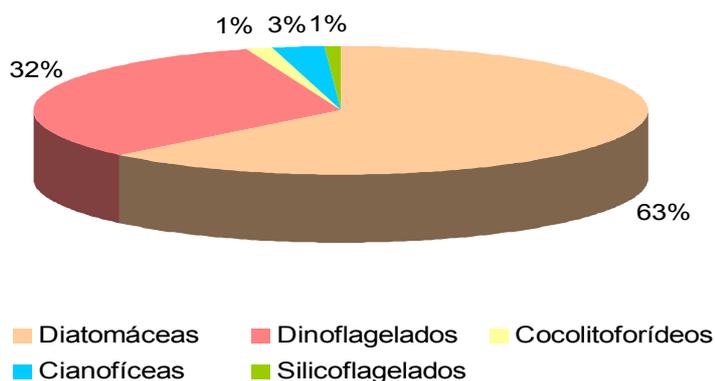


Figura II.5.2-73 - Contribuição dos grandes grupos no número de taxa identificadas no campo de Espadarte.

Fonte: PETROBRAS/CENPES (2001).

Os resultados do Monitoramento de Espadarte revelaram que o microfitoplâncton na região desse campo apresentou diferentes padrões de distribuição espacial, com diatomáceas dominando na superfície e dinoflagelados e cocolitoforídeos sendo mais expressivos em amostras mais profundas (75 m e 150 m).

A área onde foram coletadas as amostras de fitoplâncton de Espadarte localiza-se entre 720 e 990 m de profundidade. A comunidade fitoplanctônica

observada caracteriza a região como sendo de transição entre os ambientes costeiro e oceânico. As densidades celulares observadas (9.10^3 cel/L e 1.10^5 cel/L) representam valores médios de áreas costeiras mesotróficas ou valores máximos de regiões oceânicas com alguma fonte de eutrofização (PETROBRAS/CENPES, 2001).

Na região do Campo Bijupirá, foram coletadas amostras em 6 estações na superfície e na base da termoclina durante a 1ª Campanha do Programa de Monitoramento Ambiental Enterprise (HABTEC, 2001a). As densidades celulares encontradas foram baixas, variando entre 16 cel/L e 296 cel/L, com máximos encontrados na superfície.

As diatomáceas foram as mais abundantes, contribuindo com 40% da densidade total em quase todas as amostras (Figura II.5.2-74). Destacam-se as espécies *Chaetoceros cf. lorenzianus*, *Guinardia cf. striata*, *Haslea wawrikan*, *Hemiaulus hauckii*, *Leptocylindrus danicus*, *L. mediterraneus*, *L. minimus*, *Paralia sulcata*, *Thalassionema nitzschioides* e representantes dos complexos *Plerosigma/Gyrosigma*, *Pseudo-nitzschia "delicatissima"* e *P. "seriata"*. Os dinoflagelados foram a segunda classe em importância quantitativa, destacando-se espécies como *Ceratium pentagonum*, *Oxytoxum crassum*, *O. gracile*, *O. variabile* e representantes da família Gymnodiniaceae. Os cocolitoforídeos foram pouco expressivos, destacando-se, pela abundância, as espécies *Discosphaera tubifer* e *Michaelsarsia elegans*.

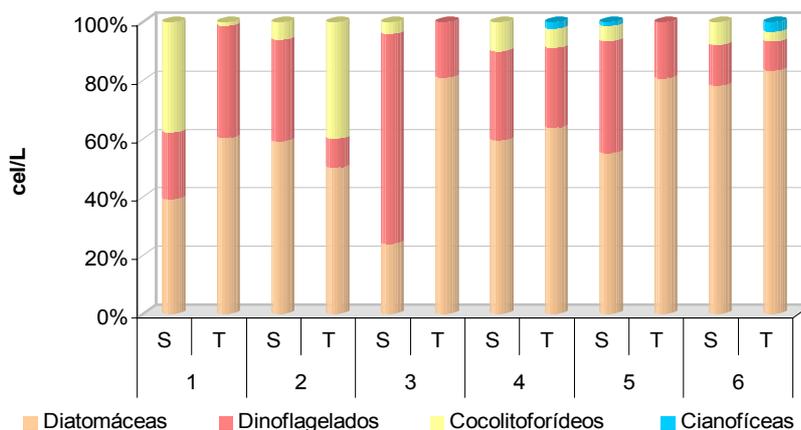


Figura II.5.2-74 - Contribuição relativa de cada grupo para a densidade total do fitoplâncton na região de Bijupirá e Salema. Fonte: HABTEC (2001a).

No relatório de caracterização ambiental dos Campos de Barracuda e Caratinga (PETROBRAS/CENPES, 2002a) foram observadas densidades fitoplanctônicas entre $1,2 \cdot 10^2$ cel/L e $1,7 \cdot 10^5$ cel/L. Esses resultados caracterizam a presença de águas tropicais oligotróficas com influência costeira. Durante esta caracterização foram identificados 235 táxons, sendo 75 dinoflagelados, 60 diatomáceas, 9 coccolitoforídeos, 4 cianobactérias e 3 silicoflagelados. Os maiores valores de riqueza e de densidade celular foram observados entre as profundidades de 50 e 80 m.

As amostras costeiras se apresentaram significativamente mais produtivas do que as amostras mais ao largo da plataforma continental, refletindo um padrão decrescente da produtividade com a distância da costa, tanto no verão quanto no inverno (FUNDESPA, 1994).

Um levantamento dos trabalhos relativos ao fitoplâncton existente na área da Bacia de Campos, apresentado no EIA do sistema de produção P-40 e P-38 do Campo Marlim Sul (PETROBRAS/CEPEMAR, 2001) lista 287 espécies fitoplanctônicas que ocorrem na região entre Barra de Itabapoana e Cabo Frio. Aproximadamente 76% das espécies listadas nesse documento são diatomáceas (Divisão Bacillariophyta), 20% são dinoflagelados (Divisão Dinophyta), os outros grupos contribuindo com cerca de 4% das espécies registradas, corroborando a grande contribuição qualitativa das diatomáceas observadas durante as duas campanhas de monitoramento do sistema de produção de Marlim Sul apresentadas no Quadro II.5.2-23.

Quadro II.5.2-23 - Síntese dos resultados quali e quantitativos de fitoplâncton nas duas campanhas de monitoramento de Marlim Sul (Nov/2001 – PETROBRAS/CENPES, 2002b; Ago/02 – PETROBRAS/HABTEC, 2002b).

		NOVEMBRO DE 2001	AGOSTO DE 2002
Análise Qualitativa	Unidades taxonômicas	46	150
		Representatividade dos grupos no inventário florístico	
	Diatomáceas	44%	58%
	Dinoflagelados	47%	31%
	Cocolitoforídeos	6%	6%
	Cianofíceas	2%	3%
	Silicoflagelados	1%	2%
Análise Quantitativa	Densidade	14 cel/L a 3,12.10 ² cel/L	1,09.10 ² cel/L a 1,55.10 ⁴ cel/L
		Representatividade dos grupos na densidade	
	Diatomáceas	35%	91%
	Dinoflagelados	33%	7%
	Cocolitoforídeos	29%	2%
	Outros	3%	0%

Durante caracterização da região oceânica da Bacia de Santos (PETROBRAS/HABTEC, 2003), a comunidade fitoplanctônica também apresentou um grande número de espécies, apesar da baixa densidade. As diatomáceas foram o principal grupo encontrado, apresentando o maior número de táxons na maioria dos pontos avaliados.

Neste estudo a densidade celular do microfitoplâncton variou entre 31 cel/L a 2.932 cel/L, sendo as maiores concentrações observadas de modo geral, na profundidade da termoclina e abaixo desta, e as menores no fundo (PETROBRAS/HABTEC, 2003).

Em termos qualitativos, o predomínio das diatomáceas sugere a maior participação das células autotróficas, em detrimento dos heterotróficos (alguns dinoflagelados e silicoflagelados), o que difere do encontrado em Cupelo (2000), onde os dinoflagelados dominaram a comunidade.

Dentre as espécies fitoplanctônicas encontradas na região oceânica da Bacia de Santos destacam-se dentre as diatomáceas *Pseudo-nitzschia "delicatissima"*, *Thalassionema nitzschioides*, *Thalassionema cf. bacillare*, *Leptocylindrus*

mediterraneus. Dentre os dinoflagelados os atecados do grupo Gymnodiniales apresentaram grande participação quali-quantitativa, bem como *Pronoctiluca spinifera*, *Pronoctiluca cf. pelagica* e *Podolampas spinifera*. Já entre os coccolitoforídeos tiveram destaque *Syracosphaera* spp., *Rhabdosphaera* sp e *Discosphaera tubifer* (PETROBRAS/HABTEC, 2003).

Gaeta (1999) também encontrou condições oligotróficas nas águas do talude e da margem continental na área da Bacia de Santos corroborando os resultados apresentados no relatório de PETROBRAS/HABTEC (2003).

Comparando os valores observados durante a caracterização da área de influência do Complexo PDET com os valores encontrados para outras regiões da Bacia de Campos e também da Bacia de Santos, apresentados no Quadro II.5.2-24, conclui-se que as densidades encontradas para o microfitoplâncton da região objeto deste estudo estão na mesma ordem de grandeza dos valores encontrados em outras regiões oceânica do Brasil. Ressalta-se que nos levantamentos realizados na área de influência do PDET, dos campos de Marlim Sul, Barracuda e Caratinga e também na área dos Blocos BM-S-8, BM-S-9, BM-S-10, BM-S-11 e BM-S-21 da Bacia de Santos foi avaliada apenas a fração do microfitoplâncton ($> 20 \mu\text{m}$), sendo que os trabalhos realizados em Cabo Frio (FUNDESPA, 1994), Macaé (FUNDESPA, 1994), Cabiúnas (PETROBRAS, 2002a) e Espadarte (PETROBRAS/CENPES, 2001) apresentam as densidades celulares para as frações do microfito- e nanoplâncton.

Os dados encontrados na área de influência do Complexo PDET corroboram com os descritos na literatura, com as maiores densidades sendo observadas nas isóbatas mais rasas. Em relação à distribuição vertical na coluna d'água, a abundância foi mais marcante nas coletas realizadas no meio desta, demonstrando a concentração da comunidade fitoplanctônica na região próxima à termoclina, conforme apresentado em Cupelo (2000) e PETROBRAS/HABTEC (2003).

Quadro II.5.2-24 - Síntese dos resultados encontrados em diversos trabalhos realizados próximo à Área de Influência do Sistema de Rebombeio e Escoamento.

Autor/ano	Local	Profundidade (m)	Período da coleta	Nº de estações	Equipamento de Coleta	Fração Analisada	Densidade (Cel/L)
FUNDESPA, 1994	Cabo Frio	10 -30	Verão de 1993	23	Van Dorn	Micro- e nanoplâncton	$2,7 \cdot 10^3 - 3,64 \cdot 10^7$
FUNDESPA, 1994	Macaé	10 -30	Inverno de 1993	23	Van Dorn	Micro- e nanoplâncton	$5,2 \cdot 10^6 - 2,27 \cdot 10^7$
Petrobras, 2002a	Emissário de Cabiunas	10 -20	Março de 1998	2 com coletas de 6 em 6 hs	Van Dorn	Micro- e nanoplâncton	$5,1 \cdot 10^3 - 7 \cdot 10^4$
Petrobras, 2002a	Emissário de Cabiunas	10 -20	Julho de 1998	2 com coletas de 6 em 6 hs	Van Dorn	Micro- e nanoplâncton	$1,3 \cdot 10^3 - 1,2 \cdot 10^4$
PETROBRAS / CENPES, 2002b	Marlim Sul	1054 - 1066	verão	4	Niskin	Microplâncton	14 a $3 \cdot 10^2$
PETROBRAS / HABTEC, 2002b	Marlim Sul	1034 - 1072	inverno	2	Niskin	Microplâncton	10^2 a $15 \cdot 10^3$
PETROBRAS/CENPES, 2002a	Barracuda e Caratinga	700 - 11000	primavera	6	Niskin	Microplâncton	10^2 a $2 \cdot 10^5$
PETROBRAS/CENPES, 2001	Espadarte	720-990	inverno	1 com coletas de 8 em 8 hs.	Niskin	Micro- e nanoplâncton	$9 \cdot 10^3 - 10^5$
HABTEC, 2001a	Bijupirá & Salema	~800	Setembro de 2001	6	Niskin	Microplâncton	16 - 206
PETROBRAS/HABTEC, 2002a	Complexo PDET	10 - 150	Agosto de 2002	9	Niskin	Microplâncton	$1,2 \cdot 10^2 - 5,9 \cdot 10^3$
PETROBRAS/HABTEC, 2003	Bacia de Santos (BM-S-8, BM-S-9, BM-S-10, BM-S-11 e BM-S-21)	1639-24422	Outubro de 2002	20	Niskin	Microplâncton	31 – $2,9 \cdot 10^3$