Sônia Maria Flôres Gianesella Galvão

PRODUÇÃO PRIMÁRIA DA BAÍA DE SANTOS, ESTADO DE SÃO PAULO

ASPECTOS SOBRE A EFICIÊNCIA FOTOSSINTÉTICA NUM AMBIENTE MARINHO POLUIDO.

Dissertação apresentada à
Comissão de Pós-Graduação do
Instituto Oceanográfico
da Universidade de São Paulo,
para obtenção do grau de
Mestre em Oceanografia Biológica.

Orientador:
DR. CLÓVIS TEIXEIRA

SÃO PAULO - 1978

SUMÁRIO

AGRADECIMENTOS
SINOPSE
ABSTRACT

1. INTRODUÇÃO 1

2. CARACTERÍSTICAS DA REGIÃO 3
2.1 ASPECTOS GEOLÓGICOS 3
2.2 ASPECTOS CLIMÁTICOS 4
2.3 ASPECTOS HIDROGRÁFICOS 4
2.4 FONTES DE POLUIÇÃO 5

3. MATERIAL E MÉTODOS 7
3.1 LOCAIS DE COLETA 7
3.2 COLETA DE MATERIAL 8
3.3 PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS 8
3.3.1 TRANSPARÊNCIA 8
3.3.2 TEMPERATURA E SALINIDADE 9
3.3.3 pH 9
3.3.4 MATERIAL EM SUSPENSÃO 9
3.3.5 OXIGÊNIO DISSOLVIDO 9
3.3.6 NÍVEL DE SATURAÇÃO DE OXIGÊNIO 9
3.3.7 NUTRIENTES 9
3.3.8 MERCÚRIO 9
3.4 PARÂMETROS BIOLÓGICOS 9
3.4.1 DETERMINAÇÃO QUALITATIVA E QUANTITATIVA DO FITOPLANCTON 10
3.4.2 CLOROFILA-*a* 10
3.4.3 PRODUÇÃO PRIMÁRIA 11
3.4.3.1 Medidas da radioatividade através do contador "Geiger-Müller" (G-M) 12
3.4.3.2 Medidas da radioatividade através do cintilador líquido 13

4. RESULTADOS 14
4.1 PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS 14
4.1.1 TEMPERATURA 14
4.1.2 OXIGÊNIO DISSOLVIDO 14
4.1.3 TRANSPARÊNCIA 15
4.1.4 SALINIDADE 15
4.1.5 pH 16
4.1.6 MATERIAL EM SUSPENSÃO 16
4.1.7 NUTRIENTES 16
4.1.8 MERCÚRIO 18
4.2 PARÂMETROS BIOLÓGICOS 18
4.2.1 POPULAÇÕES FITOPLANCTÔNICAS 18
4.2.2 CLOROFILA-*a* 20
4.2.3 PRODUÇÃO PRIMÁRIA 21
a) Resultados obtidos através de contagens no contador "Geiger-Müller" (G-M) 21
b) Resultados obtidos através de contagens no cintilador líquido 21
4.2.4 NÚMERO DE ASSIMILAÇÃO OU POTENCIAL FOTOSSINTÉTICO 22

5. DISCUSSÃO 23
5.1 NUTRIENTES 23
5.2 POPULAÇÕES FITOPLANCTÔNICAS 26
5.3 CLOROFILA-*a* 30
5.4 PRODUÇÃO PRIMÁRIA 31
5.5 NÚMERO DE ASSIMILAÇÃO 35

6. CONCLUSÕES 39

7. BIBLIOGRAFIA 41

TABELAS

FIGURAS

SINOPSE

A eficiência fotossintética do fitoplancton da baía de Santos foi estudada através de amostras de água coletadas bimestralmente, de fevereiro a dezembro de 1976.

Foram amostradas três estações consideradas as mais representativas dos diferentes ambientes da região: uma estação na boca do estuário, outra próxima à praia e a última na entrada da baía.

A região despertou interesse devido à presença de poluentes das mais diversas naturezas que poderiam afetar o fitoplancton.

A análise dos parâmetros físico-químicos (transparência, temperatura, salinidade, pH, material em suspensão, Oxigênio dissolvido, nutrientes e Mercúrio) foram efetuadas pela CETESB.

A determinação da biomassa do fitoplâncton foi feita pela contagem de células e por medidas da concentração de clorofila-*a*.

A produção primária foi determinada pelo método do ^{14}C. As amostras foram incubadas a diferentes intensidades de luz até um máximo de 60 Klux, a fim de se determinar a eficiência da fotossíntese à luz de saturação.

A radioatividade das amostras foi medida pelo contador "G-M" e por cintilação líquida.

Baseando-se na comparação dos resultados entre estes dois aparelhos, sugere-se que dados obtidos anteriormente através do contador "G-M" sejam corrigidos e que este equipamento não seja mais utilizado.

Os resultados do Número de Assimilação, assim como da biomassa fitoplanctônica apresentaram-se bastante elevados mesmo quando comparados a outras regiões eutróficas, devido à grande quantidade de nutrientes na região.

Os valores de produção primária e de número de assimilação provavelmente estão subestimados devido a diversos fatores que são discutidos no presente estudo.

Foram observadas células deformadas de *Skeletonema* e *Leptocylindrus*. Também são discutidos as possíveis causas destas anomalias.

ABSTRACT

The phytoplankton photosynthetic efficiency of Santos Bay was studied by means of water samples colected bimensaly, from February to December, 1976.

Three points were sampled, the most characteristic of the different environments in the region: one station at the estuary mouth, one next to the beach and the last one at the bay entrance.

The region is interesting due to the presence of different kinds of polutants, which could afectt the phytoplankton.

The analyses of the physical and chemical parameters (transparency, temperature, salinity, pH, suspended material, dissolved Oxigen, nutrients and Mercury) were carried on by CETESB.

The phytoplankton standing-stock determination was made by cells counts and by clorophyll-*a* concentration measurements.

The primary production was determined by ^{14}C method. The samples were incubated at several light intensities up to a maximum of 60 Klux to determine the photosynthesis efficiency at the saturation light.

The radioactivity of the samples was measured by "G-M" counter and by liquid scintillation.

The comparisons of the results between both the equipments suggest that the previous data from "G-M" counter must be corrected and that we d'ont should use this apparatus anymore.

The results of the assimilation number, as well as the phytoplankton biomass were high even when comparing then to other eutrofic regions, because of the high level of nutrient of the region.

The values of primary production and assimilation number probably are subestimated because of several factors that are discussed in the presente paper.

Deformed cells of *Skeletonema* and *Leptocylindrus* were observed. The possible causes of these anomalies are also discussed.

1. INTRODUÇÃO

As regiões marinhas interiores, tais como estuários e baías, são ambientes que na maioria das vezes sofrem um processo contínuo e lento de eutroficação natural. O aporte de águas continentais, muitas vezes ricas em nutrientes orgânicos e inorgânicos e a liberação contínua de nutrientes dos sedimentos de fundo para a massa d'água sobrejacente, são fenômenos que contribuem para este processo.

Isto permite ao fitoplancton e aos outros níveis da rede trófica um desenvolvimento muito maior do que em regiões oceânicas ou mesmo em águas costeiras. Devido a essa fertilidade, esses locais são considerados como criadouros naturais.

Muitas das grandes cidades do mundo surgiram às margens de estuários e baías, ocasionando com o seu desenvolvimento a produção de uma grande quantidade de resíduos orgânicos e inorgânicos, de origem doméstica ou industrial.

Estes resíduos, lançados ao mar em regiões que naturalmente já apresentam eutroficação, além de aumentarem a velocidade desse processo, trazem uma carga de outras substâncias, não necessariamente nutrientes, provocando alterações por vezes drásticas no ecossistema.

Em consequência desses problemas, tem aumentado o interesse dos ecologistas pelo estudo dos ambientes marinhos poluidos.

A região de Santos (24°00'S; 46°26'W) Brasil, (Fig. 1) é bem representativa desse fenômeno, tornando oportunas as pesquisas sobre produção primária marinha, a fim de se determinar as influências de tais condições anormais sobre a ecologia do fitoplancton e, posteriormente, sobre toda a rede trófica.

Diversos autores trabalharam nessa área e adjacências, estudando-a tanto do ponto de vista da hidrografia (Emílsson, 1955; Johannessen, 1967; Sanchez *et al.*, 1973; Garcia Agudo *et al.*, 1974; Garcia Occhipinti, 1972, 1975 e Fúlfaro & Ponçano, 1976) como da biologia (Sawaya & Carvalho, 1938; Carvalho, 1952;

Joly, 1957; Neiva & Wise, 1963; Lima & Vazzoler, 1963; Tommasi, 1967; Moreira, 1976). No entanto estas pesquisas foram específicas e isoladas e não forneceram uma visão global do ecossistema da região.

A Companhia Estadual de Tecnologia e Saneamento Básico e de Defesa do Meio Ambiente (CETESB), em convênio com o Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo (IOUSP), efetuou um levantamento da situação do estuário e baía de Santos no período de 1974 a 1977, com fins de saneamento básico.

Este convênio permitiu uma série de estudos oceanográficos, inclusive sobre o aspecto de produção primária, cujos resultados ainda não estão publicados.

A elaboração deste projeto foi baseada na necessidade de se conhecer certos aspectos fisiológicos do fitoplancton nessas regiões, como por exemplo a sua eficiência fotossintética. Estes conhecimentos também permitirão uma melhor interpretação de resultados já obtidos na baía de Santos, a respeito da produção primária.

Para tanto, foram aproveitados os períodos de amostragem do projeto integrado CETESB/IOUSP a fim de se efetuar as coletas deste trabalho.

No Brasil já foram realizados diversos estudos sobre produção primária em regiões de natureza estuarina, lagunar ou em baías (Garcia Occhipinti *et al.*, 1961; Teixeira, 1969; Teixeira *et al.*, 1969; Tundisi, 1969 e Tundisi *et al.*, 1973), mas nenhum em ambiente poluido.

A determinação direta da taxa de fixação de Carbono pelo fitoplancton fornece um índice bastante significativo a respeito do estágio de eutroficação assim como de seu possível desenvolvimento. Daí o interesse na obtenção desses resultados e de uma comparação com os resultados obtidos em outras regiões para se formar uma imagem objetiva dos efeitos da poluição sobre a eficiência da fotossíntese e sobre a situação atual do ecossistema, pois as respostas fisiológicas das populações naturais refletem as condições do ambiente.

2. CARACTERÍSTICAS DA REGIÃO

2.1 ASPECTOS GEOLÓGICOS

A baixada santista apresenta, basicamente, duas formações geológicas principais: de um lado eleva-se a serra do Mar e do outro estende-se a planície sedimentar litorânea. A primeira constitui-se principalmente de rochas ígneas e metamórficas. Em frente à serra e circundando morros e maciços isolados, desenvolve-se a planície sedimentar formada originalmente por aluviões, material de mangues atuais e antigos, e por sedimentos de praia em geral. A formação deste extenso e espesso depósito é resultante de processos geológicos desenvolvidos a partir do Cenozóico (Rodrigues, 1965).

A região estudada abrange a baía de Santos, propriamente dita, onde se abrem os estuários de Santos e São Vicente a ela diretamente ligados. Estes estuários são alimentados por um conjunto de mananciais provenientes das encostas da serra do Mar ou de origem na própria baixada. Os rios que nascem na serra, apresentam, inicialmente um regime torrencial, mas ao chegarem à baixada, mudam de regime devido à pequena declividade desta formação, o que dificulta o escoamento das águas. Este fenômeno causa a formação de um labirinto de canais e meandros. Contornando muitas destas margens existem manguesais que ocupam grandes extensões da planície, até onde esta é atingida pela maré alta (Goldstein, 1972).

Queiroz (1965) afirma que a parte central do "Golfo de Santos" está sendo colmatada por material proveniente desses mangues e da erosão de rochas das encontas da serra, devido, em grande parte, às características climáticas locais.

Entretanto, Fúlfaro & Ponçano (1976) afirmam que a região do mangue retém a carga de sedimentos transportados por tração, liberando para os canais e baía apenas a carga transportada em suspensão.

A região estudada sofre, portanto, grande influência de material terrígeno, recebendo naturalmente grande quantidade de substâncias orgânicas nas suas águas, destacando-se entre elas, os ácidos húmicos originados do mangue. Estas substâncias exercem efeitos estimulantes sobre o crescimento do fitoplancton, tanto em populações naturais como em culturas (Droop, 1966; Prakash, 1968; Sieburth & Jensen, 1968).

2.2 ASPECTOS CLIMÁTICOS

O clima da Baixada Santista é caracteristicamente do tipo tropical úmido, com altos índices de precipitação pluviométrica. O total anual perfaz 2000-2500 mm. O mês de fevereiro apresenta-se como o de maior precipitação (320 mm) e o de julho como o de menor (91 mm).

A insolação é alta durante todo o ano e no inverno é equivalente ao verão, pois o dia mais curto daquele é compensado pela nebulosidade deste. O valor mais baixo de insolação ocorre no mês de outubro: 115,4 h; o valor mais alto, durante o mês de março: 175,6 h.

A média anual da temperatura do ar é de 22°C, observando-se seus máximos em fevereiro (29,4°C) e os mínimos em julho (14,6°C).

Os valores acima representam médias obtidas num período de trinta anos: 1931-1960 (Brasil, Ministério da Agricultura, 1969).

2.3 ASPECTOS HIDROGRÁFICOS

A baía de Santos constitui o compartimento de controle e troca entre as águas costeiras e as provenientes dos estuários

de Santos e São Vicente. Segundo Garcia Occhipinti (1972) a afluência das águas costeiras na baía se faz pelo fundo, nas camadas abaixo de 2 m de profundidade e a efluência ocorre de preferência nas camadas superiores. Em condições meteorológicas normais as correntes são governadas principalmente pelas marés; na maré vazante verifica-se uma efluência em toda a baía e ao longo de toda a coluna d'água; na enchente, a afluência ocorre pelo fundo com uma efluência na camada superior (0-1 m) que circula da boca do estuário do porto, contornando a baía até a ilha de Urubuqueçaba e daí escoando baía afora na direção SSW.

Esta condição é observada em cerca de 80% do tempo (Garcia Occhipinti, 1975).

Conforme o mesmo autor (1972), em condições meteorológicas normais, i.é, quando prevalece a circulação anti-ciclônica de ar tropical (brisa marítima), ocorre uma estratificação da coluna de água na baía de Santos. Esta estabilidade cresce da boca da baía para a entrada do estuário do porto. São duas massas de água bem distintas, principalmente com relação à salinidade; a camada superior, menos salina e mais quente, varia entre 1 e 3 m de profundidade; a inferior é mais fria e mais salina. A primeira é proveniente de águas estuarinas e a segunda, de águas costeiras. Essas duas camadas são separadas por uma picnoclina, para cuja formação, a influência da haloclina é maior que a da termoclina. Durante o verão, geralmente há uma diferença de 2°C entre as temperaturas das duas camadas; no inverno a coluna vertical tende a ser isotérmica ou então a situação térmica pode ser completamente invertida, com a camada superior tornando-se cerca de 2° mais fria que a inferior.

Quando ocorrem períodos de pertubações (frentes frias ou fenômenos derivados) a estrutura vertical da água pode ser totalmente destruida devido à mistura vertical.

2.4 FONTES DE POLUIÇÃO

Além dos processos físicos dinâmicos que caracterizam a região, há que se considerar as diversas fontes de poluição que aí existem (Garcia Occhipinti, 1975):

a - as águas provenientes do Reservatório Billings, o qual recebe os esgotos da cidade de São Paulo, e é atualmente considerada como a maior lagoa anaeróbica do mundo. Suas águas atingem o Estuário de Santos através das Usinas Hidrelétricas da Light;

b - os esgotos despejados clandestinamente no sistema de canais de drenagem de Santos e São Vicente;

c - os excessos das descargas de esgoto durante os meses de férias de verão quando a contribuição da população flutuante e as águas pluviais atingem suas vazões máximas;

d - resíduos das indústrias situadas em Cubatão e nas margens do Estuário Santista;

e - esgotos de Cubatão, Vicente de Carvalho e outras comunidades situadas às margens do estuário;

f - resíduos provenientes das atividades do porto de Santos;

g - esgotos das cidades de Santos e São Vicente, lançados na ponta de Itaipú que podem penetrar nas águas da baía;

h - outras fontes menores.

Segundo o mesmo autor (1975), conforme dados fornecidos pela CETESB durante o período de 1969 a 1975, as concentrações de coliformes na região superam o padrão de balneabilidade adotado pela Califórnia (EUA), de 10^3 coli/100 mℓ, em mais de 90% do tempo.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 LOCAIS DE COLETA

Apesar das grandes oscilações locais das condições hidrográficas num ciclo anual, como antes exposto, procurou-se selecionar estações que fossem representativas das diferentes condições ambientais da região. Além disso, para maior facilidade técnica e precisão dos resultados, evitou-se locais de baixa salinidade onde o pH da água provavelmente situar-se-ia abaixo de 8,0 (como por exemplo dentro do canal). Assim, nas estações escolhidas a concentração de CO_2 total foi estimada, já que não se pode determiná-la.

A numeração das estações segue a numeração básica do projeto geral do convênio CETESB/IOUSP (Fig. 1):

- Estação 18, situada na desembocadura do canal e portanto a mais influenciada pelas águas interiores e pelos poluentes aí lançados por diversas fontes;

- Estação 24, próxima à praia e que sofre influência dos canais de maré e da própria praia;

- Estação 40, situada na entrada da baía e com influência mais direta das águas costeiras.

As coletas foram realizadas a bordo do barco "Emília" pertencente ao Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo.

A posição das estações foi determinada por referências em terra (Estações 24 e 18) e por sextante e ecobatímetro (Est. 40).

3.2 COLETA DO MATERIAL

As atividades de campo referentes a este trabalho foram conduzidas durante os períodos de amostragem do projeto geral já mencionado e portanto estiveram até certo ponto subordinadas ao mesmo. Foram realizadas amostragens em meses alternados a partir de fevereiro até dezembro de 1976.

As amostras foram coletadas apenas na superfície, devido à falta de condições para se trabalhar simultaneamente com o material de uma outra profundidade.

Utilizou-se para isso uma garrafa tipo "Van Dorn" de 5 ℓ que era lançada ao mar duas vezes em cada estação, para se obter o volume de água necessário a todas as análises.

Houve sempre uma preocupação para que as coletas deste trabalho fossem as últimas efetuadas em cada dia, para melhor preservação do material a ser incubado. Em consequência, não foram levadas em consideração as fases da maré para a realização das coletas.

Os parâmetros físico-químicos (temperatura, salinidade, oxigênio dissolvido, pH, material em suspensão e transparência), que permitiram caracterizar as massas de água foram analisados pela CETESB, assim como as dosagens de nutrientes (Nitritos, Nitratos, Amônia e Fosfatos) e Mercúrio.

3.3 PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS

3.3.1 TRANSPARÊNCIA - foi determinada com o auxílio de um disco de Secchi. A profundidade onde o disco desapareceu foi medida em metros e corresponde ao "d" na fórmula de Poole & Atkins (1929):

$k = \frac{1,7}{d}$, onde k é o coeficiente de extinção da luz.

3.3.2 TEMPERATURA E SALINIDADE - foram medidos com um termo-salinômetro de campo, Beckman, modelo RS5-3.

3.3.3 pH - foi medido com um pHmetro Metrohm, modelo E-222 acoplado a um eletrodo combinado.

3.3.4 MATERIAL EM SUSPENSÃO - foi determinado através do método gravimétrico (American Public Health Association, 1971).

3.3.5 OXIGÊNIO DISSOLVIDO - o método utilizado foi uma modificação de Winkler, segundo Altemberg, com o emprego de Azida de Sódio (American Public Health Association, 1971).

3.3.6 NÍVEL DE SATURAÇÃO DE OXIGÊNIO - foi determinado através de "International Oceanographic Tables", vol. 2, (1973), utilizando-se os dados de temperatura e salinidade.

3.3.7 NUTRIENTES - ($N-NO_3$, $N-NO_2$, $N-NH_4$, $P-PO_4$) foram determinados através de auto-analisador "Technicon" modelo CSN-6, (conforme American Public Health Association, 1971).

3.3.8 MERCÚRIO - foi determinado através de espectrofotômetro de absorção atômica "Perkin-Elmer", modelo 403. (American Public Health Association, 1971).

3.4 PARÂMETROS BIOLÓGICOS

Nos laboratórios do Instituto Oceanográfico, em São Paulo, procedeu-se a determinação dos parâmetros biológicos: produção primária, concentração de clorofila-*a*, enumeração e classificação do fitoplancton total.

Durante o trajeto de Santos a São Paulo, as amostras foram mantidas em lugar escuro, protegidas contra a variação de temperatura e o intervalo entre o instante de coleta e o início da incubação variou de 3 a 4:30 horas.

3.4.1 DETERMINAÇÃO QUALITATIVA E VARIAÇÃO NUMÉRICA DO FITOPLANCTON - as amostras de fitoplancton total foram armazenadas em frascos de vidro de 50 mℓ e preservadas com formol numa concentração final de 4%.

O exame do material foi feito através de um microscópio invertido, tipo Utermöhl para plancton, marca Zeiss. O aumento usado foi de 625 vezes. Como corante, utilizou-se o rosa de bengala, e a sedimentação foi efetuada em câmara de contagem de 2 mℓ durante 24 horas.

As diatomáceas foram classificadas ao nível de gênero e as outras células do fitoplancton ao nível de grupo.

Para observação mais detalhada de células que despertaram o interesse utilizou-se um microscópio de fase, Wild M-20, com aumento de até 1600 vezes.

3.4.2 CLOROFILA-*a* - a clorofila-*a* foi determinada quantitativamente segundo a metodologia descrita em Strickland & Parsons (1968). A filtração era iniciada tão logo as amostras chegavam ao laboratório. Não se utilizou a técnica do fracionamento, pois segundo Teixeira (comunicação pessoal) quase todo o fitoplancton da região é constituído por nanofitoplancton (organismos menores que 50 μm). Por este motivo o filtro utilizado foi o "Millipore", tipo HA, com 47 mm de diâmetro.

A extração do pigmento foi efetuada a baixas temperaturas e no escuro. A análise espectrofotométrica foi realizada 30 minutos após a extração. Com efeito, experimentos comparativos demonstraram que não há diferença significativa nas leituras, em qualquer dos comprimentos de onda empregados, no intervalo entre 30 minutos a 24 horas após a extração (Teixeira, comunicação pessoal).

O volume filtrado de amostra não foi sempre o mesmo, tendo

variado de 0,25 ℓ a 1,20 ℓ. Essa variação dependeu da quantidade do material em suspensão total que em cada ocasião permitiu a passagem de água pelo filtro em maior ou menor quantidade.

3.4.3 PRODUÇÃO PRIMÁRIA - as estimativas da produção primária foram baseadas na assimilação de Carbono radioativo, na forma de Bicarbonato, em solução aquosa, segundo a técnica de Steemann-Nielsen (1952) com modificação de Teixeira (1969).

Foram inoculadas quatro ampolas de 4 μCi em 750 mℓ de amostra que em seguida foi distribuida em 12 frascos incolores de vidro "pyrex" com tampa esmerilhada e volume de aproximadamente 60 mℓ. Os frascos foram colocados dois a dois dentro de sacos de "nylon" preto, que funcionaram como filtros neutros, reduzindo a iluminação para as seguintes porcentagens: 2,0%, 5,6%, 25,6%; dois frascos foram submetidos a uma iluminação de 150% produzida pela reflexão da luz por uma folha de alumínio que envolvia a parte do frasco oposta àquela diretamente atingida pela luz; dois frascos pretos foram usados para se determinar a fixação de ^{14}C na ausência de luz. Em seguida, os frascos foram colocados no incubador. Este possui um sistema de refrigeração (por circulação de água) que mantém a temperatura aproximadamente constante (variação de ± 3,0°C).

A iluminação escolhida foi a incandescente, devido à maior estabilidade espectral, maior intensidade luminosa que as fluorescentes e também porque a maior parte da sua energia luminosa é mantida pela região espectral fotossinteticamente mais efetiva.

A intensidade luminosa ao nível da água foi de 40 Klux obtida com cinco lâmpadas Osran de 300 Watts.

O tempo de exposição foi de apenas três horas para evitar grandes perdas de Carbono por excreção (Strickland, 1960, 1965) e devido à grande densidade do fitoplancton.

Findo o período de exposição à luz, as amostras foram mantidas no escuro e imediatamente filtradas através de filtros "Millipore" HA - 25 mm de diâmetro. Foi usada uma

sucção de no máximo de 0,5 atm/cm^2 para evitar rupturas das células (Tundisi & Teixeira, 1968).

A radioatividade foi medida de duas maneiras: primeiro, através de um contador do tipo "Geiger-Müller", marca Phillips mod. PW 4052 e posteriormente com um espectrômetro de cintilação líquida TRI-CARB da Packard, modelo C2425.

Os valores de fixação de ^{14}C no escuro foram subtraídos de todos os valores obtidos nas diferentes intensidades de luz.

3.4.3.1 Medidas da radioatividade através do contador "Geiger-Müller" (G-M)

A atividade específica das ampolas foi determinada pelo método do Carbonato de Bário desenvolvido por Steemann-Nielsen (1952) com modificações na parte experimental baseadas no método de Doty & Oguri (1959). Os resultados foram corrigidos para o método biológico conforme Steemann-Nielsen (1965).

Os cálculos da produção primária em termos de mgC.m^{-3}.h^{-1} foram efetuados utilizando-se a seguinte equação (conforme Doty & Oguri, *op. cit.*):

$$\frac{Ipm_i}{Ipm_t} \times \frac{1}{3} \times 90 \times \frac{12}{44} \times \frac{750}{25} \times 1000 = mgC.m^{-3}.h^{-1}$$

onde: o valor 3 corresponde ao número de horas de incubação; o valor 90 corresponde ao valor teórico assumido para a concentração de CO_2 total em águas oceânicas e costeiras, e é dado em mgCO_2/ℓ. Em águas estuarinas esse valor deve ser recalculado conforme medidas das condições locais. Entretanto, assumiu-se que as águas da baía comportam-se mais como água costeira do que como estuarina, e foi o que realmente ocorreu em termos de salinidade e pH; a razão $\frac{12}{44}(C/CO_2)$ fornece o peso de Carbono, uma vez que o resultado é dado em mgC-m^{-3}.h^{-1}; a razão $\frac{750}{25}\cdot 1000$ corresponde à conversão do volume de litros para metros

cúbicos, sendo que em 750 mℓ de amostra foram colocadas quatro ampolas e filtrados 25 mℓ de cada frasco incubado.

3.4.3.2 Medidas para Produção Primária através do cintilador líquido

Os filtros com o material usado anteriormente para as medidas com o contador "Geiger-Müller", serviram para as medidas com o cintilador líquido; foram porém submetidos aos vapores de HCℓ para eliminação de qualquer Carbono inorgânico, (Steemann-Nielsen, 1952). A atividade absoluta das amostras em número de desintegrações por minuto foi calculada por padrão interno. Para a determinação da atividade específica das ampolas de $NaH^{14}CO_2$ utilizadas, as mesmas foram diluídas em 50 mℓ de solução Bray alcalinizada a 10%, com base orgânica forte de hidróxido de hiamina 10-X (Packard). Subamostras de 1,0 mℓ dessa solução foram transferidas para frascos de cintilação contendo 9,0 mℓ de solução Bray (Bray, 1960).

Os filtros foram colocados em frascos de cintilação aos quais se acrescentou 10 mℓ de Bray (Ward & Nakanishi, 1971). As contagens foram feitas com um desvio padrão de 0,7% e uma eficiência de 90%.

O cálculo da Produção Primária foi efetuado com a mesma equação utilizada para o contador "Geiger-Müller".

4. RESULTADOS

Foram efetuadas um total de 18 amostragens sendo que em uma delas, correspondente à estação 24, no mês de julho, apenas os parâmetros biológicos puderam ser analisados.

4.1 RESULTADOS DOS PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS

Os resultados dos parâmetros físico-químicos podem ser observados nas Tabelas I, II e III.

4.1.1 TEMPERATURA: A temperatura máxima foi observada na Estação 24 em dezembro: 27,51°C, e a mínima na Estação 24, em agosto: 19,86°C.
A Estação 24 foi a que apresentou maior amplitude de variação de temperatura, talvez por estar próxima à praia e sofrer influência da maior proximidade da terra.

4.2.2 OXIGÊNIO DISSOLVIDO: O teor de Oxigênio dissolvido (O.D.) foi bastante variável entre as estações durante todos os períodos de amostragem. Ocorreram valores desde 3,35 mℓ/ℓ a 11,69 mℓ/ℓ; em termos de porcentagem de saturação os valores variaram de 70,7% a 250,8%.
Um valor acima de 100% significa que a massa d'água pode ter sofrido turbulência ou que houve uma alta taxa de fotossíntese na ocasião.
Um valor abaixo de 100% pode significar o inverso ou ainda que existe material de origem orgânica ou compostos inorgânicos consumindo o Oxigênio em oxidações.

4.1.3 TRANSPARÊNCIA: Quanto mais internas são as estações menor é a transparência. Segundo Jerlov (1953) a redução e as modificações na penetração de luz em águas estuarinas e costeiras é devido muito mais a substâncias orgânicas dissolvidas e "gelbstoff" do que ao material em suspensão. A matéria orgânica dissolvida carreada pelos rios pode flocular ao entrar em contato com águas de salinidade mais elevada (Sieburth & Jensen, 1968).

Na Estação 24, em outubro, foi encontrado o valor mais alto de coeficiente de extinção: 2,1; o valor mais baixo foi 0,85, encontrado na Estação 40 também no mês de outubro.

4.1.4 SALINIDADE: A hidrologia das águas de superfície da baía de Santos é bastante complexa posto que depende da vasão variável dos diversos efluentes do canal, da maré e também das condições meteorológicas (que podem apresentar instabilidade em certos períodos do ano).

Durante as coletas deste trabalho, a salinidade variou de 18,48 °/₀₀ em fevereiro, na Estação 18, a 35,5 °/₀₀ em dezembro, na Estação 40. Os outros resultados apresentaram valores intermediários que sugerem um gradiente espacial e sazonal.

Segundo Tommasi (comunicação pessoal), durante uma campanha de amostragem intensiva do projeto integrado, a Estação 18 chegou a apresentar valores muito baixos de salinidade. Nessa ocasião (novembro de 1976), durante um período de 12 horas a salinidade da superfície variou de 5,6 °/₀₀ a 11,0 °/₀₀; em profundidade média variou de 5,6 °/₀₀ a 10,6 °/₀₀; em maior profundidade variou de 5,8 °/₀₀ a 9,0 °/₀₀ apresentando sempre uma situação de homogeneidade vertical. Desta forma, a Estação 18 se apresenta como uma região que pode sofrer marcada diluição em determinadas épocas do ano, em toda a coluna de água. Entretanto, em todas as amostragens do presente trabalho, a salinidade foi bem mais elevada, o que corrobora a afirmação de Garcia Occhipinti (1972) de que a situação pre-

dominante na região é a de estratificação, causada pelas diferenças de densidade entre as águas de diferentes procedências.

4.1.5 pH: Durante todo o período de coleta, verificaram-se pequenas variações de pH. O menor pH obtido foi 7,8, em junho, na Estação 18, e o mais elevado, encontrado uma única vez foi 8,7 em dezembro, na Estação 24.

4.1.6 MATERIAL EM SUSPENSÃO: O material em suspensão apresentou valores muito variados e parece não haver variação sazonal com relação a este parâmetro. O valor máximo total foi de 104,0 mg/ℓ na Estação 24, em outubro e o valor mínimo foi de 3,0 mg/ℓ na Estação 40, em fevereiro.
Com relação ao material orgânico, o valor máximo foi de 28,0 mg/ℓ na Estação 24, (outubro) e o valor mínimo foi de 1,0 mg/ℓ nas Estações 18 (agosto) e 40 (fevereiro e julho).

4.1.7 NUTRIENTES:

a) Fósforo: Pode-se observar que há um gradiente crescente de concentração de $P\text{-}PO_4$ entre as Estações 40, 24, 18. As médias para cada estação foram as seguintes:

Estação 40: 1,44 ug-at/ℓ

Estação 24: 1,98 ug-at/ℓ

Estação 18: 4,22 ug-at/ℓ

O valor máximo observado foi de 9,16 ug-at/ℓ na Estação 18 no mês de junho; o valor mínimo foi de 0,19 ug-at/ℓ na Estação 40 em outubro e dezembro; este valor corresponde às concentrações encontradas em determinadas águas oceânicas tropicais (0,1 ug-at/ℓ) (Brasil, Ministério da Marinha, 1967).

b) Nitrogênio: Com relação ao $N-NH_4$ o valor máximo foi determinado na Estação 18 em fevereiro: 50 ug-at/ℓ.

Em diversas ocasiões o $N-NH_4$ não foi sequer detectado: Estação 18 e 24 (abril e dezembro) e Estação 40 (fevereiro, abril, junho, outubro e dezembro).

O $N-NO_2$ apresentou seu valor máximo na Estação 18 em fevereiro: 7,8 ug-at/ℓ. Também não chegou a ser detectado em algumas ocasiões: Estação 24 (dezembro) e Estação 40 (outubro e dezembro).

Para o $N-NO_3$ o valor máximo foi encontrado na Estação 24 em abril: 19,28 ug-at/ℓ; nessa mesma estação, durante o mês de dezembro, as análises não acusaram a presença de $N-NO_3$.

As médias para as concentrações de $N-NO_3$ foram bastante elevadas:

Estação 40: 7,73 ug-at/ℓ

Estação 18: 9,04 ug-at/ℓ

Estação 24:10,28 ug-at/ℓ

Com relação às concentrações de N total (NO_2 + NO_3 e NH_4) o valor máximo encontrado foi 58,55 ug-at/ℓ na Estação 18 no mês de fevereiro. Na Estação 24 em dezembro, não foi detectado Nitrogênio em nenhuma destas formas.

Os valores de Nitrogênio sob qualquer forma não apresentaram sazonalidade.

As razões N/P estão abaixo da razão clássica de 15:1 de utilização celular determinada por Cooper (1937) e Fleming (1940), se bem que atualmente (Ryther & Dunstan, 1971) existem evidências de que esta razão pode variar conforme as concentrações relativas de N e P no meio externo e conforme a espécie considerada.

4.1.8 MERCÚRIO: O valor máximo encontrado foi 3,64 ug/ℓ de Hg na Estação 18 em agosto o que representa uma concentração bastante elevada, pois as concentrações naturais de Mercúrio na água do mar variam de 0,003 a 0,364 ug/ℓ (Fitzgerald & Lions, 1973).

4.2 RESULTADOS DOS PARÂMETROS BIOLÓGICOS

4.2.1 POPULAÇÕES FITOPLANCTÔNICAS:

O fitoplancton foi classificado ao nível de gênero ou ao nível de grupos (Tabelas IV, V e VI).

O número total de células mais elevado ocorreu na Estação 18 no mês de fevereiro (51.228×10^3 cel/ℓ); o número total mais baixo foi encontrado na Estação 24 durante o mês de julho (74×10^3 cel/ℓ). Os valores médios totais de células por estação foram os seguintes:

Estação 40: 14.112×10^3 cel/ℓ

Estação 24: 21.453×10^3 cel/ℓ

Estação 18: 17.600×10^3 cel/ℓ

Os organismos mais representativos das três estações amostradas foram os seguintes, em ordem decrescente e por período:

Fevereiro: *Skeletonema* e *Cyclotella*; seguidos de microflagelados, *Thallasiosira* e *Chaetoceros*.

Abril: *Chaetoceros* e *Skeletonema*, seguidos de *Cyclotella*, microflagelados e *Thalassiosira*.

Junho: *Chaetoceros* e *Cyclotella*, seguidos de microflagelados e *Skeletonema*.

Agosto: Microflagelados, seguidos de *Coscinodiscus* e *Skeletonema*.

Outubro: *Skeletonema*, seguidos de *Asterionella* e microflagelados.

Dezembro: *Skeletonema* e *Leptocylindrus*, seguidos de microflagelados, *Chaetoceros* e *Nitzschia*.

Cerca de 85% do total anual de células foi constituído por apenas quatro gêneros de diatomáceas: *Skeletonema* (45%), *Cyclotella* (14%), *Leptocylindrus* (13%) e *Chaetoceros* (11%).

As diatomáceas do gênero *Skeletonema* e organismos microflagelados estiveram presentes em todas as épocas de amostragem e em todas as estações. Entretanto, *Skeletonema* representou 45% do total anual de células e os microflagelados cerca de 4%.

O número máximo encontrado de células de *Skeletonema* foi de 39.220×10^3 cel/ℓ, na Estação 24, em dezembro e o de microflagelados foi de 3.282×10^3 cel/ℓ na Estação 18, em fevereiro.

Na Tabela VII podemos verificar a variação anual entre as células dessa diatomácea e microflagelados em termos relativos.

As células de *Skeletonema* apresentaram muita variação com relação ao seu tamanho, número de cromatóforos e distância intercelular. Por exemplo, em fevereiro, na Estação 40 as células se apresentaram com grandes espaços intercelulares; na Estação 24 foram observados três tipos de *Skeletonema*: um tipo igual ao anterior, outro tipo com células bem pequenas e unidas duas a duas e uma terceira forma grande, com pelo menos doze cromatóforos (Fig. 2); nessa mesma ocasião, a Estação 18 apresentou células de *Skeletonema* com espaços intercelulares muito pequenos (ou mesmo ausentes).

Durante os meses de outubro e dezembro, a Estação 24 apresentou *Skeletonema* com formas irregulares (Fig. 3).

Em dezembro, na Estação 40, pudemos observar *Leptocylindrus* com formas irregulares (Fig. 4) e na Estação 18, células de *Skeletonema* com cadeias de 15-30 células, e grandes espaços intercelulares.

Foram efetuadas medidas do tamanho das células de *Skeletonema* e *Leptocylindrus* sp. A maioria das células de *Skeletonema* que apresentavam deformação eram do tamanho médio das células normais, isto é, com cerca de 6-8 µm de comprimento e 4-6 µm de diâmetro. Entretanto, algumas células de *Skeletonema* do tipo grande apresentaram um diâmetro de 12 a 18 µm e um comprimento de 10-12 µm (Fig. 2). Este tipo de célula, entretanto, foi pouco frequente. As células de *Skeletonema* do tipo pequeno (bastante comuns em algumas ocasiões) mediram entre 3-4 µm de comprimento e diâmetro.

Os *Leptocylindrus* variaram de 10 µm a 14 µm de comprimento por 2,0 a 4,0 µm de diâmetro e a maioria das células deste gênero se apresentavam deformadas.

O grande número de células computadas como "não-determinadas" na Estação 18 em fevereiro foi consequência de muitas vezes ter sido impossível distinguir diatomáceas de microflagelados do nanoplancton que houvessem perdido os flagelos devido ao tamanho muito reduzido daquelas células, e à resolução insuficiente do microscópio.

4.2.2 CONCENTRAÇÃO DE CLOROFILA-*a*: Os valores encontrados são relativamente altos comparados com as regiões costeiras ou oceânicas, mas estão dentro do esperado para regiões eutroficadas.

Os resultados apresentaram sazonalidade com valores altos no verão e baixos no inverno.

O valor máximo encontrado foi de 55,32 mg clorofila-*a* m^{-3}

na Estação 24, em outubro e o mínimo foi de 3,56 mg clorofila-*a* m^{-3} na Estação 24, em junho (Tabela VIII).
Foi constatada também uma relação inversa entre a abundância de células e o conteúdo de clorofila por célula, (Fig. 9). Essa relação apresenta seus valores máximos durante o inverno (Tabela IX).

4.2.3 PRODUÇÃO PRIMÁRIA: Durante a incubação as amostras sofreram um aumento de temperatura de no máximo 4°C. Entretanto, se for considerada a temperatura da água no local de coleta, verifica-se que houve uma variação um pouco maior até o final do experimento (Tabela XIV) sendo que o intervalo máximo foi de 7°C, na Estação 40 no mês de dezembro.

a) Resultados obtidos através do contador "Geiger-Müller" (G-M)

As ampolas de $NaH^{14}CO_3$ foram calibradas conforme o método já referido. Foram traçadas as curvas de auto-absorção para a determinação gráfica da atividade em cpm a uma espessura "zero".

Os valores encontrados foram os seguintes:

- ampola do lote 248: 187.550 cpm/mℓ
- ampola do lote 236: 225.170 cpm/mℓ

Os resultados de produção fotossintética calculados com base nessas calibrações constam da Tabela XI.

b) Resultados obtidos através do cintilador líquido:

Os valores de calibração das ampolas foram:

- ampola do lote 248: 9.196.950 dpm/mℓ
- ampola do lote 236: 9.022.248 dpm/mℓ

As taxas de produção (Tabela XII) apresentaram-se de modo geral mais altas no verão que no inverno, se bem que ocorreram oscilações durante todo o ano. A taxa máxima observada foi de

488 $mgC.m^{-3}.h^{-1}$ em dezembro na Estação 24; a taxa de produção mais baixa observada foi em agosto, nas Estações 24 e 18, quando apenas 22 $mgC.m^{-3}.h^{-1}$ foram incorporados pelo fitoplâncton.

Os valores do índice I_k foram determinados graficamente de acordo com Talling (1957) e conforme este autor, representam a uma dada temperatura, a razão entre a concentração de enzimas ativas na fotossíntese e a concentração de pigmentos ativos. Os índices encontrados variaram de 12 a 28 Klux aproximadamente (Figs 5, 6 e 7).

Uma comparação entre todas as curvas de luz-fotossíntese obtidas através dos resultados do cintilador pode ser feita pela Figura 8.

Foi observada também uma razão inversa entre número de células e a produção primária por célula (Fig. 9). Esta razão apresenta seus valores mais altos durante o inverno e mais baixos durante o verão (Tabela X e Fig. 10).

4.2.4 NÚMERO DE ASSIMILAÇÃO OU POTENCIAL FOTOSSINTÉTICO: O Número de Assimilação (N.A.) é definido como a taxa de produção específica a uma intensidade de luz ótima e sua unidade é dada em termos de $mgC.h^{-1}.mg\ cl\text{-}a^{-1}$.
Entretanto pode-se calcular a eficiência de fotossíntese em diferentes intensidades luminosas. Tais resultados podem ser observados na Tabela XII.
Nas Figuras de 11 a 13 são apresentadas as curvas de produção primária em termos de clorofila-*a*.
Os valores de Número de Assimilação à luz de saturação podem ser observados na Tabela XIII.
Existem diferenças sazonais com relação aos N.A. Os valores mais altos ocorreram no verão, período durante o qual tanto os valores de produção primária como os de N.A. são altamente variáveis.

5. DISCUSSÃO

O objetivo deste trabalho foi determinar o potencial fotossintético e avaliar a eficiência da fotossíntese num ambiente aquático poluido, como ocorre na região de Santos. Estes parâmetros são essenciais para a compreensão dos estudos de produtividade primária, pois os valores encontrados podem ser devidos a diversos fatores: nível de nutrientes, composição das populações do fitoplancton, regime de luz e temperatura e a poluentes das mais diversas naturezas. Os efeitos de cada um destes parâmetros serão discutidos a seguir.

Embora sob condições simuladas quanto à energia luminosa e temperatura, estas pesquisas permitiram a análise das características da fotossíntese em diferentes épocas e em águas com características diversas.

Através do Número de Assimilação obteve-se indicação do grau de adaptação do fitoplancton ao ambiente, e de uma maneira geral, da condição fisiológica do fitoplancton, o que pode ser auxiliado pelo exame dos parâmetros que complementaram a pesquisa e pela comparação com resultados de trabalhos semelhantes em outras regiões.

5.1 NUTRIENTES

Segundo Margalef (1974) a eutroficação pode ser definida como o enriquecimento das águas com nutrientes a um ritmo tal que não pode ser compensado pela taxa dos processos de remineralisação total, de maneira que a decomposição do excesso de matéria orgânica produzida faz diminuir enormemente a concentração de Oxigênio em águas mais profundas.

Este conceito, entretanto, é aplicado pelo autor a lagos ou represas. A situação num estuário é mais complexa devido aos padrões de circulação da água, o que torna os dados de concentração de Oxigênio insuficientes para definir o seu grau de enriquecimento. As dosagens de nutrientes, nesse caso, podem ser mais esclarecedoras.

Com os dados obtidos, pode-se afirmar que os nutrientes não estão limitando a produção primária na baía de Santos. De fato, como se pode observar nas Tabelas I, II e III as concentrações de nutrientes são muito elevadas (exceto na Estação 24, em dezembro).

Dados de concentrações de nutrientes obtidos na superfície, em águas costeiras em frente à região estudada (25°S; 45°W) são incomparavelmente mais baixos: 0,3-0,5 µg-at $N-NO_3/\ell$ e 0,1 µg-at $P-PO_4/\ell$ (Brasil, Ministério da Marinha, 1967). Isto significa que a região em estudo sofre continuamente um processo de eutroficação pois as concentrações de $N-NO_3$ são cerca de trinta vezes maiores que em águas costeiras e as concentrações de $P-PO_4$, cerca de vinte e cinco vezes maiores.

Além disso, dados de trabalhos não publicados (Teixeira *et al.*) sobre ensaios biológicos com águas da baía de Santos coletadas em qualquer época do ano ou local, demonstraram a sua capacidade em sustentar o crescimento de populações de fitoplancton com densidades altíssimas (da ordem de 40×10^6 cel/ℓ ou mais).

Kuenzler & Ketchum (1962) observaram que os valores de concentração de Fósforo limitantes para sua absorção por células de *Phaeodactylum tricornutum* estão abaixo de 0,031 µg-at P/ℓ; na região de Santos, o valor mais baixo detectado foi de 0,19 µg-at P/ℓ, isto é, cerca de seis vezes maior que essa concentração limite.

Caperon *et al.* (1971), medindo as concentrações de $P-PO_4$ nas saídas dos esgotos em Kaneohe Bay, encontraram concentrações de 3,94 µg-at/ℓ em média; em regiões mais distantes, mas

sempre no setor poluido, determinou valores de 1,68 µg-at/ℓ de $P-PO_4$. Concentrações de 2,5-3,0 µg-at/ℓ de $P-PO_4$ foram determinadas em profundidades de 50 a 80 metros na costa de Perú (Wooster & Cormwell, 1959) em áreas de ressurgência. Na região de ressurgência de Cabo Frio, Valentim (1974) determinou valores de 0,8 µg-at/ℓ (de $P-PO_4$) em águas de superfície e valores de até 1,2 µg-at/ℓ em profundidades maiores (50 m). Tundisi *et al.* (1973) encontraram na região estuarino-lagunar de Cananéia valores de até 1,68 µg-at/ℓ de $P-PO_4$.

Thomas (1970) determinou a concentração de nutrientes a uma profundidade de 10 m em águas pobres em Nitrogênio, no Oceano Pacífico tropical, e encontrou quantidades não detectáveis de $N-NO_2$ e 0,52 µg-at/ℓ de $N-NH_4$; em regiões de águas ricas, encontrou 5,6 µg-at/ℓ de $N-NO_3$, 0,12 µg-at/ℓ de $N-NO_2$ e 0,61 µg-at/ℓ de $N-NH_4$. Com relação ao Nitrogênio, estudos indicam que mesmo em baixas concentrações deste nutriente como por exemplo 0,29 µg-at $N-NO_3$/ℓ, a taxa de crescimento do fitoplancton não é afetada (Caperon, 1968).

Na baía de Santos as concentrações de $N-NO_3$ variaram de 0,7-19,28 µg-at/ℓ, excetuando-se a Estação 24 em dezembro, onde a concentração de Nitrogênio não foi detectável em qualquer das formas analisadas. Nessa ocasião, entretanto, a produção primária medida nesse ponto foi a mais alta observada durante todo o período de estudo, levando a crer que provavelmente houve engano nessa determinação.

É interessante observar que na ocasião onde foi detectado o valor mais alto de concentração de Amônia (Estação 18, fevereiro) foi encontrada a maior concentração de células do fitoplancton, o que parece corroborar a informação de Vacaro (1965) de que a Amônia é a fonte preferencial de Nitrogênio para estes organismos.

As razões N/P são geralmente menores que 15:1 o que sugere que provavelmente o Fósforo nunca se constituirá num fator limitante para o crescimento das populações de fitoplancton da

região. Por outro lado, Ryther & Dunstan (1971) demonstraram que o importante são os intervalos de variação na concentração dos nutrientes e não tanto suas proporções. Além disso verificou que o Nitrogênio é o fator limitante crítico para o crescimento do fitoplancton e eutroficação em águas costeiras.

Razões extremas entre N/P podem determinar a espécie dominante mesmo quando nenhum nutriente esteja limitando o crescimento. Ryther (1954) mostrou que razões baixas de N/P favoreceram o crescimento de *Nanochloris* e de *Stichococcus* no verão, em Great South Bay (New York).

Ao mesmo tempo, não se tem dados a respeito da taxa de reciclagem dos nutrientes na região, e como esta apresenta abundante poluição orgânica, podemos supor que os mesmos estejam sendo assimilados inclusive diretamente de uma forma orgânica.

Strickland (1965) considera os valores de N.A. como indicadores do nível nutricional do fitoplancton e Curl & Small (1965) sugerem que altos N.A. (entre 5 e 10) indicam sistemas nutricionais ricos. Tomando como bases os índices indicados por estes autores, os valores de N.A. obtidos em Santos (Tabela XIV) levam a crer que a região esteja eutroficada.

5.2 POPULAÇÕES FITOPLANCTÔNICAS

As flutuações anuais quantitativas do fitoplancton, com valores máximos no verão e mínimos no inverno, apresentam-se como um sistema típico de ambientes costeiros e estuarinos tropicais. O máximo de verão corresponde aos valores máximos de radiação solar e de precipitação da região, de forma que o material proveniente do "run-off" deve ser de grande importância para o desenvolvimento do fitoplancton nessa área. É relevante também, o fato da população flutuante das cidades de Santos e São Vi-

cente aumentar durante o período de férias de verão com o consequente aumento do aporte de matéria orgânica às águas da baía.

Durante o inverno, a radiação solar é menos intensa e a precipitação atinge seus valores mínimos tornando menor a quantidade de nutrientes que atinge as águas da baía. Além disso, a variação da temperatura também pode influir sobre a taxa de divisão celular.

Quanto à composição, as algas não foram classificadas ao nível de espécie com fins de se fazer um estudo de diversidade, pois fugiria ao objetivo principal deste trabalho. Entretanto é de interesse conhecer a composição do fitoplancton, mesmo ao nível de gênero, para auxiliar a compreensão das relações luz-fotossíntese, posto que Ryther (1956), trabalhando com culturas de diversas algas, obteve resultados característicos de curvas de luz-fotossíntese para cada grupo do fitoplancton considerado.

Quanto ao número de células, os valores máximos encontrados durante o verão (Tabelas IV, V e VI) são elevados mesmo quando comparados a outras regiões ricas. Em Cananéia, por exemplo, Kutner (1972) encontrou valores da ordem de 19×10^6 cel/ℓ durante o mês de janeiro, quando foi registrada a maior concentração de células. Em Santos, o mais alto valor observado foi $51,2 \times 10^6$ cel/ℓ.

Benon *et al.* (1977) observaram na região do Golfe de Marseille, também poluida, populações fitoplanctônicas superiores a 10^6 cel/ℓ. Nessa região, *Skeletonema costatum* constituiu sempre o elemento principal podendo representar até 99% da população. Blanc *et al.* (1975) estudando a região do Golfe de Fos, também encontraram populações de *S. costatum* constituindo cerca de 95% das populações do fitoplancton que nessa ocasião atingiu 73×10^6 cel/ℓ. Kutner (1972) observou na região de Cananéia, ocasiões em que as populações desta espécie representaram 88% do fitoplancton. Na região em estudo, a proporção máxima encontrada com relação a esse gênero foi 99%, durante o mês de dezembro.

Ao que tudo indica, os florescimentos de *S. costatum* ocorrem com frequência em zonas eutróficas abrigadas ou semi-abrigadas como o Golfe de Marseille (Travers, 1973) ou região de Cananéia (Kutner, *op. cit.*)

Blanc *et al. (op. cit.)* encontraram também outras espécies importantes em termos de abundância: *Nitzschia closterium*, *Asterionella japonica*, *Leptocylindrus* sp. Estes organismos apresentam uma relação produção/nº de células elevada e são adaptados à utilização rápida das reservas do meio.

Estes mesmos gêneros também foram dos mais abundantes durante este estudo nos meses de outubro e dezembro.

A presença de células de *Skeletonema* e *Leptocylindrus* com anomalias morfológicas em algumas ocasiões (Estação 40, dezembro; Estação 24, outubro e dezembro), foi um fenômeno que despertou interesse.

A literatura a respeito desse tipo de alteração morfológica é restrita a efeitos de metais pesados. Assim, Kayser (1976) também observou anomalias nas células em cultura de *Scrippsiella faeroense* (dinoflagelado) quando estas foram submetidas à adição de 10 µg Hg/ℓ ou mais. Estas anomalias consistiam de ruptura das carapaças, produzindo uma fenda entre a epiteca e o cíngulo. Nuzzi (1972) descreveu anomalias no tamanho e forma de *Phaeodactylum tricornutum* e *Chlorella* sp. após a adição de compostos mercuriais. Davies (1974) observou um efeito do Cloreto de Mercúrio sobre *Isochrysis galbana*; o volume das células aumentou até quase o dobro quando submetidas a concentrações de 10,5 µg Hg/ℓ. Kayser *(op. cit.)* cita uma comunicação pessoal do Dr. S. M. Saifullah, que afirma também ter observado a ocorrência de células de dinoflagelados sem carapaça sob a ação de íons de Cobre. Harrison *et al.* (1977) observou fragmentos de células de *Noctiluca* sp. nas bordas dos tanques onde efetuava bio-ensaios com populações naturais. As células haviam sido expostas a concentrações de 10-24 µg Cu/ℓ. Um exame mais detalhado sugeriu uma ruptura da membrana celu-

lar com perda de protoplasma para o meio. Resultados posteriores confirmaram a ação do Cobre sobre as barreiras osmóticas semipermeáveis das células. Overnell (1975) também constatou efeitos de Cobre na permeabilidade celular em *Dunaliella tertiolecta* e em *P. tricornutum*; observou que concentrações de Mercúrio que não chegam a causar danos à membrana celular são suficientes para inativar a fotossíntese. Em 1976, o mesmo autor observou a sensibilidade de *Skeletonema costatum* com relação à fotossíntese sob a ação de Mercúrio e Cobre.

Todos estes trabalhos levam a crer que as anomalias morfológicas encontradas em *Skeletonema* e *Leptocylindrus* possam ter sido causadas pelos altos níveis de poluentes nas águas (Tabelas I, II e III).

Por outro lado, Kutner e *col.* (comunicação pessoal) observaram a presença de células anômalas em bio-ensaios com populações naturais enriquecidas com altos níveis de nitratos, fostatos, silicatos, metais traçoes e vitaminas.

Portanto, essas aberrações parecem ser causadas por alterações na composição iônica do meio devido à um excesso de nutrientes e/ou à presença de metais pesados.

Na região de Santos, tais fenômenos de alterações morfológicas levam a crer que o aporte de material de diversas origens tem afetado o fitoplancton em algumas ocasiões, e num nível tal que se pode classificar como poluição em relação aos próprios vegetais.

Quanto às suas dimensões, as células de *Skeletonema* encontradas em Santos se assemelham àquelas encontradas por Benon *et al.* (1977) na região de Marselha. Segundo estes autores as células de um modo geral se situaram entre 3-4 μm de diâmetro e 6-8 μm de comprimento. Entretanto em algumas estações as células se apresentaram maiores, podendo atingir até 15 μm de comprimento e 8 a 10 μm de diâmetro. Entretanto não observaram células deformadas. As variações de tamanho intra-

específico de *Skeletonema* são bem amplas: Benon *et al.(op. cit.)* encontraram 65 μm^3 de volume médio na região do Golfe de Marseille; Travers (1974) encontrou 235 μm^3 para as células da mesma região; segundo Castellvi (1971) o volume das células obedece a um ritmo anual. Isto talvez ocorra como resposta das células às mudanças ambientais e condições nutricionais da massa d'água. Assim, Jørgensen (1970) observou uma redução de 8 para 3,5 µm no diâmetro de *S. costatum* ao reduzir a iluminação de 12 para 3 Klux.

5.3 CLOROFILA-*a*

A determinação quantitativa dos pigmentos fotossintéticos fitoplanctônicos é uma técnica bastante utilizada, devido à rapidez da dosagem da clorofila pelo método espectrofotométrico.

Apesar de auxiliar na determinação quantitativa do fitoplancton, este parâmetro nem sempre fornece uma avaliação da biomassa fotossintetizante. Isto ocorre porque as dosagens não medem apenas a clorofila ativa mas também seus diversos produtos de degradação: clorofilídeos, feofitina e feoforbídeos (Steemann-Nielsen & Jørgensen, 1968). Há uma grande variabilidade no teor de pigmentos ativos e inativos em cada população ou em diferentes populações. No presente estudo, provavelmente muitas vezes foram medidos também os pigmentos de origem detrital.

Pela análise dos valores encontrados (3,5 a 55,3 mg clorofila-*a*.m^{-3}), foi verificado que são bastantes elevados, próprios de regiões eutróficas. McCormick & Quinn (1975) determinaram a clorofila num estuário poluido (Newark Bay, New Jersey), e encontraram valores entre 3,0 e 81,0 mg clorofila-*a*.m^{-3} sendo menores que 20,0 mg clorofila-*a*.m^{-3} durante o inverno e até 81,4 mg clorofila-*a*.m^{-3} durante a primavera e verão.

Na região em estudo, o valor máximo de inverno foi 22,0 mg clorofila-*a*.m^{-3} e o de verão 55,3 mg clorofila-*a*.m^{-3}, mas pode alcançar valores de até 100 mg clorofila-*a*.m^{-3} (Teixeira, comunicação pessoal). Portanto os resultados aqui obtidos são comparáveis àqueles de McCormick & Quinn *(op. cit.)*, considerando-se que ambas as regiões apresentam problemas de poluição semelhantes (portos, indústrias petroquímicas, poluição organica, etc.), apesar das diferenças climáticas.

Pelos valores apresentados na Tabela VIII, pode-se verificar as amplas variações dos resultados, nos dados referentes às quantidades de clorofila-*a*. No entanto, essas variações são esperadas mesmo a curto prazo em ambientes dessa natureza. Caperon *et al.* (1971) observaram variações da ordem de 400% entre amostragens semanais, em Kaneohe Bay, Hawaii. Doty & Oguri (1957) e Yentsch & Ryther (1957) observaram ciclos diários na concentração de clorofila-*a* e na fotossíntese relacionados com a variação da radiação incidente.

5.4 PRODUÇÃO PRIMÁRIA

Os resultados de produção primária têm sido muito discutidos quanto à sua natureza.

A fotossíntese usualmente tem sido definida em termos do método utilizado para medí-la e não em termos de fixação real de Carbono.

O método do ^{14}C (Steemann-Nielsen, 1952) utilizado neste trabalho para determinação da produção primária é limitado e bastante discutido em função de seu objetivo.

Steemann-Nielsen *(op. cit.)* considera a fotossíntese medida através do método do ^{14}C como produção bruta. Esta é obtida com o uso de um fator de correção geral de 10% que consi-

dera a respiração, fixação no escuro e efeito do isótopo. Sorokin (1960) não faz a correção para respiração e considera que os resultados representam medidas de produção líquida. Jitts (1957) trabalhando "in situ" considera os resultados também como produção líquida, mas trabalhando com incubação simulada, assim como Doty (1956), considera a produção relativa, isto é, produção numa determinada iluminação, e ambos não fazem correção para isótopo ou respiração.

Fogg (1958) e outros autores, mais recentemente, têm computado os produtos excretados pelo fitoplancton, ao estimar a produção primária.

Da maneira como foi utilizado neste trabalho, o método fornece a produção do Carbono particulado e provavelmente um valor intermediário entre produção líquida ou bruta.

Durante o trabalho experimental foram utilizados dois lotes de ampolas e a calibração de cada lote apresentou resultados diferentes através do contador "G-M". Ao contrário, quando foram dosadas através do cintilador as ampolas de cada lote apresentaram resultados praticamente idênticos.

O maior problema com relação à calibração da ampola no contador "G-M", pelo método do Carbonato de Bário se refere à determinação da atividade específica à espessura zero. As curvas empíricas de auto-absorção não são satisfatórias devido à impossibilidade de se preparar filtros de $BaCO_3$ entre 0,0 e 0,5 mg/cm^2.

Jitts (1957) tentou assumir que a curva de auto-absorção seria uma função exponencial e Hendler (1959) extrapolou a espessura zero considerando a curva uma função hiperbólica. Entretanto, Jitts & Scott (1961) demonstraram que os valores determinados dessa forma são 26% e 17% respectivamente mais baixos que os determinados pela atividade absoluta através do cintilador. Portanto, aconselham que não se dê uma atenção excessiva ao traçado da curva de auto absorção. Ward & Nakanishi

(1971), comparando resultados entre contador "G-M" e cintilador, encontraram uma diferença de 9% atribuida à variabilidade nas estimativas da atividade específica das ampolas.

Através dos resultados de produção primária em termos de $mgC.m^{-3}.h^{-1}$, foi observada uma discrepância entre os dados obtidos com o cintilador e com o contador "G-M".

Uma das prováveis causas desta variação está relacionada à calibração das ampolas pelo método do Carbonato de Bário, que já foi discutido. Um outro fator que pode ter contribuido para a diferença entre os resultados dos dois aparelhos teria sido a não exposição dos filtros contendo o material particulado aos vapores de HCℓ antes de serem contados pelo contador "G-M".

Devido a esses problemas e pelo fato de ser uma técnica bem mais precisa e atual optou-se pela interpretação dos resultados obtidos pelo cintilador durante a discussão deste trabalho.

Pelos dados obtidos, pode-se concluir que a produção primária na baía de Santos apresentou-se bastante elevada.

No inverno, os valores variaram de 22,6 a 204,2 $mgC.m^{-3}.h^{-1}$ e no verão de 48,0 a 488,4 $mgC.m^{-3}.h^{-1}$.

Se o número médio de horas de luz durante o inverno for considerado 11 h, e durante o verão 13 h, então a produção primária para águas de superfície pode variar de 242 a 2.354 $mgC.m^{-3}.dia^{-1}$ durante o inverno e de 524 a 6.344 $mgC.m^{-3}.dia^{-1}$ durante o verão (sem levar em conta as variações diurnas).

Existem poucos dados disponíveis relativos à produção primária em baías ou estuários tropicais.

Na Tabela XVI são apresentados os valores determinados através do método do ^{14}C por diversos autores.

Outros trabalhos fornecem resultados de produção por unidade de área, o que torna a comparação com os resultados deste muito difícil.

Pela Tabela XII pode-se verificar que ocorreram amplas variações na produção primária durante o ano. Entretanto, os valores mais altos ocorreram durante o verão, como seria esperado num ambiente tropical estuarino ou costeiro. Isto ocorre devido a diversos fatores: o enriquecimento das águas com nutrientes orgânicos e inorgânicos aumenta durante esta época do ano (poluição orgânica, precipitação pluviométrica), em consequência também se eleva a população do fitoplancton; as células se adaptam às altas temperaturas e intensidades de luz e como consequência final, eleva-se a produtividade.

Variações a curto prazo podem também ocorrer no ambiente e são muito comuns. Rodhe *et al.* (1958) relatou variações da ordem de 100 a 300% de um dia para o seguinte em Lake Erken, Suécia, e atribuiram o fato ao efeito de ventos provocando uma distribuição horizontal desigual da biomassa. Thomas & Simmons (1960) relataram variações de 1 a 7 vezes de um dia para outro na região do Delta do Mississipi; Cassie (1962) encontrou diferenças significantes entre amostras coletadas a 10 cm de distância e sugeriu que fossem devidas a uma variação ao acaso na capacidade fotossintética.

Além disso existe o ciclo diário na fotossíntese como já foi mencionado anteriormente e, portanto, a hora do dia em que a amostra é coletada e incubada também influi sobre os resultados.

Devido à existência de tais variações é aconselhável o uso de uma média de um grande número de medidas durante um período de tempo para se estimar os parâmetros para um determinado corpo de água. Porém na maioria das vezes, esta metodologia é impraticável.

Quanto às curvas de luz-fotossíntese, pode-se observar através dos valores de I_k que o fitoplancton apresenta-se ge-

ralmente como plancton "de sol". Apenas em duas situações observamos inibição da produção à intensidade de 60 Klux. Em cinco experimentos, observamos até mesmo o inverso, isto é, a 60 Klux não ocorreu saturação. Os valores de I_k para essas curvas, portanto, podem se ainda mais altos.

Durante o inverno, a relação produção/nº de células e clorofila-*a*/nº de células foi bastante elevada (Fig. 10). Entretanto a produção e a clorofila-*a* apresentaram seus valores mais elevados no verão. Isto parece indicar que durante esta estação, a matéria orgânica produzida é encaminhada muito mais no sentido de divisão celular e durante o inverno, para o crescimento vegetativo, isto é, para a produção, por exemplo, de maior quantidade de clorofila-*a* por célula.

5.5 NÚMERO DE ASSIMILAÇÃO

Este parâmetro é dos mais interessantes ao se estudar a produtividade de uma região. Apesar de problemático, devido às dificuldades quanto às medidas de clorofila-*a* (Steemann-Nielsen & Jørgensen, 1968) tem sido utilizado por diversos autores (Ichimura & Saijo, 1969; Steemann-Nielsen & Hansen, 1959, etc.) por possibilitar comparações mais concretas entre diversas regiões.

Entretanto, os valores do N.A. não são constantes à luz de saturação, variando conforme a temperatura, regime de iluminação, níveis nutricionais e a composição de espécies. Também variam conforme o tipo de incubação, isto é, "in situ" ou simulada. Holmes(1958) obteve valores mais altos para os experimentos "in situ" com populações naturais do Pacífico tropical leste, do que quando incubou a cerca de 10.000 lux.

Curl & Small (1965) sugerem que o N.A. está relacionado ao suprimento de nutrientes. Com base em resultados de estudos com populações naturais, verificaram que águas pobres em nutrientes, apresentam um N.A. menor que 3; águas menos oligotróficas, valores entre 3 e 5 e águas ricas, valores entre 5 e 10. McAllister, Shah & Strickland (1964) encontraram resultados que confirmam esta hipótese trabalhando com culturas e Thomas (1970) confirmou estes resultados, pois encontrou baixos N.A. em águas do Pacífico deficientes em Nitrogênio. Glooschenko & Curl (1971) se propuseram testar se o baixo N.A. em águas com deficiência nutricional poderia ser aumentado pela adição de nutrientes e observaram a confirmação da hipótese de Curl & Small *(op. cit.)*.

Se considerarmos o intervalo de valores sugeridos por estes autores para águas ricas, verificamos que das 18 amostras estudadas aproximadamente 83% apresentaram valores de N.A. acima de 5 (15 valores).

Diversos fatos ocorridos durante este trabalho fazem crer que tanto os valores de produção primária como os de N.A. foram subestimados.

Assim, por motivos de ordem técnica não foi possível incubar "in situ" o material coletado. Para a incubação foram utilizadas lâmpadas incandescentes as quais podem reproduzir os níveis de energia da luz natural, mas não reproduzem perfeitamente a composição do espectro solar. Em consequência, a estrutura fotossintética pode não estar sendo utilizada em sua plena capacidade.

Outra dificuldade séria foi a impossibilidade da incubação a bordo, sendo necessário o transporte das amostras até os laboratórios em São Paulo. Esta situação pode ter prejudicado a avaliação dos resultados, pois, apesar dos cuidados tomados, o transporte pode ter provocado alterações fisiológicas nas células do fitoplancton, tanto devido ao tempo em que o material ficou fora de seu ambiente, como com relação às variações de temperatura.

Tais alterações podem ter ocorrido também durante a incubação pois, como já foi discutido, em algumas ocasiões a temperatura não pode ser devidamente controlada, principalmente durante o verão.

Quanto ao Carbono excretado, que não foi determinado neste trabalho, diversos autores afirmam que as áreas oligotróficas são caracterizadas por baixas taxas de fixação total com altas porcentagens de liberação extracelular de Carbono, enquanto que áreas interiores, produtivas, geralmente apresentam altas taxas de produção com baixa porcentagem de Carbono liberado (Anderson & Zentschel, 1970, Fogg *et al.*, 1965, Thomas, 1971, Wat, 1966). No entanto, Sellner *et al.* (1976) determinaram que o Carbono excretado durante um experimento "in situ" simulado foi de 3-55% da produção total na região estuarina de South Carolina. Além disso, baixas porcentagens de Carbono excretado em ambientes ricos, em valor absoluto representam quantidades notáveis. Durante o verão, altas intensidades luminosas podem provocar um aumento na liberação de Carbono pelo fitoplancton devido a fotooxidação nas células e fotoinibição da estrutura fotossintética (Fogg *et al.*, 1965, Hellebust, 1965, Watt *op. cit.*). Diferenças na liberação de matéria orgânica do fitoplancton podem ser encontradas também em ocasiões após um florescimento e em células senescentes, e as taxas baixas ocorrem na maior parte do tempo durante o ano (Hellebust, 1965).

Um outro problema, já discutido, diz respeito aos valores de clorofila que podem ter sido superestimados, devido à clorofila detrital que pode ter sido computada como ativa. Este fato também induz a uma subestimativa dos resultados do N.A.

Finalmente deve-se considerar que além dos erros devidos à metodologia empregada pode ter havido redução no N.A. em diversas ocasiões, devido às condições fisiológicas das células estarem fortemente afetadas por poluentes.Esta suposição é baseada na observação da ocorrência de células com anormalidades morfológicas em algumas espécies do fitoplancton.

Isto nos leva a concluir que os dados obtidos relativos à produção primária, concentração de clorofila-*a* e consequentemente a eficiência fotossintética, determinados neste trabalho podem ter sofrido distorções devido à metodologia empregada e que estes parâmetros também sofreram alterações causadas pelo efeito de poluentes e/ou nutrientes.

6. CONCLUSÕES

1 - Foi demonstrado com bastante evidência que a região da baía de Santos apresenta um potencial fotossintético dos mais altos encontrados em ambientes marinhos.

2 - As densidades da biomassa fitoplanctônica (nº de células e clorofila-*a*), apesar das variações anuais, mostraram-se de um modo geral bastante elevadas, atingindo valores máximos de 51.228 10^3 cel/ℓ e 55,32 µg/ℓ de clorofila-*a*.

3 - Os Números de Assimilação determinados são dos mais altos observados em regiões eutróficas, e conforme sugerem Curl & Small (1965), o fato é consequência direta do alto nível de nutrientes.

4 - Os resultados obtidos de Número de Assimilação e de Produção Primária podem estar ainda subavaliados devido a problemas oriundos da metodologia utilizada.

5 - A produção de material fotossintetizado dissolvido é um outro fator que pode estar causando uma subavaliação do Número de Assimilação e da Produtividade que foram medidos apenas sob a forma de material particulado.

6 - A presença de poluentes que alteram a permeabilidade celular também pode provocar uma redução nas medidas da Produção Primária de material particulado.

7 - Células de *Skeletonema* e microflagelados estão presentes durante todo o ano e em todas as estações. Em média, *Skeletonema* representa 45% das populações do fitoplancton enquanto os microflagelados representam cerca de 4,0%.

8 - Parece que o desenvolvimento dos organismos fitoplanctônicos está sendo profundamente afetado pelo excesso de nutrientes e/ou pela presença de compostos tóxicos provenientes de esgotos, resíduos industriais e portuários, a ponto de alterar a morfologia das células de *Skeletonema* e *Leptocylindrus*.

9 - Os resultados relativos à Produção Primária foram obtidos através da cintilação líquida e de amostras sólidas pelo contador "G-M", que apresentou valores cerca de 1,5-2 vezes maiores que por cintilação. Baseando-se nesta comparação, sugere-se que os resultados obtidos anteriormente pelo contador "G-M" sejam corrigidos e não mais utilizado este equipamento, desde que possível.

BIBLIOGRAFIA

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION

1971. Standard methods for the examination of water and waste-waters, including bottom sediments and sludges, 13th ed. New York. Am. Public Health Ass., AWA-WPCF, 874 p.

ANDERSON, G. C. & ZEUTSZHEL, R. P.

1970. Release of dissolved organic matter by marine phytoplankton in coastal and offshore areas of the Northeast Pacific Ocean. Limnol. Oceanogr., *15*(3):402-407.

BENON, P.; BOURGADE, B. & KANTIN, R.

1977. Impact de la pollution sur les ecosystemes mediterraneens côtiers - aspects planctoniques. Thésè docteur de 3ème cycle. Marseille, Centre Universitaire de Marseille-Luminy. 2 v.

BLANC, F.; LEVEAU, M. & BONIN, M. C.

1975. Écosysteme planctonique. Structure et fonctionnement en relation avec des phénomènes de dystrophie. (Golfe de Fos). Int. Revue ges. Hydrobiol., *60*(3):359-378.

BRASIL. MINISTÉRIO DA AGRICULTURA.

1969. Normais climatológicas. Rio de Janeiro, Escritório de Meteorologia, v. 4.

BRASIL. MINISTÉRIO DA MARINHA.

1967. XXXIII Comissão oceanográfica N/Oc. "Almirante Saldanha" (14/03 a 03/05/1967). DHN, série D.G. 26-X.

BRAY, G. A.

1960. A simple efficient liquid scintillator for counting aqueous solutions in a liquid scintillation counter. Analyt. Biochem., *1*:279-285.

CAPERON, J.

1968. Population growth response of *Isochrysis galbana* to nitrate variation at limiting concentration. Ecology, *49*:866-872.

————; CATELL, S. A. & KRANI, J.

1971. Phytoplankton kinetics in a subtropical estuary: eutrophication. Limnol. Oceanogr., *16*(4):599-607.

CARVALHO, J. de P.

1952. Sobre uma coleção de copépodos, não parasíticos, da baía de Santos e suas adjacências. Bolm Inst. oceanogr., S Paulo, *3*(1/2):131-188.

CASSIE, R. M.

1962. Microdistribution and other error components of C^{14} primary production estimates. Limnol. Oceanogr., *7*(2):121-130.

CASTELLVI, J.

1971. Contribución a la biología de *Skeletonema costatum*. Investigación pesq., *35*(2):365-520.

COOPER, L. H. N.

1937. On the ration of nitrogen to phosphorus in the sea. J. Mar. Biol. Ass. U.K., *22*:177-182.

CURL JR., & SMALL, L. F.

1965. Variations in photosynthetic assimilation ratios in natural marine phytoplankton communities. Limnol. Oceanogr., *10*(suppl.):67-73.

DAVIES, A. G.

1974. The growth kinetics of *Isochrysis galbana* in cultures containing sublethal concentrations of mercuric chloride. J. mar. biol. Ass. U.K., *54*: 157-169.

DOTY, M. S.

1956. Current status of carbons-fourteen method of assaying productivity of the ocean. Rep. Univ. Hawaii.

———— & CAPURRO, L. R. A.

1961. Productivity measurements in the world ocean. Part 1. IGY Oceanogr. Rep., (4):1-298.

———— & OGURI, M.

1957. Evidence for a photosynthetic daily periodicity. Limnol. Oceanogr., *2*:37-40.

1959. The carbon-fourteen technique for determining primary plankton productivity. Pubbl. Staz. zool. Napoli, *31*(suppl.):70-94.

DROOP, M. R.

1966. Vitamin B_{12} and marine ecology. III. An experiment with a chemostat. J. mar. biol. Ass. U.K., *46*:659-671.

MÍLSSON, I.

1955. Pesquisas hidrográficas ao longo da costa da Ponta de Itaipú. *In:* Cunha, A. & Neto, J. M. de A. - Lançamento dos esgotos sanitários de Santos e São Vicente, cap. 16.

FITZGERALD, W. F. & LIONS, W. B.

1973. Organic mercury compounds in coastal waters. Nature, Lond., *242*(5398):452-453.

FLEMING, R. H.

1940. The composition of plankton and unite for reporting populations and productions. Proc. Pacif. Sci. Congr., 6th, 1939, (3):535-540.

FOGG, G. F.

1958. Extracellular products of phytoplankton and the estimation of primary production. Rapp. P.-v. Réun. Cons. perm. int. Explor. Mer, *144*:56-60.

————; NALEWAJKO, C. & WALT, W. D.

1965. Extracellular products of phytoplankton photosynthesis. Proc. Roy. Soc. B., *162*:517-534.

FÚLFARO, V. J. & PONÇANO, W. L.

1976. Sedimentação atual no estuário e baía de Santos: um modelo geológico aplicado a projetos de espansão da zona portuária. Anais Congr. bras. Geol. Engen., (1):67-90.

GARCIA AGUDO, E.; GARCIA OCCHIPINTI, A.; SANCHEZ, W. & GAGLIANONE, S.

1974. Estudos para o sistema de disposição oceânica de esgotos de Santos e São Vicente. Relatório parcial nº 4. Pesquisas de declínio bacteriano. Publções IEA, (344):

GARCIA OCCHIPINTI, A.

1972. Estudos para o sistema de disposição oceânica dos esgotos de Santos e São Vicente. Revta DAE, (86):155-176.

1975. Estado de poluição das praias de Santos e o Plano de Saneamento do Estuário Santista. Congr. bras. Engen. sanit., VIII, Rio de J.

————————; MAGLIOCA, A. & TEIXEIRA, C.

1961. Diurnal variation of phytoplankton production and solar radiation in coastal waters off Cananéia. Bolm Inst. oceanogr., S Paulo, *11*(3):17-40.

GLOOSCHENKO, W. A. & CURL JR., H.
1971. Influence of nutrient enrichment on photosynthesis and assimilation ratios in natural North Pacific phytoplankton communities. J. Fish. Res. Bd Can., *28*(5):790-793.

GOLDENSTEIN, L.
1972. A industrialização da Baixada Santista: estudo de um centro industrial satélite. Série Teses Monografias, Inst. Geogr. Univ. S Paulo, (7):

HARRIS, C. L.
1975. Primary production in the Ala Wai Canal, a small tropical estuary. Hawaii Inst. of Geophisis. HIG, 75-7.

HARRISON, W. G.; EPPLEY, R. W. & HENGER, E. H.
1977. Phytoplankton nitrogen metabolism, nitrogen budgets, and observations on copper toxity: controlled ecosystem pollution experiment. Bull. mar. Sci., *27*(1):44-57.

HELLEBUST, J. A.
1965. Excretion of some organic compounds by marine phytoplankton. Limnol. Oceanogr., *10*:192-206.

HENDLER, R. W.
1959. Self-absorption correction for carbon-14 . Science, N.Y., *130*:772-777.

HOLMES, R. W.
1958. Size fractionation of photosynthesizing phytoplankton. Spec. scient. Rep. U.S. Fish Wildl. Serv., Fish., (279):69-71.

HORNE, A. J.; FOGG, G. E. & EAGLE, D. J.
1969. Studies *in situ* of the primary production of an area of inshore Antarctic Sea. J. mar. biol. Ass. U.K., *49*:393-405.

ICHIMURA, S. & SAIJO, Y.
1959. Chlorophyll content and primary production of the Kuroshio off the southern midcoast of Japan. Bot. Mag., Tokyo, *72*(851):193-202.

INTERNATIONAL OCEANOGRAPHIC TABLES. VOL. 2.
1973. Tables of oxygen. National Institute of Oceanography of Great Britain and Unesco.

JERLOV, N.
1953. Particle distribution in the ocean. Rep. Swed. Deep Sea Exped., *3*(3):71-97.

JITTS, H. R.
1957. The ^{14}C method for measuring CO_2 uptake in marine productivity studies. Rep. Div. Fish. Oceanogr. C.S.I.R.O. Aust., (8):1-12.

———— & SCOTT, B. D.
1961. The determination of zero thickness activity in Geiger counting of C-14 solutions used in marine productivity studies. Limnol. Oceanogr., *6*:116-123.

JOHANNESSEN, O. M.
1967. Note on the diurnal temperature observations off the coast of Santos, Brazil. Contrções Inst. oceanogr., Univ. S Paulo, sér. Oceanogr. Fís., (9):1-7.

JOLY, A. B.
1957. Contribuição ao conhecimento da flora ficológica marinha da baía de Santos e arredores. Tese de Livre-Docência. São Paulo, Universidade de São Paulo, Fac. Filos. Ciênc., 196 p.

JØRGENSEN, E.
1970. The adaptation of plankton algae. Physiologia Pl., *23*(1):11-17.

KAYSER, H.

1976. Waste-water assay with continuous algal cultures: the effect of mercuric acetate on the growth of some marine dinoflagellates. Mar. Biol., *36*: 61-72.

KUENZLER, E. J. & KETCHUM, B. H.

1962. Rate of phosphorus uptake by *Phaeodactylum tricornutum*. Biol. Bull. mar. biol. Lab., Woods Hole, *123*:134-145.

KUTNER, M. B. B.

1972. Variação estacional e distribuição do fitoplancton na região de Cananéia. Tese de doutoramento. Universidade de São Paulo, Instituto Oceanográfico.

LIMA, F. R. & VAZZOLER, A. E. A. de M.

1963. Sobre o desenvolvimento das ostras e possibilidades da ostreicultura nos arredores de Santos. Bolm Inst. oceanogr., S Paulo, *13*(2):3-20.

MARGALEF, R.

1974. Ecologia. Barcelona, Ediciones Omega, 759 p.

McALLISTER, C. D.; SHAH, N. & STRICKLAND, J. D. H.

1964. Marine phytoplankton photosynthesis as a function of light intensity: a comparison of methods. J. Fish. Res. Bd. Canada, *21*:159-181.

McCORMICK, J. & QUINN, P. I.

1975. Phytoplankton diversity and chlorophyll-*a* in a polluted estuary. Mar. Pollut. Bull., *6*(7):105-106.

MOREIRA, G. S.

1976. Sobre a migração vertical diária do plâncton ao largo de Santos, Estado de São Paulo, Brasil. Bolm Inst. oceanogr., S Paulo, *25*(1):55-76.

NEIVA, G. S. & WISE, S. P.

1963. The biology and fishery of the sea-bob shrimp of Santos Bay, Brazil. Proc. Gulf Caribb. Fish. Inst., 16th Annual Section, 131-139.

NUZZI, R.

1972. Toxity of mercury to phytoplanckton. Nature, Lond., *237*:38-40.

OVERNELL, J.

1975. The effect of heavy metals on photosynthesis and loss of al potassium in two species of marine algae, *Dunaliella tertiolecta* and *Phaeodactylum tricornutum*. Mar. Biol., *29*:99-103.

1976. Inhibition of marine algal photosynthesis by heavy metals. Mar. Biol., *38*(4):335-342.

POOLE, H. H. & ATKINS, W. R. G.

1929. Photo-eletric measurements of submarine illumination throughout the year. J. Mar. Biol. Ass. U.K., *16*:297-324.

PRAKASH, A. & RASHID, M. A.

1968. Influence of humic substances on the growth of marine phytoplankton: dinoflagellates. Limnol. Oceanogr., *13*(4):598-606.

QUEIROZ NETO, J. P. de & KÜPPER, A.

1965. Os solos. *In:* A Baixada Santista: aspectos geográficos. São Paulo, ed.- Univ. S Paulo, vol. 1, p. 67-92.

RODHE, W.; VOLLENWEIDER, R. A. & NAUWERK, A.

1958. The primary production and standing-crop of phytoplankton. *In:* Buzzatti-Travesso, A., ed.- Perspectives in marine biology. Los Angels, Univ. Calif. Press, p. 299-322.

RODRIGUES, J. C.

1965. As bases geológicas. *In:* A Baixada Santista: aspectos geográficos. São Paulo, ed.- Univ. S Paulo, vol. 1, p. 23-48.

RYTHER, J. H.

1954. The ratio of photosynthesis to respiration in marine plankton algae and its effect upon the measurement of productivity. Deep Sea. Res. *2*:134-139.

1956. Photosynthesis in the ocean as a function of light intensity. Limnol. Oceanogr., *1*(1):61-70.

——————— & DUNSTAM, W. M.

1971. Nitrogen, phosphorus, and eutrophication in the coastal marine environment. Science, N.Y., *171*: 1008-1013.

——————— & YENTSCH, C. S.

1957. The estimation of phytoplankton production in the ocean from chlorophyll and light data. Limnol. Oceanogr., *2*(3):281-286.

SANCHEZ, W.; GARCIA AGUDO, E.; SANTOS, J. L. dos; ZULACK, C. & GARCIA OCCHIPINTI, A.

1973. Estudos para o sistema de disposição oceânica dos esgotos de Santos e São Vicente - Misturação oceânica. Relatório Parcial nº 2. Publções IEA, (301):

SAWAYA, P. & CARVALHO, J. de P.

1938. Ocorrência de *Branchiostoma* na baía de Santos. Bolm biol. Clube zool. Bras., n.s., *3*(2):43-46.

SELLNER, K. G.; ZINGMARK, R. G. & MILLER, T. G.

1976. Interpretation of the C total annual production of phytoplankton in a South Carolina estuary. Botanica mar., *19*(2):119-125.

SIEBURTH, J. M. & JENSEN, A.

1968. Studies on algal substances in the sea. I. Gelbstoff (humic material) in terrestrial and marine waters. J. exp. mar. Biol. Ecol., *2*:174-189.

SOROKIN, YU I.

1960. Determination of the isotope effect during labelled carbon dioxide assimilation in photosynthesis and chemosynthesis. Microbiologiyia, *29*:204-208.

STEEMANN-NIELSEN, E.

1952. The use of radioactive carbon (C^{14}) for measuring organic production in the sea. J. Cons. perm. int. Explor. Mer, *18*:117-140.

1965. On the determination of the activity in ^{14}C-ampoules for measuring primary production. Limnol. Oceanogr., *10*(suppl.):247-252.

——————————— & HANSEN, V. K.

1959. Light adaptation in marine phytoplankton population and its interrelation with temperature. Physiologia Pl., *12*:353.

——————————— & JØRGENSEN, E.

1968. The adaptation of plankton algae. III. With special consideration of the importance in nature. Physiologia Pl., *21*:647-654.

STRICKLAND, J. D. H.

1960. Measuring the production of marine phytoplankton. Bull. Fish. Res. Bd Can., (122):1-172.

1965. Production of organic matter in the primary stages of the marine food chain. *In:* Riley, J. P. & Skirrow, B., ed.- Chemical oceanography. London, Academic Press, v. 1, p. 477-610.

STRICKLAND, J. D. H.

1968. A practical handbook of sea water analysis. Bull. Fish. Res. Bd Can., (167):311 p.

TALLING, J. F.

1957. Photosynthetic characteristics of some fresh water plankton diatoms in relation to underwater radiation. New Phytol., *56*:29-50.

TEIXEIRA, C.

1963. Relative rates of photosynthesis and standing-stock of the net phytoplankton and nannoplankton. Bolm Inst. oceanogr., S Paulo, *13*(2):53-60.

1969. Estudo sobre algumas características do fitoplâncton da região de Cananéia e o seu potencial fotossintético. Tese de Doutorado. São Paulo, Univ. São Paulo.

1973. Preliminary studies of primary production in the Ubatuba region. Bolm Inst. oceanogr., S Paulo, *22*:49-58.

————————; TUNDISI, J. & SANTORO-ICAZA, J.

1969. Plankton studies in a mangrove environment. VI. Primary production, zooplankton standing-stock and some environmental factors. Int. Revue ges. Hydrobiol., *54*(2):289-301.

THOMAS, W. H.

1970. On nitrogen deficiency in tropical Pacific oceanic phytoplankton: photosynthetic parameters in poor and rich water. Limnol. Oceanogr., *15*: 380-385.

———————— & SIMMONS, E. G.

1960. Phytoplankton production in the Mississippi Delta. *In:* Shepard, F. P.; Phleger, F. B. & Van Andel, T. J., ed.- Recent sediments: Northwest Gulf of Mexico; Tulsa, Oklahoma, Am. Ass. Petrol. Geologists, p. 103-116.

TOMMASI, L. R.

1967. Observações preliminares sobre a fauna bêntica de sedimentos moles da baía de Santos e regiões vizinhas. Bolm Inst. oceanogr., S Paulo, *16*(1): 43-65.

TRAVERS, M.

1973. Le microplancton du Golfe de Marseille: volume, surface et volume plasmique des organismes. Thêthys, *6*:687-718.

1974. Le microplancton du Golfe de Marseille: schéma dy cycle annuel: Réparticions horizontales et verticales. Thêthys, *6*(4):713-726.

TUNDISI, J.

1969. Produção primária, "standing-stock" e fracionamento do fitoplâncton na região lagunar de Cananéia. Tese de Doutoramento. São Paulo, Univ. São Paulo, Fac. Filos. Ciênc., 130 p.

———— & TEIXEIRA, C.

1968. Plankton studies in a mangrove environment. VII. Size fractionation of the phytoplankton: some studies on methods. Bolm Inst. oceanogr., S Paulo, *17*(1):89-94.

————; TUNDISI, T. M. & KUTNER, M. B. B.

1973. Plankton studies in a mangrove environment. VIII. Further investigations on primary production, standing-stock of phyto and zooplankton and some environmental factors. Int. Revue ges. Hydrobiol., *58*(6):925-940.

VACARO, R. F.

1965. Inorganic nitrogen in sea water. *In:* Riley, J. P. & Skirrow, G., ed.- Chemical oceanography. New York, Academic Press, v. 1.

VALENTIN, J.

1974. O plâncton na ressurgência de Cabo Frio (Brasil). II. Primeiras observações sobre a estrutura física, química e biológica das águas da estação fixa. (Período de 04/02 a 16/04/1973). Publções Inst. Pesq. Mar., (083).

WARD, F. J. & NAKANISHI, M.

1971. A comparison of Geiger-Mueller and liquid scintillation counting methods in estimating primary productivity. Limnol. Oceanogr., *16*:560-563.

WATT, W. D.

1966. Release of dissolved organic material from the cells of phytoplankton populations. Proc. R. Soc., ser. B, *164*:521-551.

WOOSTER, W. S. & CRONWELL, T.

1958. An oceanographic description of the eastern tropical Pacific. Bull. Scripps. Inst. Oceanogr., *7*(3):169-282.

TABELA I - Resultados dos parâmetros físico-químicos obtidos durante as coletas referentes à Estação 40 (profundidade local 12 m)

Parâmetro \ Data	16 fevereiro	5 abril	22 junho	4 agosto	7 outubro	7 dezembro
Maré	alta	alta	baixa	baixa	alta	alta
Hora da coleta	14:45	17:45	17:30	16:20	13:45	14:45
Tranasparência (m)	1,40	1,90	1,80	1,60	2,00	1,40
Coeficiente de extinção da luz	1,20	0,90	0,90	1,06	0,85	1,20
Temperatura da água (°C)	26,20	26,30	21,20	21,20	21,33	25,05
Salinidade (°/oo)	32,33	30,83	29,68	30,90	33,03	33,50
Oxigênio de saturação (mℓ/ℓ)	4,70	4,73	5,20	5,17	5,10	4,73
Oxigênio dissolvido (mℓ/ℓ)	4,27	3,92	5,60	6,58	5,25	7,00
% de saturação	90,80	82,87	107,7	127,3	102,9	148,0
pH	8,0	8,2	8,1	8,0	8,1	8,3
Material em suspensão (mg/ℓ)	3,0	7,0	7,0	9,0	41,0	48,0
Matéria orgânica volatilizada (mg/ℓ)	1,0	6,0	1,0	6,0	11,0	13,0
% de matéria orgânica	33,0	86,0	14,0	67,0	26,0	27,0
N-Amoniacal (ug-at/ℓ)	0,00	0,00	0,00	0,70	0,00	0,00
N-Nitrito (ug-at/ℓ)	0,70	1,42	2,14	2,85	0,00	0,00
N-Nitrato (ug-at/ℓ)	6,43	13,57	12,14	12,85	0,70	0,70
N-(NO_3+NO_2+NH_4) (ug-at/ℓ)	7,13	14,99	14,28	16,40	0,70	0,70
P-Ortofosfato dissolvido (ug-at/ℓ)	0,96	1,54	3,61	2,13	0,19	0,19
N-NO_3/P-PO_4	6,7	8,8	3,4	6,0	3,7	3,7
Hg (ug/ℓ)	0,0	0,0	2,05	1,50	0,07	0,0

TABELA II - Resultados dos parâmetros físico-químicos obtidos durante as coletas referentes à Estação 24 (profundidade local 6 m)

Parâmetro \ Data	18	7	11	12	14
	fevereiro	abril	agosto	outubro	dezembro
Maré	alta	baixa	alta	alta	baixa
Hora da coleta	16:45	14:25	14:45	15:55	15:00
Transparência (m)	1,10	1,40	1,00	0,80	1,40
Coeficiente de extinção da luz	1,50	1,20	1,70	2,10	1,20
Temperatura da água (°C)	26,70	26,20	19,86	21,37	27,51
Salinidade (°/oo)	29,32	28,38	31,67	31,21	30,18
Oxigênio de Saturação (mℓ/ℓ)	4,75	4,80	5,29	5,16	4,66
Oxigênio dissolvido (mℓ/ℓ)	3,36	6,16	4,41	8,26	11,69
% da saturação	70,7	128,3	83,36	160,0	250,8
pH	8,2	8,1	8,1	8,3	8,7
Material em suspensão (mg/ℓ)	10,0	48,0	35,0	104,0	36,0
Matéria orgânica volatilizada (mg/ℓ)	2,0	17,0	13,0	28,0	6,0
% de matéria orgânica	20,0	35,0	37,0	26,0	16,0
N-Amoniacal (ug-at/ℓ)	3,57	0,00	0,70	0,70	0,00
N-Nitrito (ug-at/ℓ)	1,42	2,14	2,14	2,14	0,00
N-Nitrato (ug-at/ℓ)	14,28	19,28	7,86	10,0	0,00
N-(NO_3+NO_2+NH_4) (ug-at/ℓ)	19,27	21,42	10,70	12,48	0,00
P-Ortofosfato dissolvido (ug-at/ℓ)	1,60	2,29	2,26	2,45	1,29
N-NO_3/P-PO_4	8,9	8,4	3,5	4,1	0,0
Hg (ug/ℓ)	0,0	0,06	0,15	0,25*	0,0

* Nessa ocasião, a concentração de Hg em águas sub-superficiais foi 1,27 ug/ℓ.

TABELA III - Resultados dos parâmetros físico-químicos obtidos durante as coletas referentes à Estação 18 (profundidade de 12 m)

Parâmetro \ Data	24	11	23	3	5	6
	fevereiro	abril	junho	agosto	outubro	dezembro
Maré	alta	alta	alta	baixa	alta	alta
Hora da coleta	13:30	13:55	13:40	15:20	13:40	14:40
Transparência (m)	0,90	1,70	1,00	1,90	1,40	1,40
Coeficiente de extinção da luz	1,90	1,00	1,70	0,90	1,20	1,20
Temperatura da água (°C)	26,70	24,70	21,20	20,34	20,37	24,39
Salinidade (°/oo)	18,48	30,79	22,66	28,83	29,76	32,41
Oxigênio de saturação (mℓ/ℓ)	5,04	4,86	5,44	5,32	5,28	4,85
Oxigênio dissolvido (mℓ/ℓ)	5,04	5,46	4,90	4,06	4,90	4,69
% da saturação	100,0	112,3	90,0	76,3	92,8	96,7
pH	7,9	8,4	7,8	8,0	8,0	8,1
Material em suspensão (mg/ℓ)	16,0	54,0	29,0	8,0	19,0	33,0
Matéria orgânica volatilizada (mg/ℓ)	4,0	14,0	3,0	1,0	6,0	12,0
% de matéria orgânica	25,0	26,0	10,0	13,0	31,0	36,0
N-Amoniacal (ug-at/ℓ)	50,00	0,00	2,14	4,28	2,14	0,00
N-Nitrito (ug-at/ℓ)	7,85	0,70	1,42	3,57	1,42	2,73
N-Nitrato (ug-at/ℓ)	0,70	7,86	5,71	17,85	12,85	9,28
N-(NO_3+ NO_2+ NH_4) (ug-at/ℓ)	58,55	8,56	9,27	25,70	16,41	10,70
P-Ortofosfato dissolvido (ug-at/ℓ)	3,80	0,60	9,16	4,13	3,06	4,54
N-NO_3/P-PO_4	0,2	13,1	0,1	4,3	4,2	2,0
Hg (ug/ℓ)	0,0	0,85	0,55	3,64	0,10	0,00

TABELA IV - Resultados qualitativos e variação numérica da análise de amostras do fitoplancton obtidas durante as coletas referentes à Estação 40 (nº de células.$10^3/\ell$)

	Fev.	Abr.	Jun.	Ago.	Out.	Dez.
Bacillariophyceae						
Asterionella		4			46	
Biddulphia						14
Chaetoceros	350	13.886		8	2	130
Coscinodiscus		2		144		2
Cyclotella	210	788				92
Eucampia		12				
Leptocylindrus	12	126				30.262
Navicula	8					6
Nitzschia	60	210				194
Phaeodactylum		36				
Pleurosigma		2	2			
Rhizosolenia		114				86
Skeletonema	21.394	2.242	10	26	324	2.464
Stephanopyxis		2				2
Thallassionema	54	10				8
Thallassiosira	404	456				
Dinophyceae	70	4		26	6	2
Myxophyceae (Cyanophyceae)	2					
Microflagelados*	1.016	722	578	406	54	1.750
Não determinados	1.258	264	204	3.486	284	336
Total	24.838	18.880	794	4.096	716	35.348

* Neste grupo estão incluidos Chlorophyceas e Chrysophyceas flagelados de difícil identificação pertencentes ao nanoplancton.

TABELA V - Resultados qualitativos e variação numérica da análise de amostras do fitoplancton obtidas durante as coletas referentes à Estação 24 (nº de células.10^3/ℓ)

	Fev.	Abr.	Jun.	Ago.	Out.	Dez.
Bacillariophyceae						
Asterionella				16	240	
Biddulphia			6	4	2	4
Chaetoceros			4	2		
Coscinodiscus					40	
Gyrosigma					2	
Leptocylindrus						180
Navicula					4	
Nitzschia	126		2	54		22
Rhizosolenia						10
Skeletonema	32.394			22	19.094	39.220
Thallassiosira	2.078					
Dinophyceae			2		2	10
Mixophyceae (Cyanophyceae)				6		
Microflagelados*	1.216		8	88	162	26
Não determinados	598		52	132	11.406	34
Total	36.412		74	324	30.952	39.506

* Neste grupo estão incluidos Chlorophyceas e Chrysophyceas flagelados de difícil identificação pertencentes ao nanoplancton.

TABELA VI - Resultados qualitativos e variação numérica da análise de amostras do fitoplancton obtidas durante as coletas referentes à Estação 18 (nº de células.10^3/ℓ)

	Fev.	Abr.	Jun.	Ago.	Out.	Dez.
Bacillariophyceae						
Asterionella				24	142	
Biddulphia				4	4	6
Chaetoceros	828		15.854	8	8	200
Coscinodiscus	12				16	2
Cyclotella	36.410		3.708			
Eucampia						34
Gramatophora					2	
Hemiaulus				4		12
Leptocylindrus						5.472
Melosira	26				14	2
Navicula	2					
Nitzschia	6		12	4		34
Rhizosolenia						156
Skeletonema	602		458	56	776	6.996
Thallasiosira					14	12
Dinophyceae	368			14		2
Microflagelados*	3.372		630	76	232	70
Não determinados	9.602		208	102	1.320	86
Total	51.228		20.870	292	2.528	13.084

* Neste grupo estão incluidos Chlorophyceas e Chrysophyceas flagelados de difícil identificação pertencentes ao nanofitoplancton.

TABELA VII - Proporções de *Skeletonema* e microflagelados relativas à população total do fitoplancton durante o ano

	Fev.	Abr.	Jun.	Ago.	Out.	Dez.
ESTAÇÃO 40						
Skeletonema	0,86	0,12	0,01	0,01	0,45	0,07
Microflagelados	0,04	0,04	0,72	0,10	0,08	0,05
ESTAÇÃO 24						
Skeletonema	0,89	-	0,00	0,07	0,62	0,99
Microflagelados	0,03	-	0,70	0,27	0,00	0,00
ESTAÇÃO 18						
Skeletonema	0,01	-	0,02	0,19	0,31	0,53
Microflagelados	0,06	-	0,03	0,26	0,09	0,01

TABELA VIII - Concentração de clorofila-*a* ($mg.m^{-3}$)

Mês	Estação 40	Estação 24	Estação 18
Fevereiro	14,29	35,29	34,15
Abril	19,62	28,89	20,42
Junho	3,98	3,56	21,99
Agosto	16,38	4,00	7,25
Outubro	5,71	55,32	14,98
Dezembro	16,96	36,92	19,24

TABELA IX - Valores da razão ug clorofila-a/10^6 células

Mês	Estação 40	Estação 24	Estação 18
Fevereiro	0,58	0,97	0,67
Abril	1,04	-	-
Junho	5,01	48,11	1,06
Agosto	4,00	12,35	24,83
Outubro	7,97	1,79	5,92
Dezembro	0,48	0,93	1,47

TABELA X - Valores da razão $mgC.10^{-1}.h^{-1}/10^6$ células

Mês	Estação 40	Estação 24	Estação 18
Fevereiro	0,36	0,74	0,84
Abril	0,83	-	-
Junho	3,67	31,35	0,98
Agosto	2,47	6,65	7,42
Outubro	4,78	0,71	3,13
Dezembro	1,36	1,24	0,84

TABELA XI - Resultados de Produção Primária obtidos através do contador "Geiger-Müller", em função de diferentes intensidades luminosas ($mgC.m^{-3}.h^{-1}$)

Intensidade luminosa (Klux)	Produção Primária ($mgC.m^{-3}.h^{-1}$)					
	Fev.	Abr.	Jun.	Ago.	Out.	Dez.
ESTAÇÃO 40						
0,8	1,9	3,0	3,9	3,4	0,0	0,0
	0,9	4,5	3,9	4,8	0,0	1,3
2,2	13,1	25,9	9,9	22,0	0,6	6,1
	18,0	38,3	9,3	27,5	0,9	9,8
8,0	66,3	94,9	34,0	75,1	23,8	17,0
	68,6	74,8	34,0	117,4	21,9	31,9
22,6	129,0	288,8	60,8	197,2	53,4	69,1
	150,8	221,2	69,7	191,8	49,0	57,0
60,0	165,0	260,8	77,1	187,8	60,6	73,2
	148,8	271,8	61,5	173,3	50,4	67,0
ESTAÇÃO 24						
0,8	5,0	54,2	4,3	1,0	3,5	12,1
	2,8	27,0	0,4	2,1	7,0	8,8
2,2	42,4	95,9	10,3	7,3	70,1	129,6
	40,6	99,1	5,4	5,7	70,1	165,3
8,0	119,3	195,8	16,4	20,0	168,8	359,1
	201,3	241,8	17,1	24,4	163,8	304,6
22,6	387,0	405,0	51,1	41,8	245,2	795,4
	404,8	363,8	48,3	41,8	252,6	759,3
60,0	559,5	284,1	62,9	40,3	242,4	693,0
	367,8	239,3	53,0	47,8	235,3	582,8
ESTAÇÃO 18						
0,8	18,7	10,8	16,1	0,4	2,4	3,4
	26,1	9,8	21,6	2,9	1,8	3,5
2,2	124,3	40,8	65,7	4,8	9,7	23,4
	100,2	25,4	58,9	6,7	10,7	25,7
8,0	381,4	91,3	214,5	13,6	69,3	88,8
	299,2	110,0	249,9	17,4	17,5	88,3
22,6	768,2	208,4	381,4	48,0	134,2	168,8
	668,2	192,0	402,2	54,8	86,8	168,3
60,0	930,9	205,8	391,6	54,3	136,0	207,4
	-	206,5	427,0	41,6	130,6	187,2

TABELA XII - Resultados de Produção Primária obtidos através do cintilador líquido em função de diferentes intensidades luminosas (mgC.m^{-3}.h^{-1})

Intensidade luminosa (Klux)	Produção Primária (mgC.m^{-3}.h^{-1})					
	Fev.	Abr.	Jun.	Ago.	Out.	Dez.
ESTAÇÃO 40						
0,8	0,50	0,47	1,16	1,37	0,53	0,00
	0,00	1,64	1,59	2,26	0,88	0,83
2,2	5,97	10,87	3,82	11,80	3,53	2,69
	9,31	15,13	3,46	14,50	3,61	3,95
8,0	33,33	40,11	13,35	38,24	17,10	9,04
	34,64	32,28	15,36	40,98	16,44	22,34
22,6	67,52	134,67	29,86	95,09	33,49	46,20
	78,56	116,12	30,58	92,16	31,48	47,99
60,0	77,67	152,61	30,72	101,62	34,16	48,64
	100,34	160,78	27,62	100,51	34,35	47,34
ESTAÇÃO 24						
0,8	3,30	31,33	0,52	0,18	2,74	2,60
	1,38	14,11	0,52	0,84	3,40	2,55
2,2	19,37	51,16	2,53	3,38	43,42	70,90
	20,79	60,42	3,34	2,81	47,34	87,44
8,0	60,63	105,85	6,94	10,99	129,85	221,85
	105,15	126,60	9,54	12,10	139,06	200,70
22,6	209,11	221,74	22,49	22,26	207,54	508,45
	206,84	255,71	21,22	19,14	204,56	468,26
60,0	218,16	171,55	22,96	21,23	218,29	428,84
	321,57	129,18	23,44	21,89	220,95	392,83
ESTAÇÃO 18						
0,8	8,52	3,59	6,60	0,44	0,60	1,98
	14,89	3,73	8,68	0,70	0,52	2,30
2,2	53,10	18,04	23,66	1,64	4,77	13,63
	44,13	13,04	28,31	2,19	7,47	15,84
8,0	168,54	53,45	99,16	4,95	34,00	50,51
	144,24	56,67	94,06	6,94	43,44	47,20
22,6	366,92	108,27	180,41	21,04	80,11	106,36
	352,42	98,99	174,95	22,64	78,22	106,88
60,0	430,37	108,94	198,96	25,03	82,77	112,37
	-	118,58	209,54	18,33	75,53	108,25

TABELA XIII - Valores de eficiência fotossintética em função de diferentes intensidades luminosas ($mgC.h^{-1}/mg$ clorofila-a^{-1})

Intensidade luminosa (Klux)	Fev.	Abr.	Jun.	Ago.	Out.	Dez.
ESTAÇÃO 40						
0,8	0,04 0,00	0,02 0,08	0,29 0,40	0,09 0,14	0,09 0,15	0,00 0,05
2,2	0,43 0,67	0,54 0,76	0,96 0,87	0,74 0,91	0,59 0,60	0,16 0,23
8,0	2,38 2,47	2,01 1,61	3,34 3,84	2,39 2,94	2,85 2,74	0,53 1,31
22,6	4,82 5,61	6,73 5,81	7,47 7,65	5,94 5,76	5,58 5,25	2,72 2,82
60,0	5,55 7,17	7,63 8,04	7,68 6,91	6,35 6,28	5,69 5,73	2,86 2,78
ESTAÇÃO 24						
0,8	0,09 0,04	1,08 0,49	0,13 0,13	0,05 0,21	0,05 0,06	0,07 0,07
2,2	0,56 0,59	1,76 2,08	0,59 0,84	0,85 0,70	0,79 0,86	1,92 2,36
8,0	1,73 3,00	3,65 4,37	1,74 2,39	2,75 3,03	2,36 2,53	6,00 5,42
22,6	5,97 5,91	7,65 8,79	5,62 5,31	5,57 4,54	3,77 3,72	13,74 12,66
60,0	6,23 9,19	5,92 4,45	5,74 5,86	5,31 5,47	3,97 4,02	11,59 10,62
ESTAÇÃO 18						
0,8	0,25 0,43	0,18 0,18	0,30 0,39	0,06 0,10	0,04 0,03	0,10 0,12
2,2	1,56 1,30	0,90 0,65	1,07 1,29	0,23 0,31	0,32 0,50	0,71 0,83
8,0	4,95 4,24	2,67 2,83	4,50 4,27	0,70 0,99	2,26 2,89	2,65 2,48
22,6	10,79 10,36	5,41 4,94	8,20 7,95	3,00 3,23	5,34 5,21	5,60 5,62
60,0	12,65	5,44 5,92	9,04 9,52	3,57 2,62	5,51 5,03	5,91 5,69

TABELA XIV - Valores de eficiência fotossintética à luz de saturação ($mgC.h^{-1}/mg$ clorofila-a^{-1})

Meses	ESTAÇÕES		
	18	24	40
Fevereiro	12,65	7,71	6,23
Abril	5,70	8,24	7,85
Junho	9,27	6,52	7,50
Agosto	3,14	5,50	6,31
Outubro	5,27	4,00	5,70
Dezembro	5,84	13,19	2,82

TABELA XV - Variações máximas de temperatura sofridas pela amostra deste o instante da coleta até o final da incubação (°C)

	Fev.	Abr.	Jun.	Ago.	Out.	Dez.
ESTAÇÃO 40						
Temperatura no instante de coleta	26,0	26,0	21,0	21,0	21,0	25,0
Temperatura no início da incubação	25,0	25,0	23,0	22,0	21,0	28,0
Temperatura no final da incubação	29,0	28,0	24,0	25,0	22,0	32,0
Variação máxima de temperatura	4,0	3,0	3,0	4,0	1,0	7,0
ESTAÇÃO 24						
Temperatura no instante de coleta	27,0	26,0	-	20,0	21,0	28,0
Temperatura no início da incubação	25,0	27,0	19,0	20,0	22,0	26,0
Temperatura no final da incubação	26,0	29,0	23,0	21,5	24,0	31,0
Variação máxima de temperatura	2,0	3,0	4,0	1,5	3,0	3,0
ESTAÇÃO 18						
Temperatura no instante de coleta	27,0	25,0	21,0	20,0	20,0	24,0
Temperatura no início da incubação	26,0	23,0	22,0	23,0	22,0	26,0
Temperatura no final da incubação	29,0	27,0	24,0	25,0	23,0	30,0
Variação máxima de temperatura	3,0	4,0	3,0	5,0	3,0	6,0

TABELA XVI - Produção Primária em águas de superfície rm regiões tropicais (método ^{14}C)

Região		Incubação	Iluminação	Produção Primária ($mgC.m^{-3}.h^{-1}$)	Autor
Delta do Mississipi	Breton Sound 29°30'N; 89 20'W Blind Bay 29°10'N; 89 00'W	"in situ" ou "in situ" simulada	natural	0,7-221,0 2,6-189,0	Thomas & Simmons (1960)
Havaí (estuário)	Kaneohe Bay 21°27'N; 157 47'W	simulada	artificial	5,0- 10,0	Doty & Capurro (1961)
	idem	"in situ" simulada	natural	4,8- 37,9	Caperon *et al.* (1971)
Havaí (estuário)	Ala Way Canal 21°15'W; 157 50'W	"in situ"	natural	231,0 (média anual)	Harris (1972)
Brasil (estuário)	Cananéia 25°04'S; 47 54'W	simulada	57.000 lux	65,32-206,12 (verão) 54,37-117,37 (inverno)	Teixeira (1969)
	idem	simulada	16.000 lux	9,86-70,59	Tundisi (1969)
	idem	"in situ"	natural	3,00-72,00	Tundisi *et al.* (1973)
Brasil (baía)	Ubatuba 23°30'S; 45 06'W	"in situ"	natural	1,01-28,16 (verão) 0,24-16,24 (inverno)	Teixeira (1973)
Brasil (estuário)	Baía de Santos 24°00'S; 46 26'W	simulada	60.000 lux	48,0-488,4 (verão) 22,6-204,2 (inverno)	presente estudo

TABELA XVII - Valores de Número de Assimilação em águas de superfície em regiões tropicais (método do ^{14}C)

Região		Incubação	Iluminação	Nº assimilação ($mgC.h^{-1}$ clorofila-a^{-1})	Autor
Havaí (estuário)	Kaneohe Bay 21°27'N; 157 47'W	simulada	artificial	6,15- 7,94	Doty & Capurro(1961)
	idem	"in situ" simulada	natural	7,15-14,54	Caperon *et al.* (1971)
Havaí (estuário)	Ala Way Canal 21°15'N; 157 50'W	"in situ"	natural	12,22-16,31	Harris (1972)
Brasil (estuário)	Cananéia 25°04'S; 47 54'W	simulada	38.000 lux	11,80-24,00	Teixeira (1969)
	idem	simulada	16.000 lux	3,28- 6,25	Tundisi (1969)
	idem	"in situ"	natural	0,27-21,18	Tundisi *et al.* (1973)
Brasil (baía)	Ubatuba 23°30'S; 45 06'W	"in situ"	natural	5,08- 9,65	Teixeira (1973)
Brasil (estuário)	Baía de Santos 24°00'S; 46 26'W	simulada	60.000 lux	2,82-13,19	presente estudo

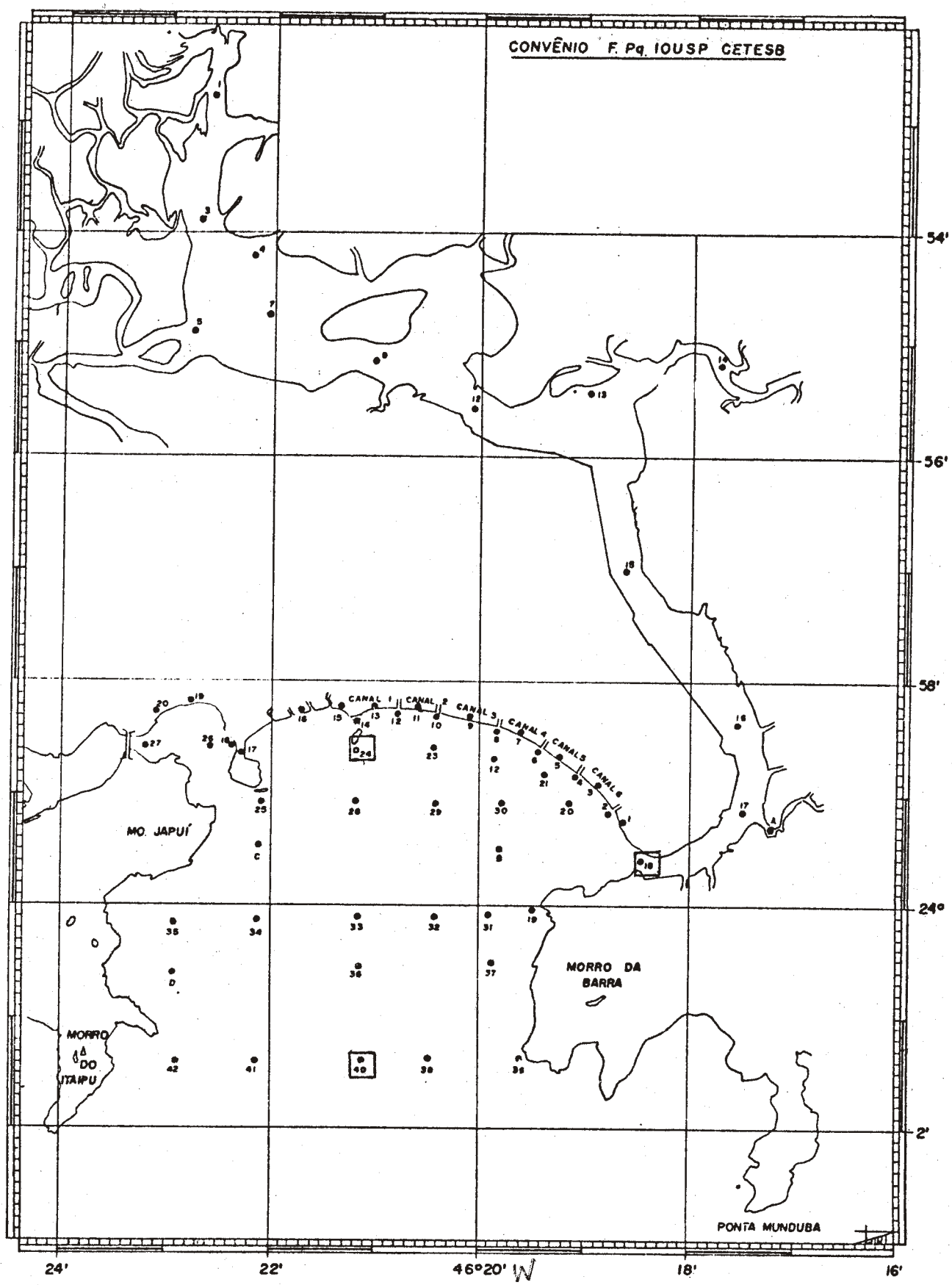

Fig. 1 - Mapa da região e localização das Estações.

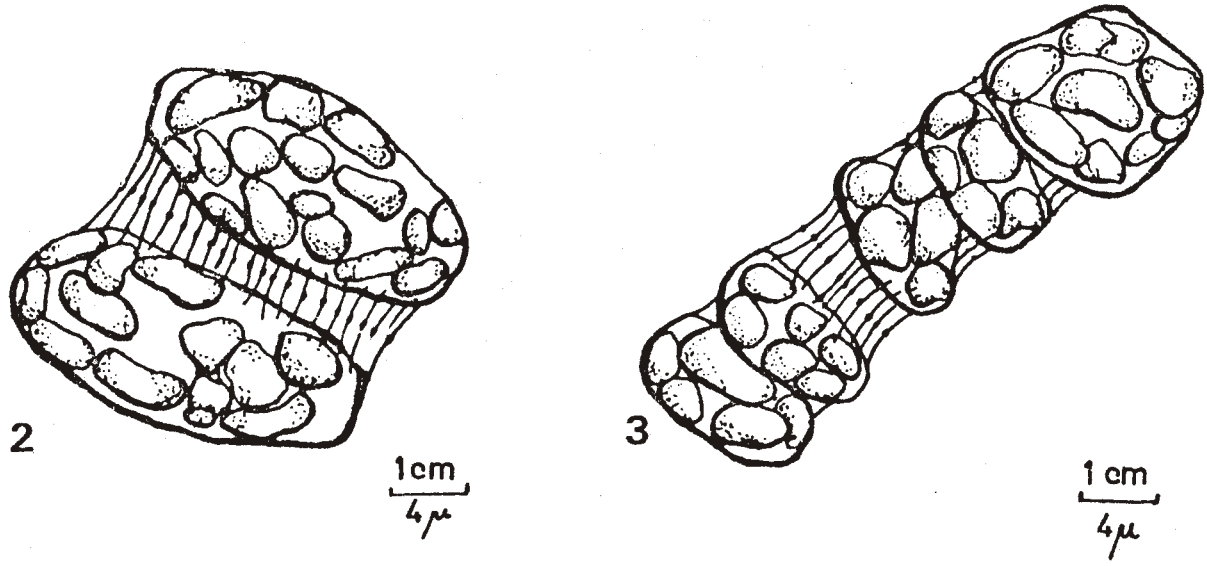

Fig. 2 - Células de *Skeletonema* do tipo grande, com 12-16 cromatóforos.

Fig. 3 - Células deformadas de *Skeletonema*.

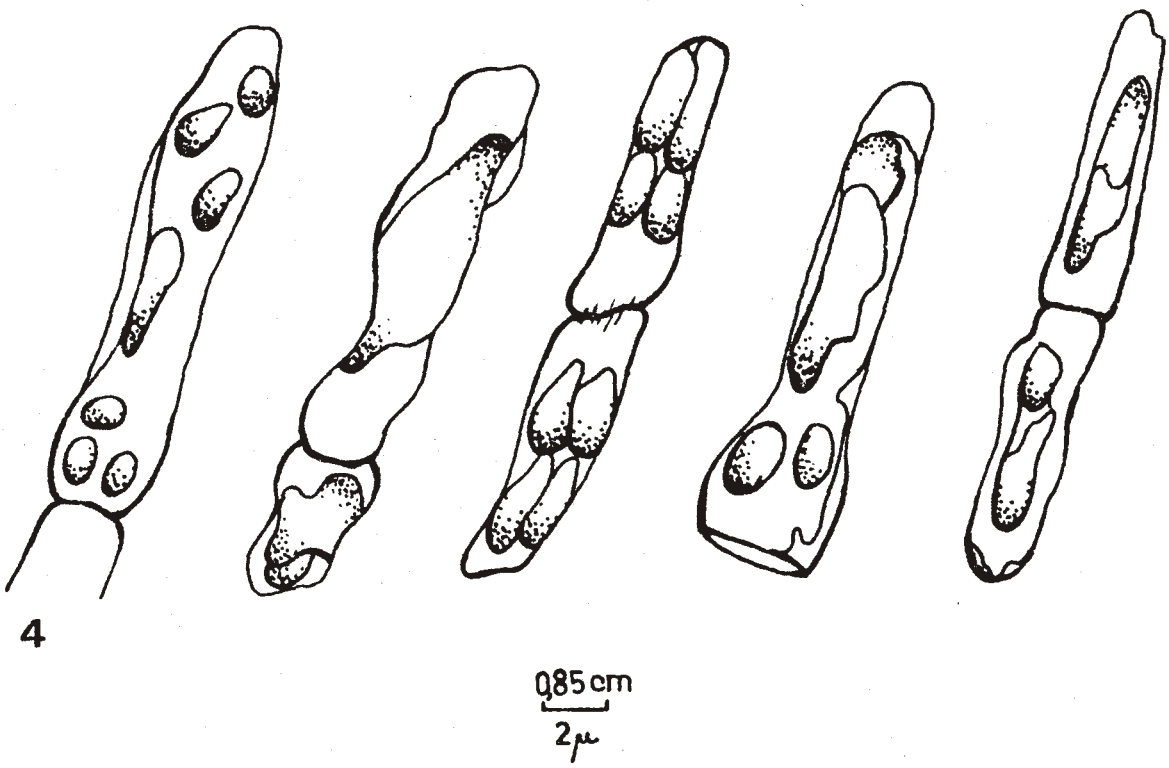

Fig. 4 - Células deformadas de *Leptocylindrus*.

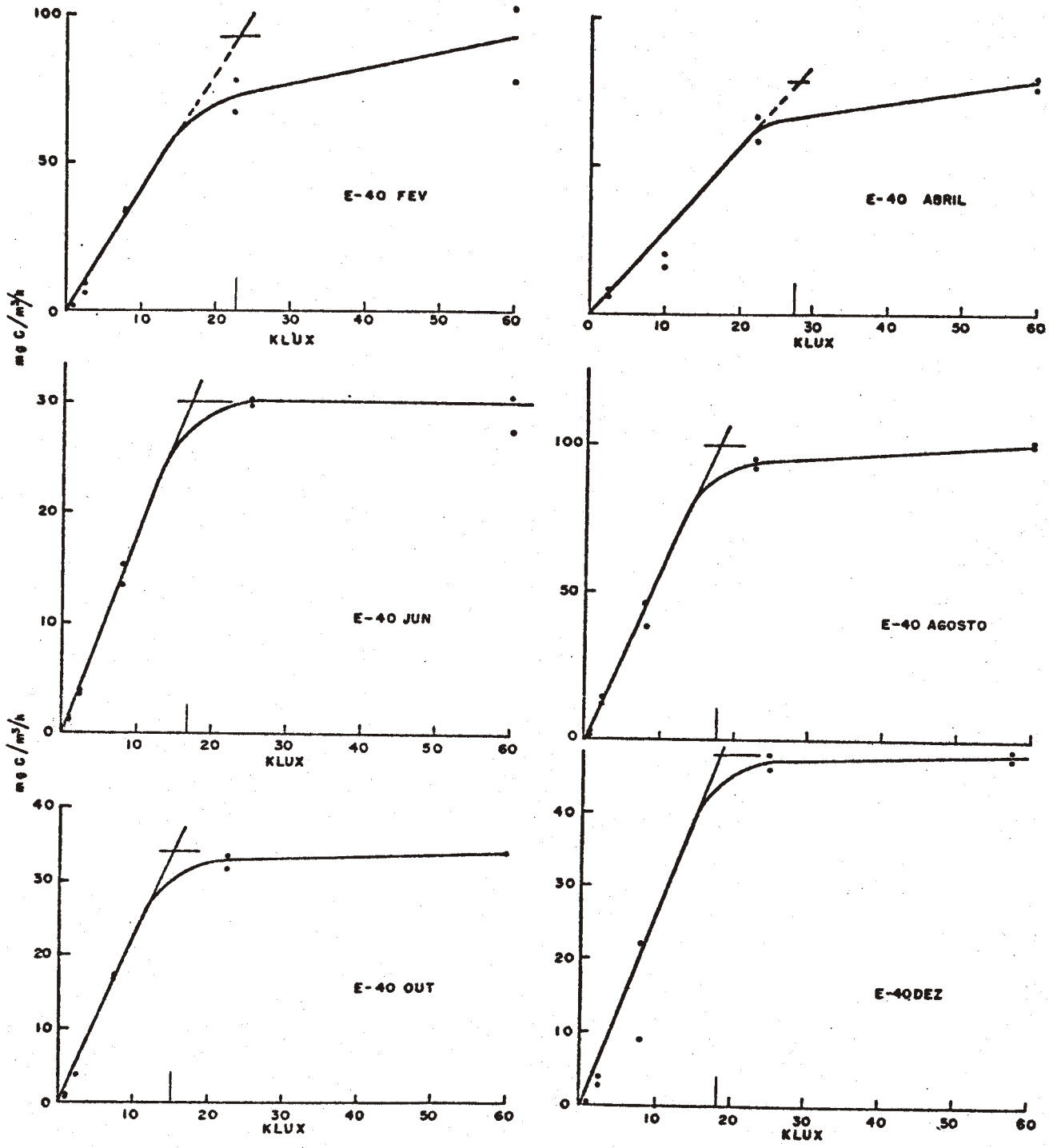

Fig. 5 - Curvas de luz-fotossíntese referentes às amostras da Estação 40. Determinação gráfica dos índices I_k.

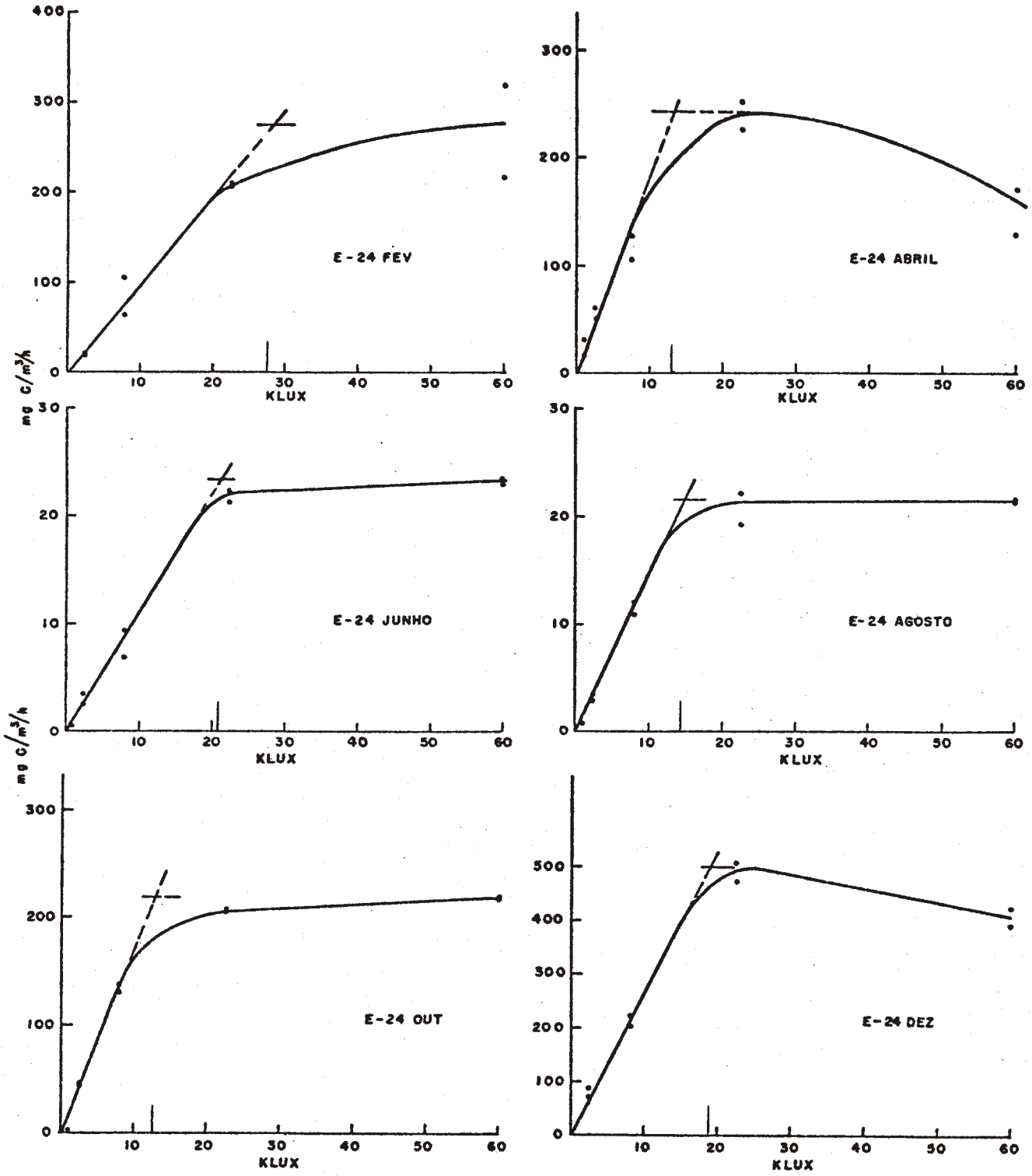

Fig. 6 - Curvas de luz-fotossíntese referentes às amostras da Estação 24. Determinação gráfica dos índices I_k.

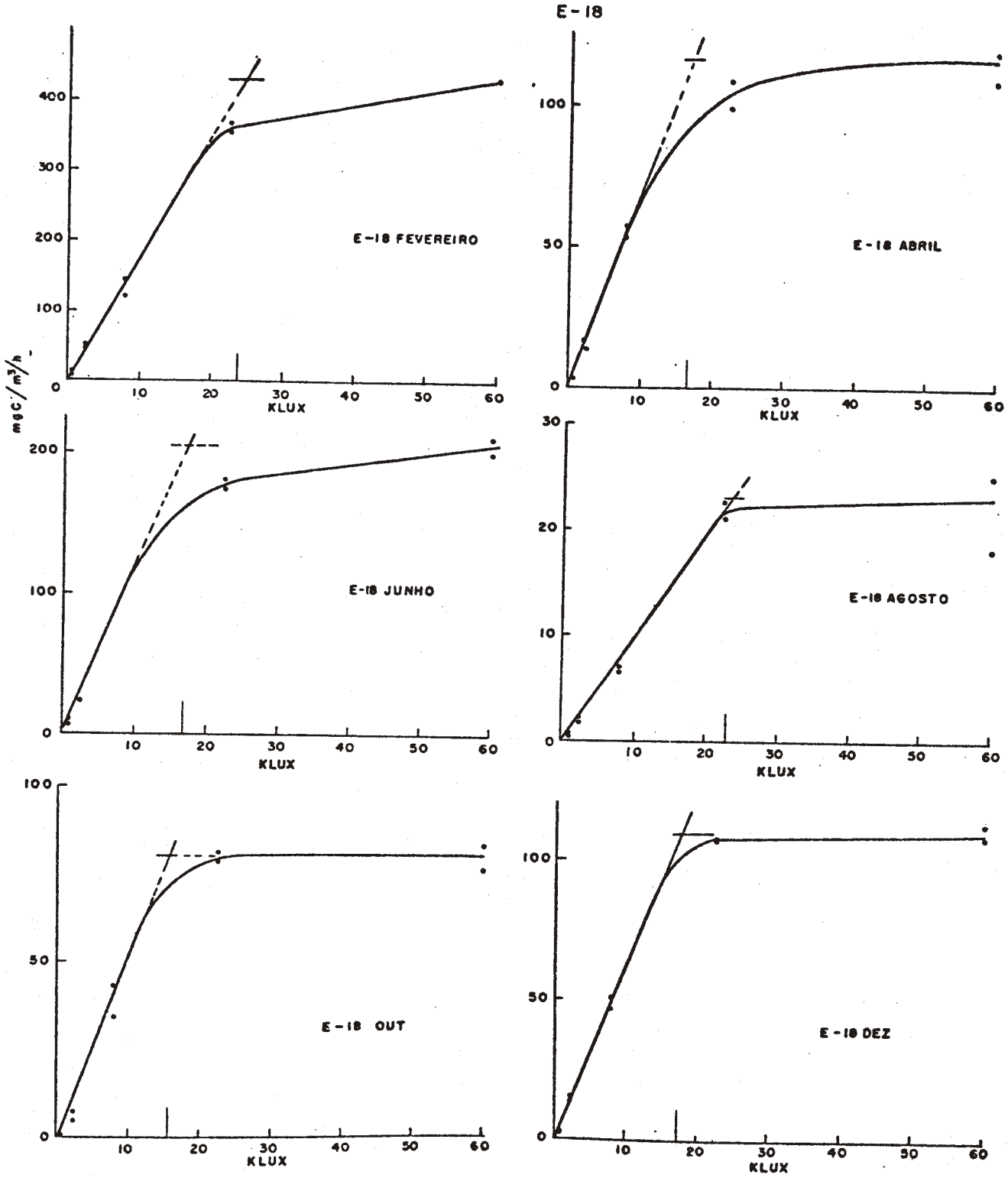

Fig. 7 - Curvas de luz-fotossíntese referentes às amostras da Estação 24. Determinação gráfica dos índeces I_k.

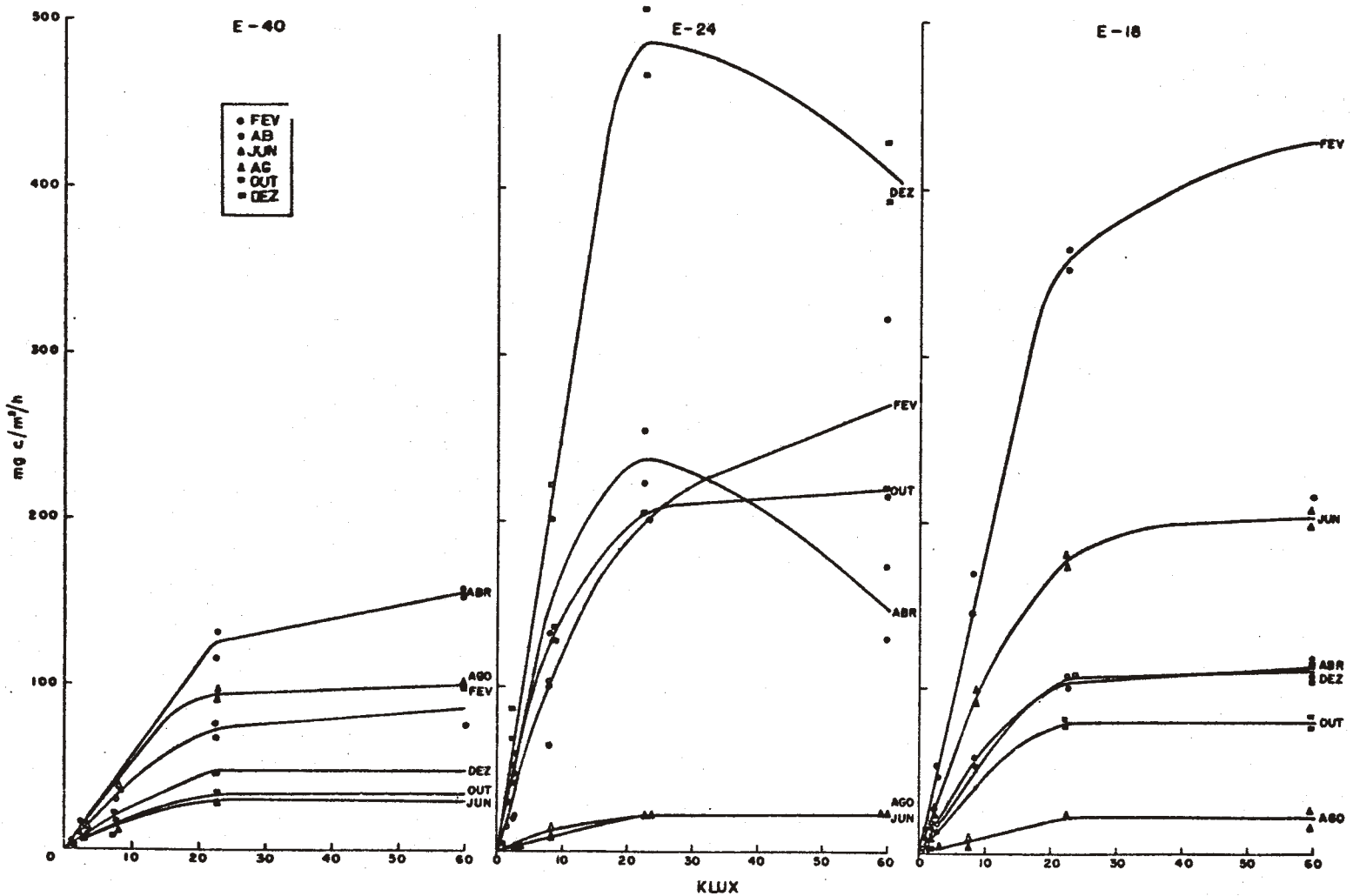

Fig. 8 - Comparação das diferentes curvas de luz-fotossíntese obtidas experimentalmente.

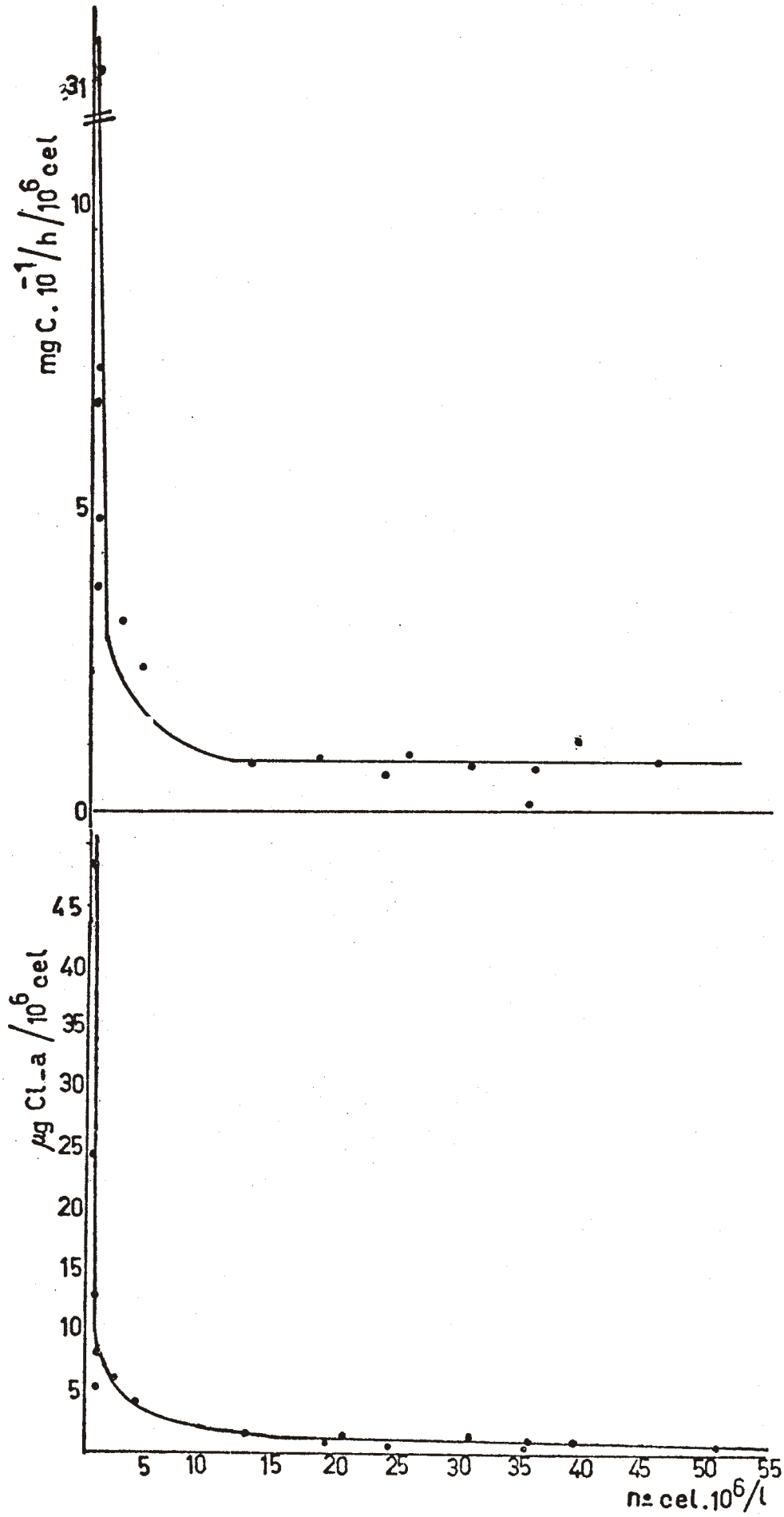

Fig. 9 - Concentração de clorofila-*a* relativa a 1 milhão de células em função do nº de células e Produção Primária relativa a 1 milhão de células em função do nº de células.

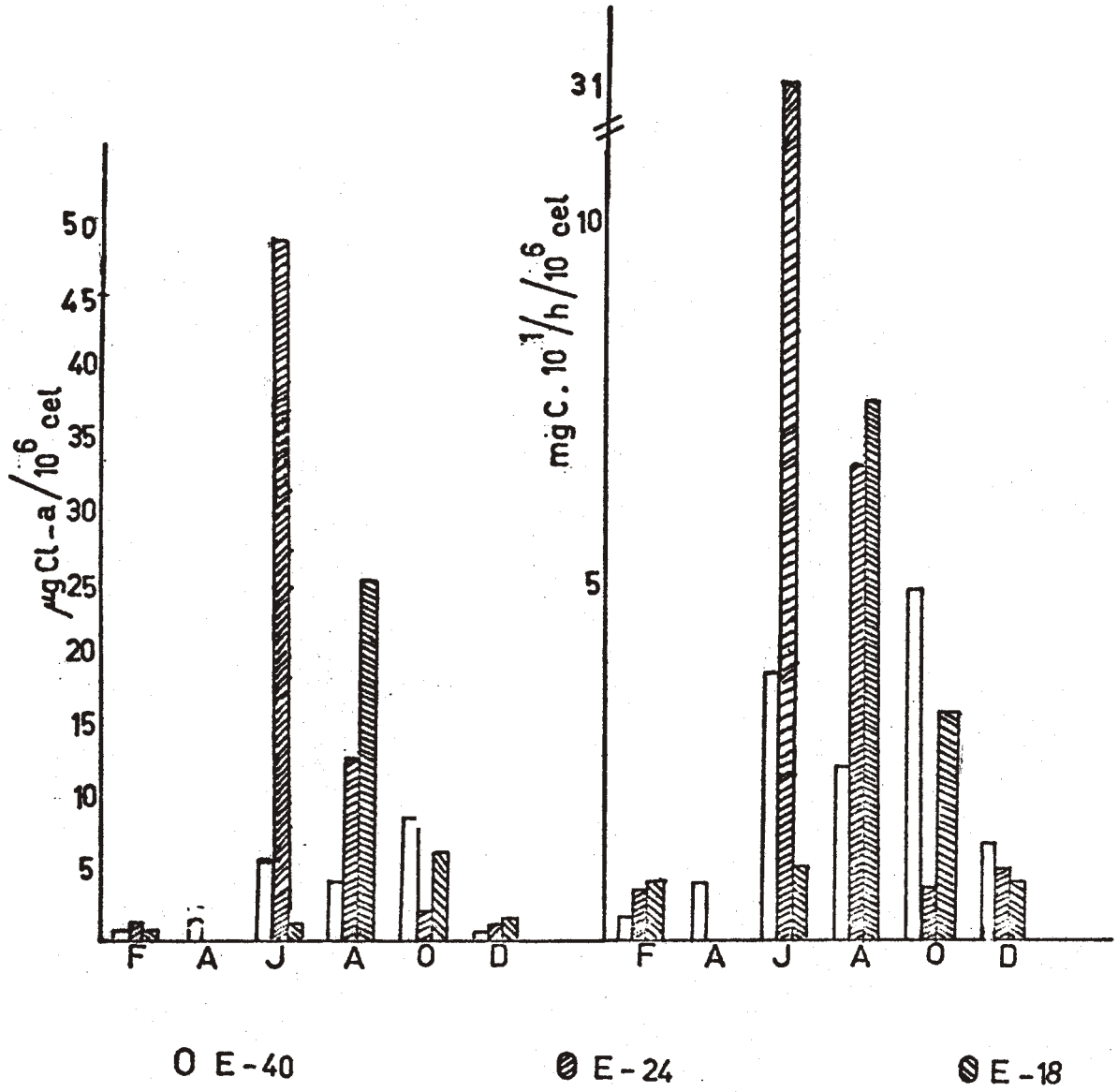

Fig. 10 - Variação temporal das razões µg cl-*a*/10^6 cel e mgC. 10^{-2}/h/10^6 cel.

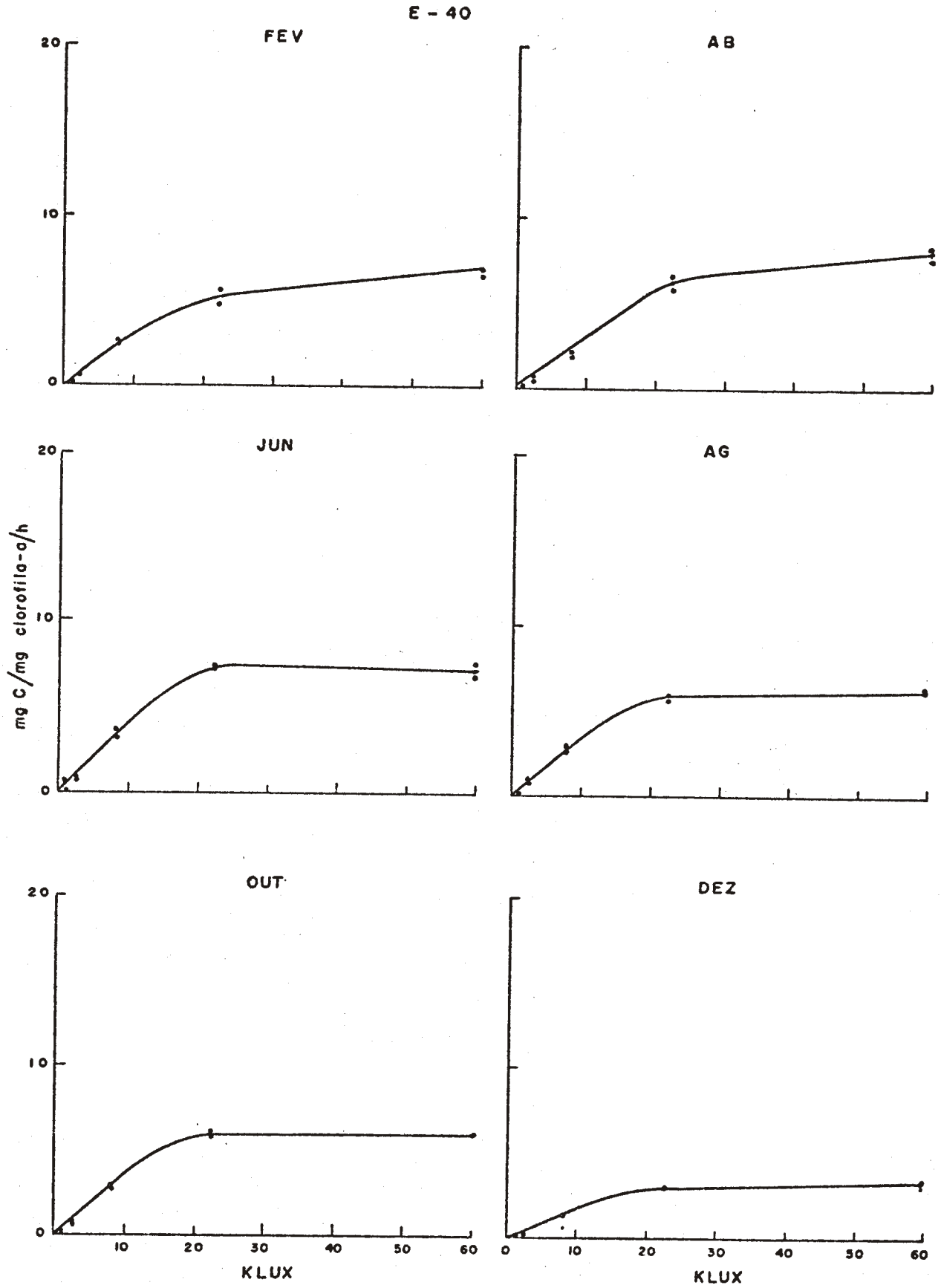

Fig. 11 - Curvas de luz-fotossíntese em função da clorofila-*a* referentes à Estação 40.

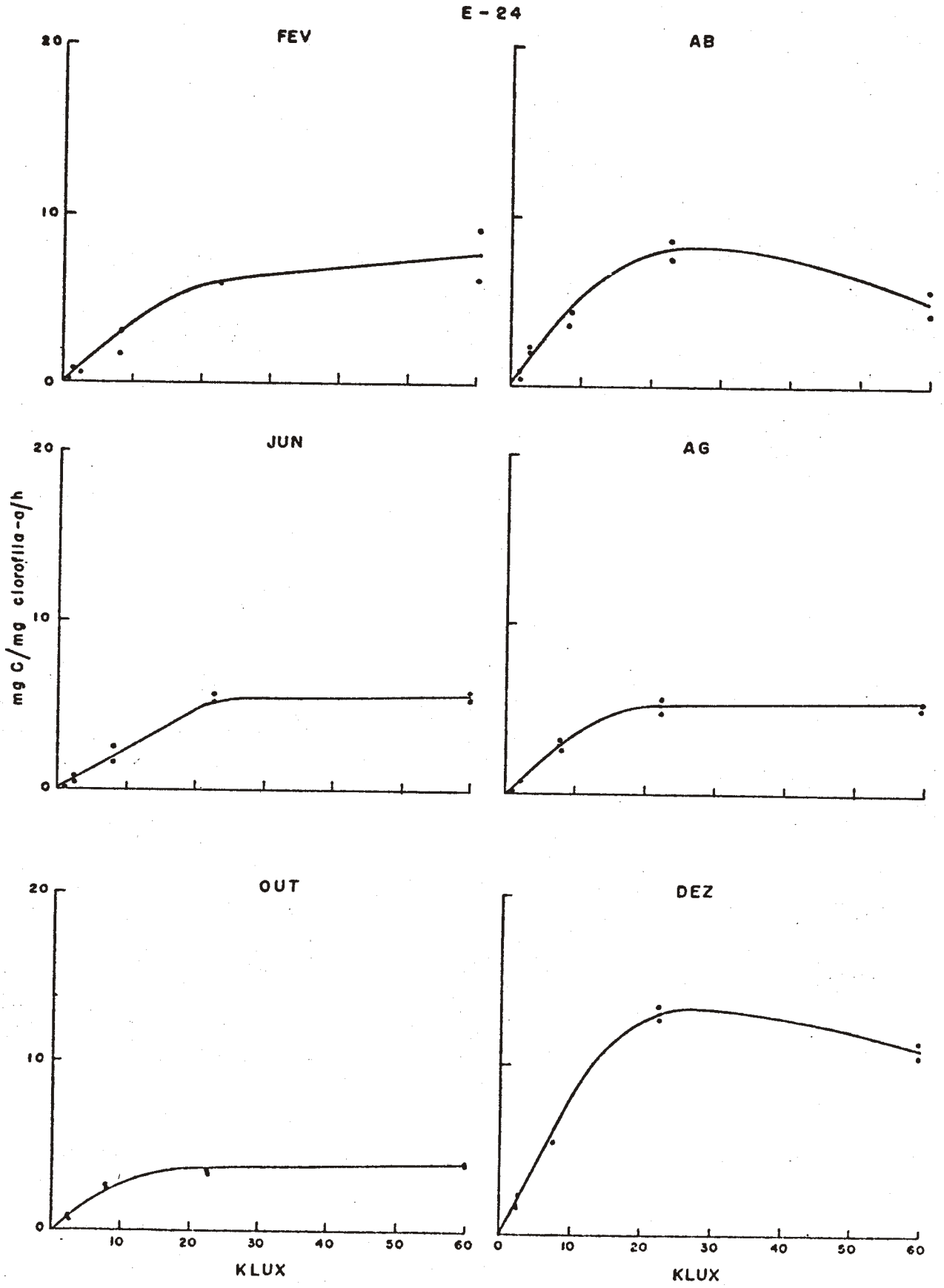

Fig. 12 - Curvas de luz-fotossíntese em função da clorofila-*a* referentes à Estação 24.

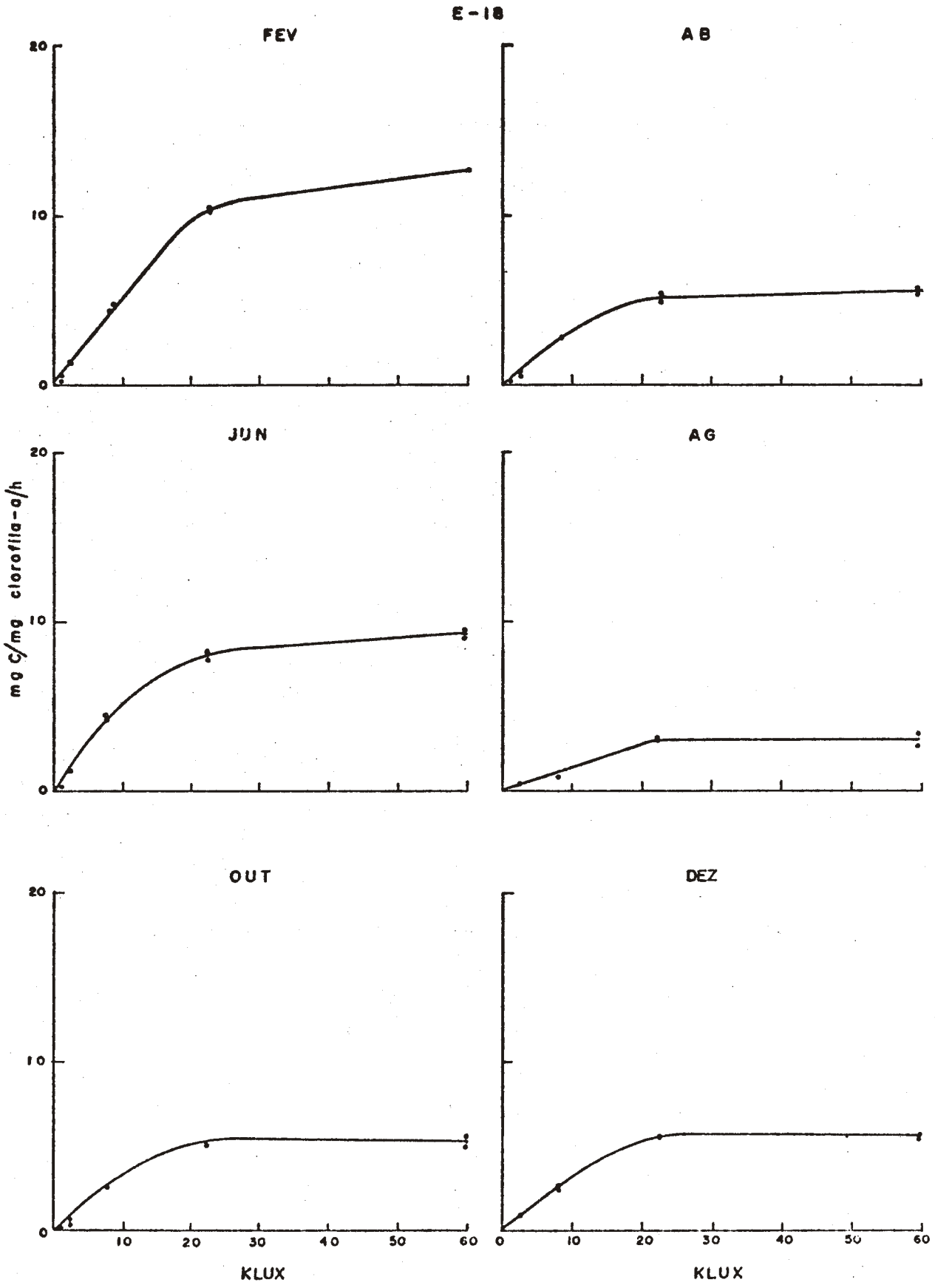

Fig. 13 - Curvas de luz-fotossíntese em função da clorofila-*a* referentes à Estação 18.