

CARACTERIZAÇÃO DE SISTEMAS DE LAGOAS DE  
ESTABILIZAÇÃO PROFUNDAS - LAGOAS EM SÉRIE

JOÃO FRANCISCO BACK

CARACTERIZAÇÃO DE SISTEMAS DE LAGOAS DE  
ESTABILIZAÇÃO PROFUNDAS - LAGOAS EM SÉRIE

Dissertação apresentada ao Curso  
de Mestrado em Engenharia Civil  
da Universidade Federal da Paraíba,  
em cumprimento às exigências  
para obtenção do grau de Mestre

ÁREA DE CONCENTRAÇÃO - RECURSOS HÍDRICOS

ORIENTADORES - Prof. ANNEMARIE KÖNIG

Prof. RUI DE OLIVEIRA

CAMPINA GRANDE - PB

1986

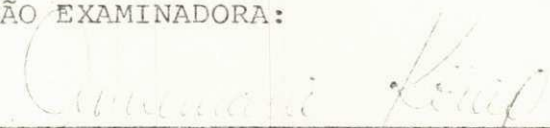
CARACTERIZAÇÃO DE SISTEMAS DE LAGOAS DE  
ESTABILIZAÇÃO PROFUNDAS - LAGOAS EM SÉRIE

JOÃO FRANCISCO BACK  
Engenheiro Agrícola

DISSERTAÇÃO SUBMETIDA AO CORPO DOCENTE DA COORDENAÇÃO DOS  
PROGRAMAS DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA DO CENTRO DE CIÊN  
CIAS E TECNOLOGIA DA UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA COMO  
PARTE DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU  
DE MESTRE EM CIÊNCIAS (M.Sc.).

Aprovada por:

COMISSÃO EXAMINADORA:



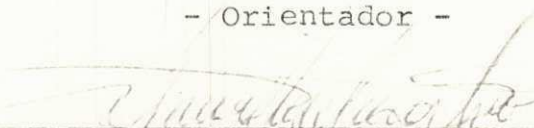
ANNEMARIE KONIG

- Presidente -



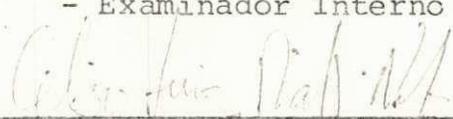
RUI DE OLIVEIRA

- Orientador -



SALOMÃO ANSELMO SILVA

- Examinador Interno -



CELSO LUIZ PIATTI NETTO

- Examinador Externo -

CAMPINA GRANDE  
ESTADO DA PARAÍBA - BRASIL  
AGOSTO - 1986



- B126c Back, João Francisco.  
Caracterização de sistemas de lagoas de estabilização profundas : lagoas em série / João Francisco Back. - Campina Grande, 1986.  
119 f.
- Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal da Paraíba, Centro de Ciências e Tecnologia, 1986.  
"Orientação : Profa. Annemarie König, Prof. Rui de Oliveira".  
Referências.
1. Lagoas de Estabilização Profundas. 2. Tratamento de Esgoto. 3. Caracterização da Água. 4. Dissertação - Engenharia Civil. I. König, Annemarie. II. Oliveira, Rui de. III. Universidade Federal da Paraíba - Campina Grande (PB). IV. Título

CDU 628.357.1(043)

## AGRADECIMENTOS

Aos professores Annemarie König e Rui de Oliveira pela orientação e constante apoio durante a pesquisa.

Ao professor Salomão Anselmo Silva - Chefe de Pesquisa da EXTRABES.

À equipe da EXTRABES pela sua imprescindível colaboração nos trabalhos de campo, José Taveira Leite, Rildomiro Carmo de Andrade, João Rafael Lins Guimarães e especialmente a Maria Ilma Cordeiro de Castro e José Soares.

À Fundação Faculdade de Educação, Ciências e Letras de Cascavel - FECIVEL.

Ao CNPq pelo suporte financeiro durante a realização do curso.

Aos seguintes órgãos convenientes da EXTRABES pelo suporte financeiro:

- . Universidade Federal da Paraíba - UFPB
- . Companhia de Água e Esgotos da Paraíba - CAGEPA
- . Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste - SUDENE
- . Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq
- . Financiadora de Estudos e Projetos - FINEP
- . Fundo de Incentivo à Pesquisa Técnico-Científica - FIPEC - BANCO DO BRASIL S/A.

OFERECIMENTO

À minha mãe, Felícia Back, pelo  
espírito de luta legado a mim  
e a seus outros onze filhos.  
A meu pai "in memoriam".

## RESUMO

O objetivo geral deste trabalho foi caracterizar um sistema de lagoas de estabilização profundas, tratando esgoto doméstico bruto, com relação à estratificação térmica, distribuição do fitoplâncton na coluna d'água e alterações da massa líquida decorrentes dessa distribuição. O sistema experimental era constituído de 5 (cinco) unidades, em escala piloto e constava de uma lagoa anaeróbia (A7) seguida de uma facultativa (F9) e três lagoas de maturação (M7, M8 e M9). Neste trabalho, no entanto foram analisadas apenas as 4 últimas lagoas. Os reatores investigados apresentavam cargas superficiais entre 97 e 400 Kg DBO<sub>5</sub>/ha.d e uma profundidade média de 2,20 m, exceto o último que tinha 2,25 m. O sistema estava localizado na Estação Experimental de Tratamentos Biológicos de Esgotos Sanitários (EXTRABES), na cidade de Campina Grande, Paraíba, Brasil (7°13'11"S, 35°52'31"O). Os trabalhos de campo abrangeram os meses de verão entre 25/11/85 e 29/04/86. Foram feitos experimentos com duração de 24 h e consistindo do levantamento, de 2 em 2 h, dos seguintes parâmetros ao longo da coluna d'água das lagoas: temperatura, oxigênio dissolvido, pH, clorofila a e identificação e contagem de células de algas. Foi verificada a existência de um ciclo diário de estratificação e mistura na massa líquida de todas as lagoas. Durante o período iluminado foi

observada a estratificação ao longo da coluna d'água, dos gêneros de algas flageladas, *Chlamydomonas*, *Pyrobotrys* e *Euglena*. As concentrações de clorofila a apresentaram grandes variações nos diferentes experimentos para uma mesma lagoa. Foi verificado que as variações da população de algas determinaram alterações significativas no pH e concentrações de oxigênio dissolvido na massa líquida das lagoas.

## ABSTRACT

The aim of this work is to study a system of deep waste stabilization ponds treating raw domestic sewage in relation to thermal stratification, phytoplankton distribution, in the whole water column. The experimental system comprised 5 pilot scale ponds in series: an anaerobic pond (A7) followed by a facultative pond (F9) and three maturation ponds (M7, M8 and M9). The study was carried out in the last four ponds. These ponds had a BOD superficial load varying from 400 to 97 kg BOD<sub>5</sub>.ha<sup>-1</sup>.day<sup>-1</sup> and mean depth of 2.20 m except the last pond (M9) with 2.25 m. The ponds were located at EXTRABES (Experimental Station for the Biological Treatment of Sanitary Sewage) in the city of Campina Grande - Paraíba State, Brazil (7°13'11"S, 35°52'31"W). The field work was carried out during the dry season between 25/11/85 and 29/04/86. Sixteen 24 hours - experiments were made, comprised of temperature measurements and collection of samples throughout the water column every two hours. Water samples were analysed for dissolved oxygen, pH, chlorophyll a, identification and counting of algae. All ponds presented a daily cycle of thermal stratification and mixing. During the light hours, flagellate algae eg *Chlamydomonas*, *Pyrobotrys* and *Euglena* showed stratification along the water column. Chlorophyll a concentration varied in the same pond for the different

experiments. Changes in the algae population caused significant alteration in pH and dissolved oxygen concentration of the pond water.

## ÍNDICE

|                                                                                                              | Página |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|
| 1. INTRODUÇÃO .....                                                                                          | 1      |
| 2. REVISÃO DE LITERATURA .....                                                                               | 4      |
| 2.1. Lagoas de estabilização em série .....                                                                  | 4      |
| 2.2. Atividade de bactérias e algas em lagoas de<br>estabilização .....                                      | 6      |
| 2.2.1. Bactérias .....                                                                                       | 7      |
| 2.2.2. Algas .....                                                                                           | 9      |
| 2.3. Influência dos microorganismos no balanço<br>de dióxido de carbono em lagoas de estabili<br>zação ..... | 18     |
| 2.4. Influência dos microorganismos na concentra<br>ção de oxigênio dissolvido .....                         | 20     |
| 2.5. Temperatura e estratificação térmica .....                                                              | 22     |
| 3. MATERIAIS E MÉTODOS .....                                                                                 | 27     |
| 3.1. Descrição do sistema experimental .....                                                                 | 27     |
| 3.2. Alimentação das lagoas .....                                                                            | 27     |
| 3.3. Metodologia da pesquisa .....                                                                           | 28     |
| 3.3.1. Parâmetros levantados ao longo da pro<br>fundidade das lagoas .....                                   | 29     |
| 3.3.2. Procedimentos analíticos .....                                                                        | 31     |

|                                                     | Página |
|-----------------------------------------------------|--------|
| 4. APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DE RESULTADOS .....     | 40     |
| 4.1. Dados meteorológicos .....                     | 40     |
| 4.2. Temperatura .....                              | 44     |
| 4.3. Identificação e contagem de algas .....        | 47     |
| 4.3.1. Gêneros predominantes de algas .....         | 48     |
| 4.3.2. Distribuição de algas na coluna d'água ..... | 50     |
| 4.4. Clorofila <u>a</u> .....                       | 53     |
| 4.5. Oxigênio dissolvido .....                      | 55     |
| 4.6. pH .....                                       | 60     |
| CONCLUSÕES .....                                    | 64     |
| REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....                    | 66     |
| ANEXO I .....                                       | 70     |
| ANEXO II .....                                      | 87     |

## 1 - INTRODUÇÃO

As lagoas de estabilização são reservatórios artificiais utilizados no tratamento de despejos das mais variadas naturezas, como esgoto doméstico, despejos industriais e agrícolas. Elas podem ser construídas em alvenaria ou contidas por diques de terra.

O dimensionamento adequado desses reatores permite obter um efluente final com o grau de purificação desejado, de acordo com a característica do corpo receptor, sem causar danos ao meio ambiente (SILVA, 1982).

Existem três tipos principais de lagoas de estabilização. De acordo com o processo biológico predominante na degradação da matéria orgânica, elas podem ser anaeróbias, facultativas e de maturação.

Os sistemas de tratamento de despejos com lagoas de estabilização apresentam substanciais vantagens em relação aos sistemas convencionais. Eles apresentam baixo custo de implantação e operação, suportam grandes variações de carga orgânica e hidráulica, além de remover altos níveis de organismos patogênicos e parasitos intestinais. A principal vantagem apresentada pelos sistemas de lagoas de estabilização é a extensa área necessária à sua implantação.

A EXTRABES, Estação Experimental de Tratamentos Biológicos de Esgotos Sanitários da UFPB, vem desenvolvendo estu

dos em lagoas com profundidades maiores que as convencionalmente utilizadas no sentido de reduzir a área superficial das lagoas. Este trabalho é uma parcela dessas pesquisas e visa caracterizar um sistema de lagoas em série.

O tratamento obtido em lagoas de estabilização é o resultado de uma complexa simbiose de bactérias e algas. LUDWIG et alii (1951) afirmam que a obtenção de altos graus de purificação do esgoto afluente se deve às bactérias que oxidam o carbono orgânico, contido no esgoto, para dióxido de carbono. Tal produto é a principal fonte de carbono para a síntese de material celular das algas. Por outro lado SLESS (1974) observa que o crescimento de algas é o principal fator que influi no desempenho das lagoas de estabilização. Por isso, dado o objetivo deste trabalho, alguns fatores que influenciam essa atividade e suas consequências no processo de purificação de águas residuárias são investigados. Neste sentido os objetivos específicos deste trabalho são os seguintes:

- a) Observar o comportamento das lagoas relativamente à estratificação térmica
- b) Estudar a distribuição do fitoplâncton em diferentes profundidades da lagoa
- c) Analisar as alterações da massa líquida decorrentes dessa distribuição.

Para substanciar este estudo, determinaram-se os seguintes parâmetros ao longo de coluna d'água das lagoas: temperatura, oxigênio dissolvido, pH, clorofila a, identifica-

ção e contagem dos gêneros de algas.

Os trabalhos de campo abrangeram os meses de verão entre 25/11/85 a 29/04/86. Esses trabalhos consistiram de 16 experimentos numa frequência semanal com duração de 24 horas.

O sistema estudado era constituído por uma série de cinco lagoas em escala piloto, alimentadas com esgoto doméstico bruto do sistema de esgotos de Campina Grande, Paraíba, Brasil. A coleta de amostras e as medições eram feitas de 2 em 2 horas em toda a coluna d'água no centro geométrico das lagoas.

Os fatores climáticos foram medidos na estação meteorológica anexa ao sistema experimental.

## 2 - REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 - Lagoas de estabilização em série

Um sistema de lagoas de estabilização em série constitui-se, normalmente, de uma lagoa anaeróbia, seguida de uma lagoa facultativa e um número de lagoas de maturação suficiente para oferecer um efluente com a qualidade desejada. Com relação ao uso de lagoas em série, MARAIS & SHAW, citados por PIATTI NETTO (1981); PARKER, citado por SLESS (1974) e SILVA & MARA (1979) afirmam que o efluente final de uma série de lagoas apresenta melhor qualidade do que aquele de uma única lagoa de área equivalente.

O grau de degradação do material orgânico do esgoto nesses reatores depende de fatores como natureza do esgoto, carga orgânica, condições de temperatura da massa líquida, intensidade de radiação solar, outras condições meteorológicas e tipo de fluxo hidráulico.

As lagoas anaeróbias são alimentadas com altas cargas orgânicas, caracterizando-se portanto em reatores sem oxigênio dissolvido. Nessas lagoas, além de ocorrer a sedimentação da matéria orgânica em suspensão, há uma remoção considerável da DBO solubilizada. Isto se deve à digestão anaeróbia, que não depende da radiação solar e por isso esses reatores não requerem grandes superfícies expostas. Por esta

razão esse tipo de lagoa pode apresentar de 2 a 4 m de profundidade (SILVA & MARA, 1979). Segundo os mesmos autores, a carga volumétrica necessária para manter a lagoa funcionando anaerobicamente situa-se entre 100 e 400 g DBO<sub>5</sub>.m<sup>-3</sup>.d<sup>-1</sup>. Além disso, fatores físicos, físico-químicos e biológicos afetam o desempenho desses reatores, entre os quais podemos citar: temperatura, tempo de detenção hidráulica, pH, alcalinidade, nutrientes, população de bactérias e presença de substâncias tóxicas.

As lagoas facultativas secundárias recebem efluentes de lagoas anaeróbias ou de outros sistemas de tratamento primário. A matéria orgânica em suspensão, remanescente, sedimenta nessas lagoas, formando uma camada de lodo que é degradada anaerobicamente. Nas camadas superficiais desenvolvem-se organismos fotossintetizantes, que utilizam os nutrientes e energia solar para produzir novo material celular com a liberação de oxigênio. Alguns desses nutrientes, encontrados no esgoto doméstico podem ser metabolizados imediatamente pelas algas, enquanto que outros precisam ser transformados pelas bactérias para posterior assimilação. As bactérias, nas camadas superiores, requerem a presença de oxigênio dissolvido para a oxidação da matéria orgânica.

A profundidade convencionalmente recomendada para esses reatores é 1,5 m (SILVA & MARA, 1979).

Tanto as lagoas anaeróbias como as facultativas requerem um tratamento adicional de seus efluentes. No caso de lagoas de estabilização este tratamento é obtido através de lagoas de maturação. Nessas lagoas há uma predominância de

condições aeróbias. As profundidades comumente usadas estão entre 1 e 1,5 m. No entanto essas lagoas podem manter-se em condições aeróbias até profundidades de 3,0 m, (SILVA & MARA, 1979).

A função principal dessas lagoas é a eliminação de organismos patogênicos. Vários autores citados por KÖNIG, (1984) sugerem que fatores biológicos, físico-químicos e climáticos são os responsáveis pela remoção desses organismos.

Um dos produtos do complexo processo de transformação do material orgânico do esgoto afluente são as algas. Estes microorganismos não constituem de forma alguma um risco para a saúde como ocorre com os sólidos do esgoto bruto que são altamente putrescíveis e servem de substrato a organismos patogênicos. As algas que são descarregadas em efluentes de lagoas de estabilização são relativamente estáveis e exercem uma pequena demanda de oxigênio nos corpos receptores, (LUDWIG et alii, 1951). Além disso essas algas são alimento vivo para outras formas de vida aquática e/ou podem manter-se por longo tempo nos corpos receptores. Possíveis mudanças na população de algas tais como renovação, envelhecimento ou morte serão determinadas pelas condições do novo meio aquático.

## 2.2 - Atividades de bactérias e algas em lagoas de estabilização.

A simbiose alga-bactéria é o mecanismo básico do processo de depuração de águas residuárias em lagoas de estabilização.

lização. Esse processo constitui-se num fenômeno natural de purificação de águas. De acordo com PATIL et alii (1975), a massa líquida das lagoas de estabilização ocupa um estágio intermediário entre água residuária bruta e água limpa.

O ecossistema formado pelas lagoas engloba uma enorme variedade de organismos. A dinâmica da população é extremamente influenciada pela disponibilidade de nutrientes e alterações bioquímicas do meio, carga orgânica, projeto físico e resulta numa marcante sucessão de organismos com a evolução do processo de depuração.

A matéria orgânica pode ser degradada sob condições aeróbias ou anaeróbias, formando diferentes compostos. O  $\text{CO}_2$  é um dos produtos finais desses processos. Alguns daqueles compostos formados sob condições anaeróbias são posteriormente oxidados aerobicamente (GOLDMAN et alii, 1972). Os produtos assim obtidos, tais como:  $\text{CO}_2$ ,  $\text{NH}_3$ ,  $\text{NO}_3^-$  e  $\text{PO}_4^{3-}$  são então absorvidos pelas algas que, na presença de luz solar, sintetizam novo material celular. As algas por outro lado, através da reação de fotossíntese, liberam oxigênio livre no meio líquido a partir das moléculas de água. As bactérias aeróbias utilizam esse oxigênio em sua respiração e assim se estabelece a atividade complementar entre esses organismos.

#### 2.2.1 - Bactérias

Dos tipos de bactérias presentes em lagoas de estabilização, alguns compreendem organismos de nutrição heterotrô

fica. Entre estas há as que utilizam o oxigênio livre como aceptor final de elétrons e são denominadas aeróbias. Outras respiram anaerobicamente e utilizam substâncias como nitratos, sulfatos e carbonatos como aceptores finais de elétrons. Existem também bactérias que são capazes de utilizar os dois processos e são conhecidas como facultativas.

O processo total da respiração de bactérias e outros microorganismos aeróbios aquáticos pode ser descrito pela seguinte fórmula:



A oxidação bacteriana aeróbia converte a matéria orgânica para dióxido de carbono, água, amônia e fosfato. Os principais gêneros que oxidam matéria orgânica por esse processo são as *Pseudomonas*, *Flavobacterium*, *Alcaligenes* (KÖNIG 1984), *Zooglea* e *Sphaerotilus*, (BRANCO, 1978). Essas bactérias em seu metabolismo utilizam o oxigênio livre produzido pelas algas ou por reaeração produzida na interface ar-superfície líquida, sendo que a reposição pela atmosfera pode ser considerada insignificante em lagoas de estabilização.

A amônia é por sua vez oxidada por outras bactérias em sua síntese orgânica para nitritos (*Nitrosomonas*), e estes para nitratos (*Nitrobacter*).

A predominância de grupos bacterianos em lagoas de estabilização é estabelecida pela capacidade de obter mais energia por unidade de matéria orgânica metabolizada, (Mc KINNEY, citado por SOARES, 1985).

### 2.2.2 - Algas

Contrariamente às bactérias as algas foram intensivamente estudadas em trabalhos com lagoas de estabilização. Em razão do volume de informações disponíveis sobre esses organismos e à sua complexidade, a sua atividade será estudada em partes ressaltando-se os seguintes aspectos: fotossíntese, pigmentos, principais gêneros de algas presentes em lagoas de estabilização, fatores que influem no crescimento e distribuição no meio aquático e as implicações das variações desses fatores.

#### a) Fotossíntese

O processo fotoquímico na sua mais simples forma pode ser descrito pela seguinte equação química:



Esta relação indica apenas os compostos iniciais necessários e os produtos formados pela fotossíntese. As algas na obtenção de novo material celular, liberam oxigênio molecular na solução, que segundo, STANIER et alii, (1969) deriva exclusivamente das moléculas de água. A síntese de material celular é obtida através da interação do pigmento verde de clorofila, luz solar, água e dióxido de carbono. Portanto esse processo ocorre apenas nas horas iluminadas do dia, enquanto que a respiração de algas e outros organismos aquáticos é contínua.

Um dos principais fatores que influenciam a atividade fotossintética é a intensidade luminosa. Nos ambientes aquáticos alguns aspectos devem ser considerados na utilização da energia radiante pelo fitoplâncton:

- . intensidade de luz incidente;
- . mudanças imediatas na passagem de luz pela superfície aquática;
- . mudanças na composição espectral com a profundidade.

As variações na intensidade de luz incidente são o resultado de uma complexa combinação de fatores climáticos, geográficos, etc. Por isso são verificadas mudanças de estação para estação e essas alterações tendem a ser mínimas em regiões tropicais, (ROUND, 1981).

A profundidade de penetração da radiação fotossinteticamente ativa é muito limitada. De um modo geral o comprimento de onda vermelho penetra menos do que o verde e o azul. Isto contudo é muito variável, pois vários fatores podem atenuar diferentemente os comprimentos de onda de luz, (ROUND, 1981; BONEY, 1976). ROUND (1981) observa que os comprimentos de luz verde e azul são rapidamente atenuados onde houver um denso crescimento de plancton ou a presença de substâncias que absorvem fortemente nestes espectros. BUSH et alii (1961) observaram em seus estudos com lagoas de estabilização que a intensidade de luz no meio líquido seguiu o padrão da radiação solar incidente, com os valores máximos ocorrendo entre 12 e 14 h.

A camada líquida onde a fotossíntese é possível é co-

nhecida como zona fótica. Ela pode ser definida pela profundidade onde apenas 1% da iluminação incidente na superfície permanece, (BONEY, 1976); ou a profundidade na qual os nutrientes começam a aumentar, (STEELE & YENTSCH, citados por ROUND, 1981). A sua extensão pode ser avaliada pelas determinações "in situ", da produtividade primária.

A zona de mistura é limitada pela profundidade onde o fitoplankton circula e influi sobremaneira na produção fotossintética. Nas regiões tropicais ela perde sua importância por que ocorre a estratificação das populações de algas (ROUND, 1981).

A profundidade de compensação se situa onde a luz disponível é apenas suficiente para que a taxa de síntese de compostos orgânicos se iguale com a taxa de respiração. Por outro lado onde as perdas pela respiração são superadas e há um início de crescimento da população ter-se-á a profundidade crítica.

#### b) Clorofila

A clorofila é o pigmento comum a todas as algas. Além da clorofila a esses organismos possuem clorofila b associada às algas verdes e c associada às aquelas marrons. O magnésio é o elemento básico na estrutura da molécula de clorofila a que apresenta a seguinte fórmula, segundo (HALL & RAO, 1976):



Outros pigmentos também compõem as células das algas,

tais como, caroteno, xantofila, etc. A clorofila a é, no entanto, o pigmento principal envolvido no processo fotossintético. Os demais pigmentos são secundários e funcionam como auxiliares ou acessórios, transferindo a energia absorvida para a clorofila a.

As clorofilas absorvem principalmente na porção vermelha do espectro. Os demais pigmentos absorvem diversamente o espectro de luz. Ao transferirem a energia absorvida para a clorofila a, a faixa do espectro efetiva para fotossíntese fica muito ampliada. Segundo BRANCO (1978), há indicações de que os pigmentos acessórios são mais eficientes na absorção de energia. Com a adição indireta dessa energia solar para o pigmento de clorofila a, a produção fotossintética é aumentada consideravelmente. Além disso os pigmentos acessórios exercem a importante função de proteção da clorofila a à degradação fotoquímica.

A determinação da concentração de clorofila a é um dos métodos indiretos para estimar a biomassa das algas em estudos com fitoplâncton. O seu uso vem sendo difundido na avaliação da população de algas. Isto se deve à relativa reprodutibilidade, simplicidade e rapidez deste método (RAI, 1980; ROUND, 1981). Contudo, as determinações da concentração de clorofila a devem ser feitas simultaneamente com a identificação, contagem e medição do volume das células, porque as algas apresentam grande variação de tamanho. A relação destes parâmetros só é válida com base na suposição de que a clorofila a é distribuída em todo o protoplasma da alga.

### c) Gêneros de algas predominantes

PALMER (1969) realizou um amplo estudo relativo às algas mais tolerantes à poluição. Esse autor observa que gêneros de algas verde azuladas (Cyanobactérias), flageladas pigmentadas, algas verdes e diatomáceas estão bem representa-das. Pela ordem decrescente de tolerância a altas cargas poluentes os principais gêneros são: *Euglena*, *Oscillatoria* , *Chlamydomonas*, *Scenedesmus*, *Chlorella*, *Nitzschia*, *Navicula* e *Stigeoclonium*. Ele indica que a *Euglena* é inegavelmente a forma mais tolerante à poluição orgânica.

De um modo geral as análises sistemáticas dos gêneros de algas presentes em lagoas de estabilização em regiões geográficas distintas não resultam em variações qualitativas , (SILVA & PAPENFUSS, citados por BRANCO, 1978). Já KÖNIG (1984) afirma que os tipos de algas encontrados em lagoas de estabilização variam consideravelmente, mas as algas presentes nos tratamentos de esgoto em lagoas pertencem, geralmente , aos seguintes filos: Cyanobacteria, Chlorophyta, Euglenophyta e Bacillariophyta.

Segundo MARA et alii (1983); KÖNIG (1984) e HARTLEY & WEISS (1970), os principais gêneros de algas que se desenvolvem em lagoas de estabilização são: *Euglena*, *Phacus*, *Chlamydomonas*, *Chlorogonium*, *Eudorina*, *Pandorina*, *Stichococcus*, *Pyrobotrys*, *Ankistrodesmus*, *Chlorella*, *Micractinium*, *Scenedesmus*, *Selenastrum*, *Carteria*, *Coelastrum*, *Dictyosphaerium*, *Oocystis*, *Rhodomonas*, *Volvox*, *Navicula*, *Cyclotella*, *Oscillatoria*, *Spirulina* e *Lingbya*. Observações feitas por SLESS (1974); BUSH et alii (1961); BOKIL & AGRAWAL (1977); DUST & SHINDALLA (1970); SHILLIN

GLAW & PIETERSE (1977); de NOYELLES Jr. (1967), estão de acordo com os resultados obtidos por aqueles autores, mas com variações na predominância e presença desses gêneros de algas.

A carga orgânica parece influenciar a flora de algas no meio aquático mais do que outros fatores como intensidade de luz, pH, oxigênio dissolvido, vazão, tamanho do corpo d'água, temperatura e presença de outros poluentes, (FITZGERALD & ROHLICH, citados por TCHÖRTNER, 1967; PALMER, 1969). Num sistema de lagoas em série há uma relação inversa entre o número de gêneros presentes e a carga orgânica aplicada (SLESS, 1974 ; de NOYELLES Jr, 1967; KÖNIG, 1984).

As variações climáticas e das características do esgoto são acompanhadas por alterações do fitoplankton (TSCHÖRTNER, 1967).

Segundo de NOYELLES Jr (1967), em lagoas sujeitas a grandes períodos de anaerobiose, *Chlamydomonas* é o único gênero que se desenvolve. Já *Chlorella* pode crescer em altas cargas orgânicas mas os períodos anaeróbios devem ser pouco extensos. O gênero *Euglena* desenvolve-se em cargas muito variáveis, de ambientes idênticos àqueles que favorecem o aparecimento de *Chlorella* até níveis de carga orgânica baixos. Ela utiliza a amônia como única fonte de nitrogênio e pode então ser mais dependente da amônia do que das fontes de carbono (de NOYELLES Jr, 1967; NEEL et alii, 1961). As cyanobactérias, especialmente *Oscillatoria*, crescem em meios com altas cargas orgânicas, porém não são restritas a esses meios. *Scenedesmus* e *Ankistrodesmus* requerem meios com cargas bem menores do

que aqueles requeridos por *Chlamydomonas* e *Chlorella*.

De acordo com NEEL et alii (1961) os gêneros *Phacus* e *Pyrobrathys*, são capazes de desenvolver-se em altas cargas orgânicas e períodos de anaerobiose como *Chlamydomonas*. Os gêneros *Scenedesmus* e *Ankistrodesmus* podem utilizar o bicarbonato diretamente, e OSTERLING & RODHE, citados por de NOYELLES Jr. (1967) indicam que isto justificaria a sua predominância em meios com baixos níveis orgânicos e altos valores de pH.

d) Crescimento e distribuição do fitoplâncton na coluna d'água.

De acordo com ODUM, citado por TSCHÖRTNER (1967) a produção de biomassa pelo processo fotossintético pode ser limitada por:

- Redução do fluxo de nutrientes;
- Conversão de nutrientes para formas não assimiláveis;
- Redução da luz efetiva;
- Aumento da predação;
- Remoção física de algas.

A luz solar efetiva para a produção fotossintética somente é disponível na zona fótica. Contudo, intensidade de luz excessiva pode ser prejudicial ao processo fotoquímico. Segundo, BONEY (1976) a inibição de fotossíntese tem sido observada em ambientes aquáticos supersaturados de luz.

No item 2.2.2.a foi discutido que há uma variação na intensidade de luz na coluna d'água. O item 2.2.2.b indica que a predominância de certos pigmentos acessórios induzem à ab

sorção de comprimentos de onda específicos do espectro solar. Isto poderia constituir-se numa explicação para os fenômenos de adaptação, a regiões monocromáticas, observados em organismos fotossintetizantes.

BONEY (1976); HARTLEY & WEISS (1970) e ROUND (1981) afirmam, por outro lado, que as algas possuem um desenvolvimento máximo em diferentes intensidades de luz. Por isso, valores acima ou abaixo desses níveis ótimos para cada gênero de alga, induzem as mesmas a migrarem para zonas de luz mais adequadas quantitativa e qualitativamente ao seu crescimento.

Em experimentos realizados por SLESS (1974) ficou demonstrado que a intensidade da luz incidente decai logaritmicamente com a profundidade. O limite inferior da zona fótica foi medido entre 20 e 25 cm em lagoas facultativas e entre 40 e 60 cm em lagoas de maturação finais das séries estudadas. Onde havia uma nítida estratificação de algas flageladas, *Euglena* e *Chlamydomonas*, essa profundidade diminuiu para 10 a 15 cm. Foi observado ainda que a penetração de luz aumentou de lagoa para lagoa numa série sujeita a baixas cargas orgânicas. Contudo, isso não foi verificado em lagoas submetidas a altas cargas.

HARTLEY & WEISS (1970), observaram que a *Euglena rostrifera* estratificou em intensidades de luz próximas de  $75 \text{ C.ft}^{-2}$ . Os autores comentam que esta seleção pareceu constituir-se numa fuga de intensidades de luz maiores. No período noturno esta alga migrou para o lodo, nutrindo-se quimicamente, e nas determinações noturnas não havia ne-

nhuma *Euglena rostrifera* na coluna d'água. A distribuição das algas flageladas foi irregular, apresentando flutuações diárias em diferentes profundidades. SLESS (1974) indica que as concentrações máximas de algas ocorreram à tarde e isto estava associado com a migração de *Chlamydomonas* para camadas superiores. E mesmo em lagoas onde as algas flageladas estavam ausentes foi observado um aumento da concentração de algas no período da tarde.

MARA et alii (1983) observaram que em lagoas facultativas primárias as algas estratificaram próximas da superfície em profundidades de 10 - 15 cm. e que elas moveram-se verticalmente em resposta às variações de intensidade de luz. Esses autores não verificaram estratificação nas lagoas de maturação, que apresentaram concentração homogênea de clorofila a no ciclo diário. Contudo a atividade fotossintética, avaliada pela produtividade primária, nessas lagoas ocorreu em profundidades maiores que 60 cm, enquanto que nas lagoas facultativas essa profundidade ficou limitada aos 24 cm superficiais.

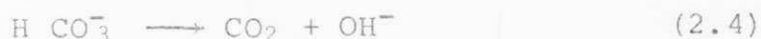
Em estudos realizados na EXTRABES, KÖNIG (1984) verificou que a estratificação máxima ocorreu entre 12 e 14 horas nas lagoas facultativas. Em amostras tomadas ao amanhecer, 4 h e 45 min a distribuição de algas na coluna d'água apresentava-se homogênea. No horário das 8 h já havia uma estratificação evidente, apresentando concentrações máximas na profundidade de 5 cm. Em amostras posteriores, as determinações de clorofila a indicaram uma migração para níveis inferiores (entre 15 e 40 cm). As análises feitas ao anoi-

tecer, 17 h e 30 min., caracterizavam o rompimento na estratificação. Esta autora observa que houve uma predominância de gêneros flagelados em lagoas facultativas nitidamente estratificadas, enquanto que as lagoas de maturação, com a predominância de algas não flageladas, apresentaram-se pouco estratificadas. Os resultados obtidos evidenciam a idéia de que as algas flageladas se movem em resposta à luz.

### 2.3 - Influência dos microorganismos no balanço de dióxido de carbono em lagoas de estabilização.

Os valores de pH em lagoas de estabilização estão sujeitos a grandes variações no ciclo diário. Essas variações são devidas principalmente ao consumo de dióxido de carbono pelos organismos fotossintetizantes. O dióxido de carbono é o principal composto produzido pela oxidação bacteriana da matéria orgânica. A sua concentração pode ser bastante reduzida, nas horas iluminadas, quando a atividade fotossintética, supera a respiração das bactérias e das próprias algas. Em períodos não iluminados quando houver apenas respiração, os níveis de dióxido de carbono são reestabelecidos.

A escassez de CO<sub>2</sub> pode levar as algas a utilizar o bicarbonato da alcalinidade do esgoto de acordo com a reação:



O consumo do CO<sub>2</sub> numa taxa superior àquela da reposição através de difusão atmosférica, respiração bacteriana

e processos de fermentação levam a um aumento no pH. Este aumento pode afetar o crescimento de algas de várias maneiras que, incluem:

a) Mudança nas espécies do carbono: o  $\text{CO}_2$  dissolvido é reduzido em concentração e gradativamente substituído por  $\text{HCO}_3^-$  e  $\text{CO}_3^{--}$ ;

b) Precipitação de outros elementos essenciais ao crescimento de algas (fósforo);

c) Volatilização de amônia.

Gradientes verticais de pH indicam a predominância de atividades biológicas diferentes na coluna d'água, ou seja, fotossíntese na zona fótica e processos de redução anaeróbica nas zonas mais profundas. Segundo GOLDMANN et alii (1972) a estratificação térmica mantém estes gradientes nas horas iluminadas.

SLESS (1974) em estudos realizados em Israel observou que grandes mudanças de pH ocorreram apenas nos primeiros 30 a 40 cm de profundidade que corresponderam à zona fótica. No período noturno evidenciava-se uma completa homogeneização das lagoas, com os valores de pH igualando em toda a massa d'água. BOKIL & ACRAWAL (1977); MORENO-GRAU et alii (1984); de NOVELLES Jr (1967) atribuem o decréscimo de pH com a profundidade às condições anaeróbicas que liberam  $\text{CO}_2$  e  $\text{H}_2\text{S}$  na massa líquida. SLESS (1974) observa ainda que altos níveis de pH estão associados com a maior remoção de nutrientes. Ele indica que isto leva à precipitação do ortofosfato e a volatilização de amônia e que a remoção desses elementos cresce de lagoa pa-

ra lagoa numa série de lagoas.

MILLER et alii (1977) citando ABELIOVICH & AZOV, observam que valores altos de pH inibem seriamente o crescimento de algas atribuído à formação de amônia. BUSH et alii (1961) e SLESS (1974) apoiam este ponto de vista e indicam que a maioria das algas crescem em pH entre 7,0 e 8,5. Contudo SLESS (1974) observa que o gênero *Scenedesmus* foi dominante em valores de pH entre 9,4 e 10,3 na última lagoa de uma série. Esse autor acrescenta ainda que a operação de lagoas de estabilização em série induz a um aumento de pH de lagoa para lagoa, independente do gênero e concentração de algas. Por outro lado, SHILLINGLAW & PIETERSE (1977) observaram que altos valores de pH geralmente coincidem com grandes concentrações de algas. Eles afirmam que o metabolismo das algas determina primariamente o pH da água. Já PATIL et alii (1975) estudando lagoas facultativas em Dharwar, Índia, indicam que as variações de pH foram semelhantes àsquelas da temperatura e que os valores diários foram associados com proporcionais variações na intensidade solar e temperatura.

#### 2.4 - Influência dos microorganismos na concentração de oxigênio dissolvido.

A concentração de oxigênio dissolvido é um parâmetro de fácil medição. O estudo de sua distribuição num corpo d'água fornece uma série de informações diretas e indiretas, como atividade bacteriana, fotossíntese, estratificação de organismos, disponibilidade de nutrientes, etc.

Nas águas com altas concentrações de algas, a medida de oxigênio representa a produção fotossintética menos o consumo por respiração e a perda por difusão para a atmosfera em meios supersaturados.

O aumento nas concentrações de oxigênio dissolvido afeta o crescimento de algas e GESSNE & PANNIER, citados por ROUND (1981) acham que a respiração de algas diminui com a saturação de oxigênio. ROUND (1981) observa ainda que ocorre inibição da fotossíntese em algumas circunstâncias, especialmente em meios supersaturados de oxigênio, com baixos níveis de carbono (efeito Warburg).

Em estudos realizados por SLESS (1974), nas horas de insolação, em lagoas primárias, a atividade fotossintética ficou restrita aos 40 cm superficiais. Altas concentrações de oxigênio dissolvido foram medidas em níveis muito superficiais. Ele acrescenta que foi verificado um pequeno aumento no final da tarde em níveis um pouco inferiores (40 a 80 cm). Por volta da meia noite as concentrações de oxigênio dissolvido igualaram-se em toda a coluna d'água. Ele observa ainda que nas lagoas primárias o oxigênio dissolvido estava ausente em todas as profundidades desde o início da noite até as primeiras horas da manhã, enquanto que nas lagoas secundárias e terciárias condições anóxicas foram detectadas apenas nas maiores profundidades no período não iluminado. PATIL et alii (1975) indicam que as maiores concentrações de oxigênio dissolvido em lagoas de estabilização ocorreram durante as horas da tarde. NEEL et alii (1961) acrescentam que isto é um fenômeno normal diário. Estudos realizados por

HARTLEY & WEISS (1970) confirmam essas observações. Esses autores obtiveram concentrações de até 16 mg/l às 16 horas em profundidades entre 15 e 30 cm. Eles também observaram um rápido declínio nas concentrações de oxigênio dissolvido entre 16 e 18 horas.

## 2.5 - Temperatura e estratificação térmica.

O aquecimento e a distribuição de calor, na massa d'água estão entre as características mais importantes do meio aquático, e induzem a implicações de grande alcance. A radiação solar incidente é absorvida pela massa d'água, provocando o seu aquecimento de duas formas:

- . Absorção total da luz infravermelha, nos primeiros milímetros, em qualquer tipo de corpo d'água. Por isso a camada superficial torna-se distintamente mais aquecida que aquelas inferiores (REMMERT, 1982).

- . Atenuação gradual de outros comprimentos de onda de luz.

Uma grande parcela da energia que incide na massa d'água é perdida por irradiação noturna e no fenômeno da evaporação. Há ainda perdas por condução ao ar e para o fundo da lagoa. A diferença de temperatura entre a camada de ar que se acha em contato com a superfície d'água e a massa líquida constitui-se condição necessária para que haja transferência de calor entre ambas. O calor que permanece na massa d'água é então o responsável pelos movimentos internos resul

tantes das diferenças de densidade das camadas formadas pelo ciclo diário de radiação solar.

A intensidade de luz incidente varia com a localidade, estação do ano, hora do dia, etc. Na massa d'água há também uma diminuição de intensidade de luz com a profundidade. A magnitude de penetração de luz no meio aquático depende da concentração de material pigmentado e não pigmentado em suspensão. A atenuação dos vários comprimentos de onda é muito variável, mas de um modo geral o comprimento de onda vermelho penetra menos que aqueles verde e azul (ROUND, 1981). A energia radiante que é absorvida pela massa d'água é convertida em energia calorífica. O calor também é estratificado pela passagem de luz e por isso é maior na superfície. Isso acontece especialmente em águas turvas, como no caso de lagoas de estabilização, onde somente as camadas muito superficiais são bastante aquecidas pela radiação solar.

A transferência de calor dessas camadas para regiões mais profundas se realiza principalmente pelos movimentos de circulação. Esses movimentos se devem notadamente ao gradiente de densidade entre as camadas de diferentes temperaturas ou também pela ação dos ventos. A pressão exercida pelos ventos na superfície da lagoa, movimenta e mistura a água quente em direção ao fundo. A condução de calor através da massa d'água é extremamente lenta e BRANCO (1978), observa que a sua influência nos fenômenos térmicos existentes na massa d'água pode ser considerada desprezível.

A estabilidade da estratificação térmica em regiões tropicais é idêntica àquela ocorrida em águas de regiões tempe

radas. Porém, as variações de densidade da água em altas temperaturas, quando houver um gradiente térmico, são maiores que nas baixas temperaturas. Entre as temperaturas de 24 e 25°C observa-se uma variação de densidade trinta vezes maior que entre as temperaturas de 4 e 5°C, KLEEREKOPER, citado por BRANCO (1978). Consequentemente, diferenças de poucos graus, entre as camadas formadas nas lagoas, em clima tropical, são suficientes para condicionar uma diferença de densidade de magnitude tal que proporciona uma alta estabilidade de estratificação térmica. Essa diferença de densidade dá origem a misturas muito mais intensas, quando houver um leve resfriamento das camadas superficiais, pelo afundamento das mesmas no período não iluminado.

A formação de estratificação térmica numa lagoa de estabilização, em regiões tropicais, possui um ciclo diário. Durante esse tempo ele pode apresentar varias fases, dependendo das condições meteorológicas do período:

a) Havendo a presença de ventos, pela manhã, ter-se-á um período de mistura completa, com temperaturas uniformes em toda a massa d'água;

b) Em intervalos com ventos fracos e forte incidência de luz solar, há o desenvolvimento de estratificação térmica, com a formação de termoclina. A temperatura acima da termoclina chega a um máximo e depois disso gradualmente atinge um valor próximo à temperatura do solo;

c) No entardecer ou à noite pode haver um segundo período de mistura. A camada superior perde calor para a atmosfera mais rapidamente que aquelas mais profundas. Devido à

diferença de densidade, as camadas superiores afundam, induzindo à mistura que gradualmente provocará uma uniformidade de temperatura em toda a lagoa. Havendo a presença de fortes ventos esse processo é acelerado. Nesse caso há uma progressiva mistura entre as camadas adjacentes à termoclina provocando o seu deslocamento para o fundo, até que a temperatura seja uniforme em toda a massa d'água. O vento influencia sobremaneira a mistura da massa d'água. Segundo SILVA & MARA (1979) é necessária uma distância de 100 m sem obstrução para que se tenha uma mistura máxima pela ação do vento. A ação do vento está relacionada também com as dimensões da lagoa, sendo proporcional à extensão da mesma em direção ao vento. Por esta razão, as lagoas profundas, por apresentarem menores dimensões superficiais, estão sujeitas à estratificação térmica por um período maior (SOARES, 1985).

A estratificação desenvolve-se rapidamente, especialmente em dias muito ensolarados. As camadas aquecidas próximas da superfície estão separadas das camadas mais frias, inferiores, por uma delgada camada estática de grande mudança de temperatura. Essa região de rápido decréscimo de temperatura é conhecida como termoclina. As algas motoras estratificam-se normalmente acima dessa camada, nas horas iluminadas, entre 10 e 15 cm de profundidade, (SLESS, 1974; MARA et alii, 1983). As algas não motoras ficam retidas abaixo dessa camada, onde exercem DBO, uma vez que a fotossíntese nessa profundidade é insignificante (ROUND 1981).

Em estudos realizados por HARTLEY & WEISS (1970), a estratificação térmica foi verificada em todas as estações do

ano, exceto no inverno. No verão as temperaturas variaram de 21 a 30°C. SLESS (1974) observou gradientes de 8 a 15 °C nessa estação do ano em dias com intensa radiação solar. Porém, no inverno, nos dias ensolarados esses gradientes foram de apenas 2 a 3°C e foi ausente nos dias nublados.

De acordo com BUSH et alii (1961) as variações de temperatura na água de lagoas terciárias, mostraram um padrão cíclico similar àquele da radiação solar. As temperaturas máximas foram medidas em torno de 14 h, com poucas variações entre 12 e 16 h. Os autores observaram que a intensidade de radiação aumentou rapidamente entre 6 e 9 h e cresceu gradualmente até atingir um máximo entre 12 e 13 h. A partir daí até 20 h, um decréscimo gradual foi observado. Estes resultados são semelhantes àqueles obtidos por HARTLEY & WEISS (1970) sendo que estes acrescentam que a variação média de temperatura a cada 15 cm de profundidade pode ser tomado como sendo de aproximadamente 1°C.

A estratificação térmica pode causar vários problemas na operação de uma lagoa de estabilização entre os quais pode-se citar a formação de zonas estagnadas. Estas favorecem a ocorrência de curto-circuitos hidráulicos. O pior efeito da estratificação térmica se deve à reduzida mistura vertical da água, a qual restringe o restabelecimento de nutrientes a partir de camadas mais profundas. Consequentemente há a permanência, abaixo da termoclina, de uma rica camada de nutrientes não disponíveis para as algas até que a estratificação térmica seja rompida. Além disso as algas não motoras têm na mistura o seu único meio de atingir a zona fótica.

### 3 - MATERIAIS E MÉTODOS

#### 3.1 - Descrição do sistema experimental

O sistema de lagoas em série, utilizado nos experimentos, era constituído de cinco (5) unidades em escala piloto. A primeira unidade era uma lagoa anaeróbia (A7), alimentada por esgoto doméstico bruto. Esta lagoa era seguida por uma lagoa facultativa secundária (F9) e três lagoas de maturação (M7, M8 e M9). As paredes eram de alvenaria, verticais e revestidas interna e externamente com argamassa de cimento e areia. O fundo recebeu o mesmo revestimento para não permitir infiltrações e vazamentos. Os dispositivos de entrada e de intercomunicação entre as unidades foram projetados para permitir um fluxo de baixo para cima dos afluentes de cada lagoa. Um esquema em planta das instalações utilizadas na pesquisa é apresentado na figura 3.1. A figura 3.2 apresenta o sistema de lagoas piloto em planta e em corte.

As características físicas do sistema experimental estão indicadas no quadro 3.1.

#### 3.2 - Alimentação das lagoas

A alimentação do sistema de lagoas em estudo era efetuada através de uma bomba de velocidade variável (WATSON

MARLOW, FALMOUTH, INGLATERRA, modelo HRSV). O uso desta bomba permitiu um bom controle de vazão já que, durante o período experimental as variações verificadas quinzenalmente foram de  $\pm 2\%$ . A bomba trabalhava afogada e succionava o esgoto de um tanque de nível constante, localizado na casa de bombas (Vide fig. 3.1). De um poço úmido, anexo a um poço de visita do "Interceptor da Depuradora", uma bomba submersa do tipo Flygt com motor de 1,2 HP e 3380 rpm da Dynapac Equipamentos Industriais Ltda - São Paulo, recalcava o esgoto necessário à alimentação do tanque de nível constante. O esgoto era proveniente do sistema de esgotos da cidade de Campina Grande, Paraíba, Brasil. O excesso de esgoto bruto do tanque retornava ao interceptor por gravidade.

O efluente de todas as unidades escoava por gravidade. O efluente da lagoa M9, era descarregado numa galeria que o conduzia ao "Riacho da Depuradora", que corta o terreno da EXTRABES.

Os dados operacionais dos reatores relativos ao período experimental são apresentados no quadro 3.2.

### 3.3 - Metodologia da pesquisa

A pesquisa visou caracterizar um sistema de lagoas de estabilização profundas, em série, para a estação de verão em clima tropical. Para atender os objetivos da pesquisa foi definida uma metodologia que previa o levantamento de parâmetros em várias profundidades das lagoas. Também a medição da radiação solar foi necessária à caracterização do siste

tema em estudo.

### 3.3.1 - Parâmetros levantados ao longo da profundidade das lagoas.

#### a) Temperatura

A determinação da temperatura visou caracterizar a estratificação térmica no interior de cada reator.

#### b) Clorofila a

A concentração de clorofila a permitiu avaliar a biomassa das algas nos diferentes níveis das lagoas.

#### c) Identificação e contagem de gêneros de algas.

A identificação e contagem dos gêneros de algas objetivaram avaliar a sucessão desses organismos com a evolução do processo de depuração através da série de lagoas. A contagem permitiu avaliar quantitativamente a população do fitoplâncton nos diferentes níveis da lagoa, caracterizando a estratificação dos organismos fotossintéticos.

#### d) Oxigênio dissolvido

As medidas de oxigênio dissolvido forneceram informações sobre as suas variações e distribuição na coluna d'água, associadas à atividade fotossintética das algas.

#### e) pH

As variações do pH também indicam a atividade dos prin

cipais microorganismos envolvidos na depuração de esgotos, uma vez que o  $\text{CO}_2$  é removido pelas algas e este é reestabelecido pela atividade das bactérias.

Os trabalhos de campo abrangeram os meses de verão entre (25/11/85 e 29/04/86). Foram feitos experimentos semanais com o levantamento de perfis, ao longo da profundidade de cada lagoa. A coleta de amostras de todos os parâmetros anteriormente descritos e as medições destes parâmetros eram levadas a efeito de duas (2) em duas (2) horas em períodos de vinte e quatro (24) horas.

Para o levantamento dos vários parâmetros no interior das lagoas foi utilizada uma plataforma móvel de coleta. Esta era instalada acima da superfície do reator sempre numa mesma posição em relação às paredes. A plataforma móvel consistia de um caixote de madeira revestido de material plástico. Uma passarela de madeira instalada sobre trilhos de ferro, removíveis, permitia o acesso do operador ao caixote. Este último continha os equipamentos necessários às medições feitas no local, e uma bomba peristáltica provida de dez (10) canais de sucção. Uma haste de alumínio vazada e de seção quadrada (2,5 x 2,5 cm) com 3,0 m de extensão foi empregada para a fixação das mangueiras de sucção de amostras, com diâmetro de 5 mm, nos níveis mostrados no quadro 3.4. Outra haste idêntica foi utilizada para a fixação dos sensores de temperatura nos níveis de medição. Para garantir uma maior estabilidade das hastes no interior da massa líquida, moldaram-se sapatas de concreto, com 15 cm de diâmetro, na extremidade inferior dessas hastes (Vide fig. 3.3).

A instalação de todo o equipamento era realizada no dia anterior à coleta. Este procedimento evitava perturbações artificiais no interior da massa líquida no período do experimento.

A bomba peristáltica usada na coleta de amostras era do tipo MHRE 100, marca Watson-Marlow Limited, Falmouth Cornwall England. Uma extensão elétrica proveniente da casa de bombas fornecia a energia necessária ao funcionamento da bomba peristáltica.

Antes do início de cada coleta era dada uma descarga de aproximadamente 5 minutos, do líquido contido no interior das mangueiras, não permitindo desse modo a interferência do líquido remanescente da coleta anterior. Quando o conteúdo dos frascos estava completo estes eram fechados imediatamente e cobertos por um tecido escuro para evitar interferências de luz durante o transporte e análise das amostras.

### 3.3.2 - Procedimentos analíticos

#### 1 - Temperatura

A temperatura foi medida a diferentes profundidades de cada reator conforme apresentado no quadro 3.3. As medições foram feitas com um teletermômetro tipo YSI, modelo 44D, provido de doze (12) terminais. Os sensores foram fixados nos orifícios de uma das hastes de alumínio e a extremidade oposta de cada sensor era conectada ao teletermômetro através do qual faziam-se as medições.

## 2 - Clorofila a

Das dez (10) amostras coletadas, simultaneamente, selecionavam-se os (05) cinco níveis considerados os mais característicos para a definição do perfil do horário. A determinação da concentração de clorofila a foi feita de acordo com a técnica descrita em Methods for Chemical Analysis of Fresh Waters (1971), da seguinte maneira:

Filtrava-se vinte (20) ml de uma suspensão de  $MgCO_3 \cdot 7H_2O$  (0,1%), com o intuito de alcalinizar o meio filtrante e posteriormente o extrator, usando-se papel de filtro Ede<sup>u</sup>rol de poro médio aberto para filtração meio rápida.

Filtrava-se 50 ml de cada amostra, homogeneizada.

Terminada a operação de filtração, os papéis de filtro eram colocados em tubos de ensaio rotulados e guardados em geladeira a + 4°C e no escuro. Oportunamente adicionava-se sete (07) ml de uma solução de acetona a 90% (V/V) nos tubos de ensaio. Após 16 horas procedia-se a extração do pigmento. O conteúdo dos tubos de ensaio era então transferido para tubos de centrífuga graduados e centrifugado por dois minutos e meio a 2500 rpm.

O sobrenadante era então transferido para uma cuveta com um (1) centímetro de espaço interno.

As medidas de absorbância foram feitas com um especto<sup>u</sup>fotômetro marca MICRONAL, Modelo B382. O aparelho era calibrado usando-se uma prova em branco de acetona 90% (V/V). Primeiramente lia-se no comprimento de onda de 663 nm (melhor absorvido pela clorofila a). Em seguida, a leitura era fei-

ta no comprimento de onda de 750 nm (melhor absorvido pelo material em suspensão). As amostras eram então acidificadas com duas (2) gotas de ácido clorídrico 4 N, homogeneizadas e lidas novamente nos comprimentos de onda já referidos.

A concentração de clorofila a foi calculada pela seguinte equação:

$$\text{Clorofila } \underline{a} \text{ } (\mu\text{g}/\ell) = 2,43 \text{ (ODO-ODA)} \frac{1000 \times \text{Vol. do solvente (m}\ell\text{)}}{K \times \text{Vol. filtrado } (\ell)}$$

Onde:

ODO = absorbância à 663 nm menos a absorbância à 750 nm antes da acidificação;

ODA = absorbância à 663 nm menos a absorbância à 750 nm após a acidificação;

K = Coeficiente de extinção cujo valor para clorofila a é 89.

Todas as determinações de clorofila a foram feitas em triplicata.

### 3 - Oxigênio Dissolvido

O oxigênio dissolvido foi medido com o uso de eletrodo de membrana seletiva de oxigênio acoplado a um medidor tipo YSI, modelo 54 ABP. de acordo com o Standard Methods (1980)

### 4 - pH

O pH foi determinado pelo método potenciométrico, de acordo com a técnica padrão do Standard Methods (1980). Foi utilizado o medidor Radiometer, modelo 29, provido de eletro

do combinado GK 2311C.

#### 5 - Identificação e contagem

Do volume remanescente da filtração pipetava-se cinco (5) ml da amostra e vertia-se num frasco contendo duas (2) gotas de formaldeído (35%) para preservação das células das algas.

A identificação e contagem dos gêneros foi realizada em duplicata com o uso da câmara de Neubauer. Utilizou-se um microscópio óptico da marca Olympus comum. As leituras obtidas foram expressas em células por ml.

#### 6 - Radiação solar

A intensidade de radiação solar foi medida com um integrador de radiação solar (Gunn-Bellani - Baird & Tatlock). As leituras eram feitas nos horários de coleta.

#### 7 - Velocidade do vento

A velocidade do vento foi medida com o uso de um anemômetro, nos horários de coleta.

A obtenção da velocidade média horária era feita pela divisão da diferença das leituras obtidas, pelo intervalo de tempo, entre as leituras.

#### 8 - Horas de insolação

As horas de insolação foram registradas com o uso de um heliôgrafo, tipo 609 (Wilh. Lambrecht K.G. Göttingen).

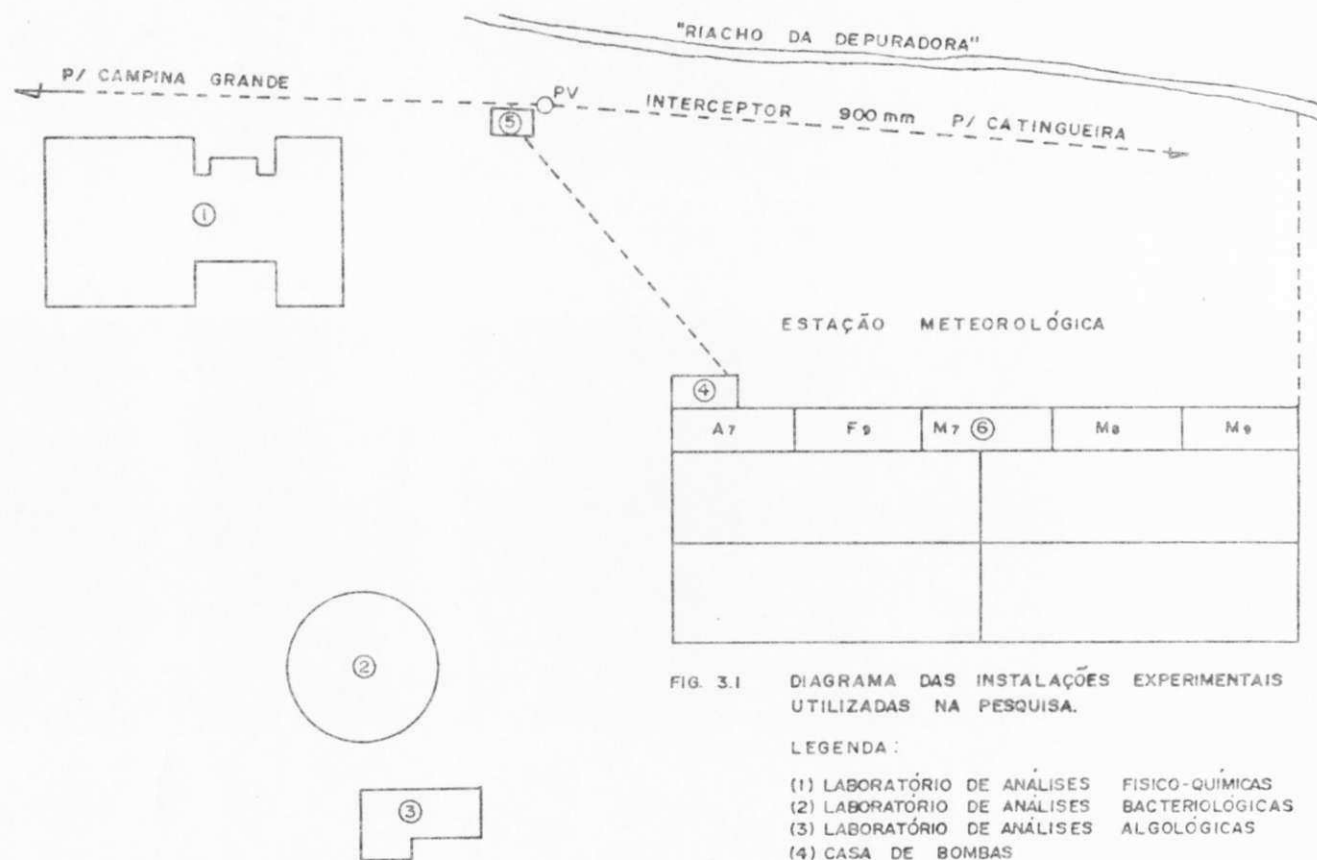
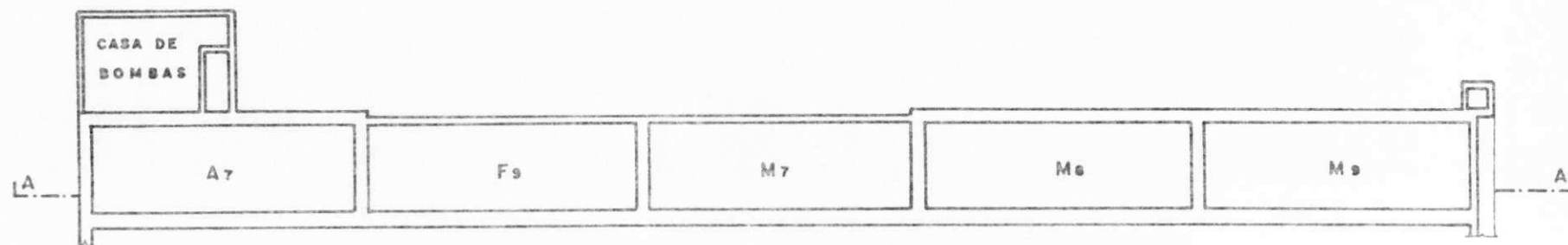


FIG. 3.1 DIAGRAMA DAS INSTALAÇÕES EXPERIMENTAIS UTILIZADAS NA PESQUISA.

LEGENDA:

- (1) LABORATÓRIO DE ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS
- (2) LABORATÓRIO DE ANÁLISES BACTERIOLÓGICAS
- (3) LABORATÓRIO DE ANÁLISES ALGOLÓGICAS
- (4) CASA DE BOMBAS
- (5) POÇO ÚMIDO
- (6) SISTEMA DE LAGOAS DE ESTABILIZAÇÃO



PLANTA BAIXA  
ESC. — 1:250

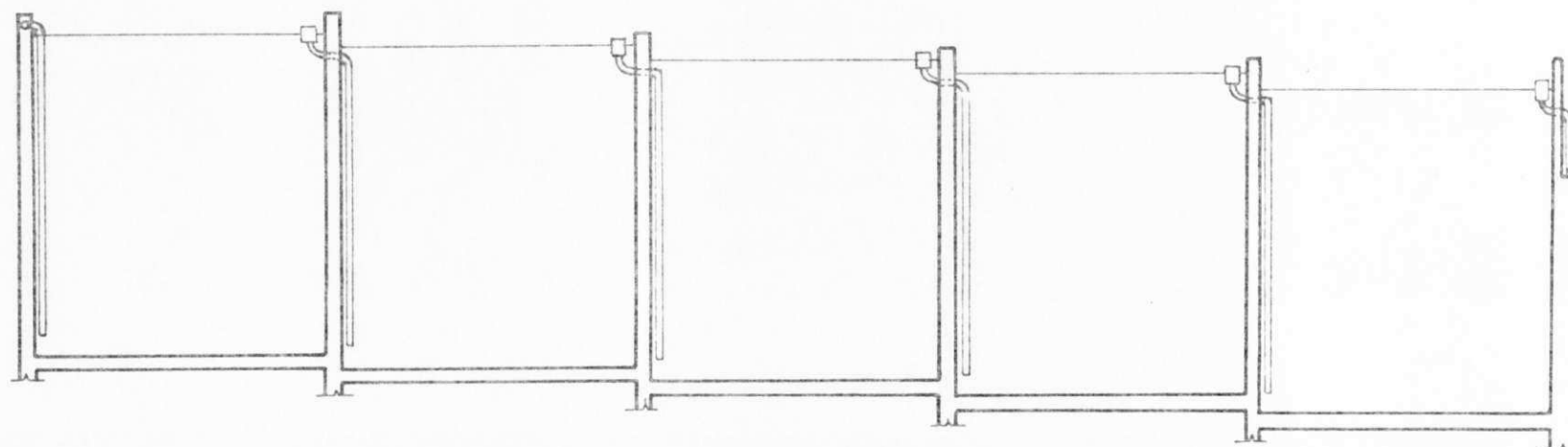


FIG. 3.2 SISTEMA DE LAGOAS EM SÉRIE UTILIZADO  
NA PESQUISA

CORTE AA

ESC. HORIZONTAL — 1:250  
ESC. VERTICAL — 1:50

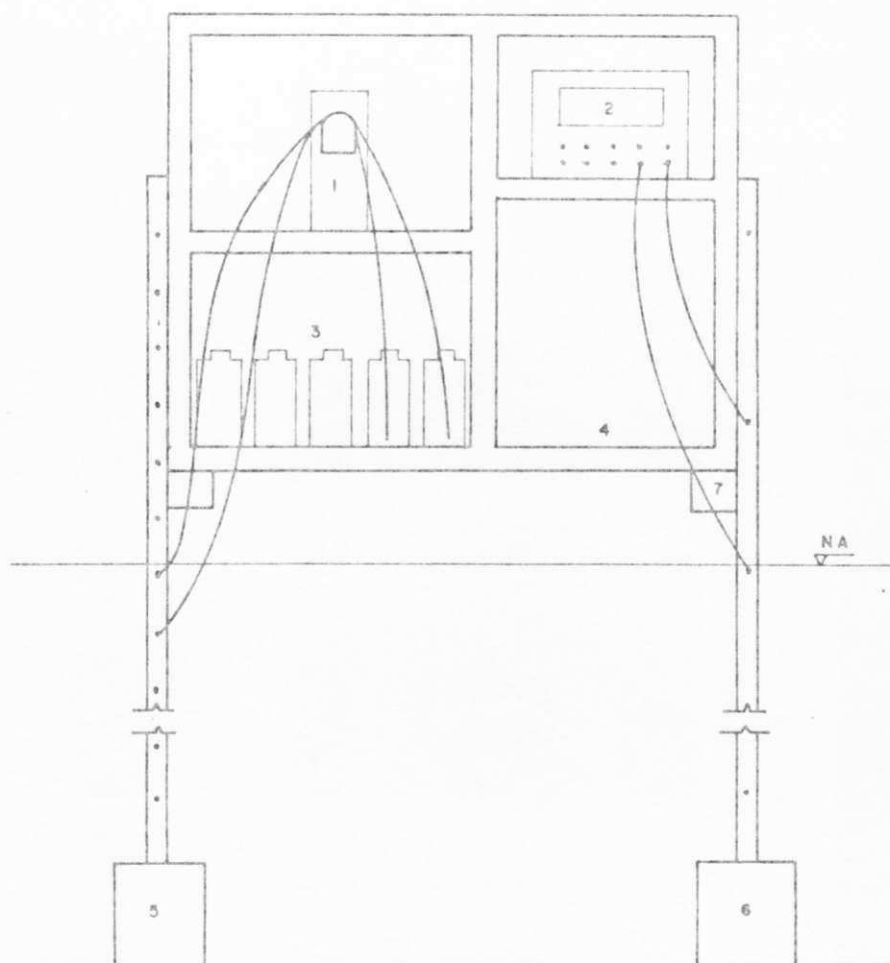


FIG. 3.3 REPRESENTAÇÃO ESQUEMÁTICA DA PLATAFORMA MÓVEL DE COLETA

- (1) BOMBA PERISTÁLTICA
- (2) TELETERMÔMETRO
- (3) FRASCOS DE COLETA
- (4) FONTE DE ENERGIA
- (5) HASTE P/ FIXAÇÃO DAS MANGUEIRAS DE SUÇÃO
- (6) HASTE P/ FIXAÇÃO DOS SENSORES
- (7) TRILHOS REMOVÍVEIS

QUADRO 3.1 - Características físicas das lagoas profundas em série.

| LAGOA | DIMENSÕES (m) |             |         | ÁREA<br>(m <sup>2</sup> ) | VOLUME<br>(m <sup>3</sup> ) |
|-------|---------------|-------------|---------|---------------------------|-----------------------------|
|       | Profundidade  | Comprimento | Largura |                           |                             |
| A7    | 2,20          | 10,0        | 3,35    | 33,5                      | 73,7                        |
| F9    | 2,20          | 10,0        | 3,35    | 33,5                      | 73,7                        |
| M7    | 2,20          | 10,0        | 3,35    | 33,5                      | 73,7                        |
| M8    | 2,20          | 10,0        | 3,35    | 33,5                      | 73,7                        |
| M9    | 2,25          | 10,0        | 3,35    | 33,5                      | 75,5                        |

QUADRO 3.2 - Dados operacionais das lagoas profundas em série.

| LAGOA | VAZÃO<br>(m <sup>3</sup> /dia) | TEMPO DE DETENÇÃO<br>HIDRÁULICA<br>(dias) | CARGA<br>SUPERFICIAL<br>(Kg DBO <sub>5</sub> /ha.dia) |
|-------|--------------------------------|-------------------------------------------|-------------------------------------------------------|
| A7    | 14,74                          | 5                                         | 638                                                   |
| F9    | 14,74                          | 5                                         | 400                                                   |
| M7    | 14,74                          | 5                                         | 251                                                   |
| M8    | 14,74                          | 5                                         | 141                                                   |
| M9    | 14,74                          | 5,12                                      | 97                                                    |

QUADRO 3.3 - Profundidades de medição de temperatura na coluna d'água das lagoas profundas em série.

| LAGOA  | F9                | M7                | M8                | M9                |
|--------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| SENSOR | Profundidade (cm) | Profundidade (cm) | Profundidade (cm) | Profundidade (cm) |
| 1      | AR                | AR                | AR                | AR                |
| 2      | AR                | AR                | AR                | AR                |
| 3      | 0                 | 0                 | AR                | 05                |
| 4      | 05                | 05                | 0                 | 10                |
| 5      | 15                | 15                | 10                | 20                |
| 15     | 20                | 20                | 15                | 25                |
| 6      | 30                | 30                | 25                | 35                |
| 7      | 45                | 45                | 40                | 50                |
| 8      | 60                | 60                | 55                | 65                |
| 9      | 75                | 75                | 70                | 80                |
| 10     | 90                | 90                | 85                | 95                |
| 11     | 105               | 105               | 100               | 110               |
| 12     | 120               | 120               | 115               | 125               |
| 13     | 135               | 135               | 130               | 140               |
| 14     | 165               | 165               | 160               | 170               |

QUADRO 3.4 - Profundidades de coleta de amostras na coluna d'água das lagoas profundas em série.

| LAGOA | F9                | M7                | M8                | M9                |
|-------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| NÍVEL | Profundidade (cm) | Profundidade (cm) | Profundidade (cm) | Profundidade (cm) |
| 1     | 0                 | 0                 | 0                 | 05                |
| 2     | 5                 | 5                 | 5                 | 10                |
| 3     | 10                | 10                | 10                | 15                |
| 4     | 15                | 15                | 15                | 20                |
| 5     | 25                | 25                | 25                | 30                |
| 6     | 35                | 35                | 35                | 40                |
| 7     | 65                | 65                | 65                | 70                |
| 8     | 95                | 95                | 95                | 100               |
| 9     | 145               | 145               | 145               | 150               |
| 10    | 190               | 190               | 190               | 195               |

#### 4 - APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DE RESULTADOS

##### 4.1 - Dados meteorológicos

Os quadros 4.1 a 4.3 referem-se a dados meteorológicos do período experimental. O quadro 4.1 apresenta os valores de radiação solar, horas de insolação e velocidade média do vento relativos a cada experimento.

Os experimentos 5, 7 e 12 foram realizados em dias nublados, apresentando os menores valores de radiação solar. Os experimentos 5, 7, 8, 10, 12 e 16 foram feitos em dias que apresentaram poucas horas de insolação. Os demais experimentos realizaram-se em dias ensolarados. No experimento 3 não foi medida a radiação solar, no entanto as observações anotadas em um relatório de coleta e as horas de insolação registradas no heliôgrafo (8:30 h) indicam tratar-se de um dia ensolarado.

As velocidades médias diárias do vento durante todos os experimentos apresentaram um valor mínimo de 0,583 e um valor máximo de 7,875 Km/h.

O quadro 4.2 apresenta as variações de volume deslocado, registradas no integrador de radiação solar (GUNN-BELLANI) no intervalo das coletas de amostras, a partir do experimento número 6. A radiação solar relativa a cada intervalo de coleta de amostras, não foi calculada por que o apare

QUADRO 4.1 - Dados meteorológicos referentes a cada experimento de 24 horas incluindo radiação solar, insolação e velocidade média diária do vento.

| EXPERIMENTO | REATOR | DATA        | RADIAÇÃO SOLAR<br>(g.cal.cm <sup>-2</sup> d <sup>-1</sup> ) | HORAS DE INSOLAÇÃO<br>(horas) | VELOCIDADE MÉDIA<br>DIÁRIA DO VENTO<br>(Km/h) |
|-------------|--------|-------------|-------------------------------------------------------------|-------------------------------|-----------------------------------------------|
| 1           | F9     | 25/26/11/85 | 852,0                                                       | 9,00                          | 7,875                                         |
| 2           | M9     | 04-05/12/85 | 751,0                                                       | 10,00                         | 6,458                                         |
| 3           | F9     | 16-17/12/85 | -                                                           | 8,30                          | 5,333                                         |
| 4           | M9     | 15-16/01/86 | 780,0                                                       | 8,50                          | 6,750                                         |
| 5           | F9     | 22-23/01/86 | 312,0                                                       | 0,33                          | 6,292                                         |
| 6           | M7     | 29-30/01/86 | 654,0                                                       | 8,05                          | 5,083                                         |
| 7           | M8     | 05-06/02/86 | 294,0                                                       | 0,50                          | 1,750                                         |
| 8           | M9     | 19-20/02/86 | 618,0                                                       | 5,50                          | 3,417                                         |
| 9           | F9     | 26-27/02/86 | 798,0                                                       | 8,50                          | 3,417                                         |
| 10          | M7     | 05-06/03/86 | 636,0                                                       | 3,67                          | 2,333                                         |
| 11          | M8     | 10-11/03/86 | 809,0                                                       | 4,30                          | 1,500                                         |
| 12          | M9     | 14-15/03/86 | 384,0                                                       | 9,00 (*)                      | 0,583                                         |
| 13          | F9     | 19-20/03/86 | 816,0                                                       | 9,00                          | 3,042                                         |
| 14          | M9     | 26-27/03/86 | 690,0                                                       | 9,50                          | 1,667                                         |
| 15          | M8     | 23-24/04/86 | 726,0                                                       | 6,80                          | 2,083                                         |
| 16          | M7     | 28-29/04/86 | 474,0                                                       | 5,50                          | 1,583                                         |

(\*) Esse valor não corresponde às observações feitas em relatório. Pode ter havido a troca da fita do heliógrafo.

QUADRO 4.2 - Variações de volume (expressas em cm), registradas no integrador de radiação solar, relativas a cada experimento de 24 horas em intervalos de 2 em 2 horas.

| EXPERIMENTO | REATOR | DATA        | HOPA | 06:00 | 08:00 | 10:00 | 12:00 | 14:00 | 16:00 | 18:00 | 20:00 | 22:00 | 24:00 | 02:00 | 04:00 | 06:00 |
|-------------|--------|-------------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 6           | M7     | 29-30/01/86 | -    | -     | 2,6   | 2,0   | 3,8   | 2,3   | 0,5   | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     |
| 7           | M8     | 05-06/02/86 | 0    | 0,9   | 1,5   | 1,5   | 1,0   | 0,3   | 0     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     |
| 8           | M9     | 19-20/02/86 | 0    | 0,5   | 3,5   | 4,4   | 3,6   | 4,0   | 0     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     |
| 9           | F9     | 26-27/02/86 | 0    | 1,6   | 2,9   | 5,4   | 4,4   | 3,4   | 0,6   | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     |
| 10          | M7     | 05-06/03/86 | 0    | 0,4   | 3,2   | 4,4   | 4,9   | 1,5   | 0     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     |
| 11          | M8     | 10-11/03/86 | 0    | 0,5   | 1,3   | 1,5   | 2,6   | 1,7   | 0,4   | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     |
| 12          | M9     | 14-15/03/86 | 0    | 0,1   | 1,2   | 1,6   | 1,1   | 0,3   | 0,3   | 0,2   | -     | -     | -     | -     | -     | -     |
| 13          | F9     | 19-20/03/86 | 0    | 0,3   | 2,7   | 4,9   | 5,5   | 3,9   | 0,4   | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     |
| 14          | M9     | 26-27/03/86 | 0    | 0,9   | 2,3   | 4,2   | 2,8   | 2,3   | 0,2   | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     |
| 15          | M8     | 23-24/04/86 | 0    | 0,5   | 1,5   | 4,5   | 3,9   | 3,1   | 0,4   | 0,1   | -     | -     | -     | -     | -     | -     |
| 16          | M7     | 28-29/04/86 | 0    | 0,6   | 3,5   | 4,5   | 3,5   | 3,5   | 0     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     |

QUADRO 4.3 - Velocidade média do vento (Km/h) em intervalos de 2 em 2 horas num período de 24 horas, relativa a cada experimento.

| EXPERIMENTO | REATOR | DATA        | HORA | 06:00 | 08:00 | 10:00 | 12:00 | 14:00 | 16:00 | 18:00 | 20:00 | 22:00 | 24:00 | 02:00 | 04:00 | 06:00 |
|-------------|--------|-------------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 6           | M7     | 29-30/01/86 |      | -     | -     | 9,0   | 7,5   | 9,5   | 9,0   | 7,0   | 5,5   | 3,0   | 0     | 0     | 0     |       |
| 7           | M8     | 05-06/02/86 |      | 0     | 2,0   | 3,0   | 5,5   | 4,0   | 1,0   | 0,5   | 0     | 1,5   | 0     | 1,5   | 0     |       |
| 8           | M9     | 19-20/02/86 |      | 3,5   | 6,5   | 7,0   | 7,0   | 5,0   | 1,0   | 3,0   | 5,5   | 2,0   | 0,5   | 0     | 0     |       |
| 9           | F9     | 26-27/02/86 |      | 2,5   | 4,5   | 6,0   | 4,5   | 6,0   | 11,0  | 3,5   | 4,5   | 0     | 0     | 0     | 0     |       |
| 10          | M7     | 05-06/03/86 |      | 0     | 2,5   | 4,5   | 6,5   | 8,5   | 5,0   | 0,5   | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     |       |
| 11          | M8     | 10-11/03/86 |      | 2,0   | 4,0   | 5,0   | 3,0   | 3,5   | 0,5   | 0,5   | 0     | 0,5   | 0     | 0     | 0     |       |
| 12          | M9     | 14-15/03/86 |      | 0     | 1,0   | 3,5   | 1,0   | 0     | 0     | 0     | 0,5   | 0     | 0     | 0     | 0     |       |
| 13          | F9     | 19-20/03/86 |      | 1,5   | 5,0   | 5,5   | 6,0   | 6,0   | 4,0   | 2,5   | 0,5   | 2,0   | 2,0   | 0,5   | 0     |       |
| 14          | M9     | 26-27/03/86 |      | 1,5   | 4,5   | 3,5   | 3,0   | 3,5   | 1,5   | 0,5   | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     |       |
| 15          | M8     | 23-24/04/86 |      | 1,5   | 3,0   | 5,5   | 5,0   | 5,0   | 2,5   | 1,5   | 2,0   | 0     | 0     | 0     | 0     |       |
| 16          | M7     | 28-29/04/86 |      | 0,5   | 4,0   | 5,0   | 2,5   | 4,0   | 3,5   | 3,5   | 3,5   | 3,0   | 1,0   | 0     | 0     |       |

lho no qual esse parâmetro foi medido é indicado apenas para intervalos de 24 horas. No entanto os maiores volumes de líquido deslocado correspondem aos horários de radiação solar mais intensa, caracterizando desse modo o seu ciclo diário.

O quadro 4.3 apresenta as velocidades médias de vento nos intervalos de cada coleta (2 h), a partir do experimento número 6. Esse quadro mostra que as velocidades médias do vento variaram de 0 a 11 Km/h. Esses valores indicam que a velocidade do vento durante um experimento é muito variável. Os maiores valores ocorreram normalmente no período da tarde, enquanto que o período da madrugada, normalmente, se caracterizava pela ausência de vento.

#### 4.2 - Temperatura

As figuras 4.1 a 4.16 (Anexo II) referem-se às variações de temperatura com o tempo ao longo da coluna d'água das lagoas F9, M7, M8 e M9, durante o período experimental.

Nos dias ensolarados foi observada uma marcante estratificação térmica em todas as lagoas, com gradientes máximos de temperatura na coluna d'água, entre 4 e 9°C. Durante todo o período experimental a temperatura máxima da água foi de 35°C, às 12 h, na superfície de lagoa F9, enquanto que a temperatura mínima registrada foi de 24°C às 6 h da manhã, também na superfície da lagoa F9. As temperaturas máximas da água foram registradas normalmente entre 12 e 14 h. As maiores variações de temperatura foram medidas na camada

superficial da lagoa entre 0 e 35 cm, atingindo menores profundidades nas três primeiras lagoas estudadas (F9, M7 e M8). Nessas lagoas ocorreram grandes variações somente nos 15 cm superficiais, enquanto que na lagoa final da série (M9) essas variações foram medidas em profundidades de 20 a 35 cm. Isto poderia ser atribuído à menor penetração de luz nas lagoas que apresentam maior turbidez na massa d'água, conforme sugere ROUND (1981). No entanto as máximas temperaturas em todas as lagoas foram normalmente registradas na superfície. Esses resultados podem ser indicativos da maior absorção da luz infravermelha nos primeiros milímetros da massa líquida, aquecendo substancialmente essa camada, de acordo com PEMMERT (1982).

A termoclina, nos dias de maior radiação solar, situou-se em profundidades de 10 a 45 cm. Abaixo da termoclina as variações de temperatura foram pouco pronunciadas, situando-se em todo o período experimental, entre 24,5 e 27°C.

As figuras 4.3, 4.9 e 4.15 apresentam os experimentos realizados em dias nublados. Nesses dias a temperatura máxima registrada foi de 27°C, enquanto que a mínima foi de 24,5°C. O gradiente térmico na coluna d'água, nesses dias, variou de 1,5 a 2°C. Por outro lado as temperaturas abaixo da termoclina não apresentaram variações em relação às aquelas registradas em dias ensolarados.

O quadro 4.2 apresenta os deslocamentos de líquido medidos num integrador de radiação solar (GUNN-BELLANI). Esses dados quando relacionados com as temperaturas da massa d'água da lagoa indicam que essas temperaturas apresentaram um pa-

drão cíclico similar àquele da radiação solar. Em todos os experimentos, às 6 h da manhã a coluna líquida apresentava uma temperatura uniforme e sempre maior que aquela do ar. Às 8 h era normalmente verificado um leve aquecimento da água superficial da lagoa. No horário das 10 h, as lagoas já apresentavam uma nítida estratificação térmica. As máximas temperaturas foram normalmente registradas às 12 ou às 14 h. Nesses horários geralmente a camada superficial bastante aquecida atingia maiores profundidades (10 a 35 cm). Contudo, geralmente, as variações de temperatura da água na camada mais aquecida, entre 10 e 16 h não foram significativas. Por volta das 16 h, normalmente, ocorria um equilíbrio entre as temperaturas do ar e da camada mais superficial da lagoa. Nesse horário foi observado que a temperatura de camadas um pouco mais profundas, eram superiores à temperatura do ar. Às 18 h a temperatura do ar já era menor do que aquela da camada mais superficial da massa d'água permanecendo assim até o início da manhã seguinte (6 h). Entre 16 e 18 h normalmente acontecia um rápido resfriamento da massa líquida. Era evidente que a camada superficial apresentava um resfriamento muito mais rápido. Isto se deve a perdas por irradiação noturna e para a interface água-atmosfera. O resfriamento das camadas superficiais da massa líquida aumenta sua densidade provocando o afundamento dessas camadas e conseqüente mistura da lagoa. A uniformização da temperatura ocorria entre 18 e 04 h da madrugada, porém, normalmente isto acontecia em torno de 22 h. Durante o período experimental as temperaturas da massa d'água, na hora de mistura, va-

riaram entre 25 e 27°C.

O padrão de estratificação e mistura verificado neste estudo está de acordo com as observações de SILVA & MARA (1979) apresentando inclusive as fases descritas pelos autores. Esse padrão também foi verificado por SILVA (1982) num estudo feito na estação do verão.

O trabalho de SLESS (1974) apresenta resultados semelhantes àqueles aqui obtidos relativos ao ciclo diário de estratificação e mistura. Porém, os gradientes de temperatura na coluna d'água obtidos por esse autor são sensivelmente maiores. Ele observa que abaixo de 30-40 cm não havia nenhuma mudança evidente de temperatura em todas as lagoas estudadas, exceto um pequeno aumento de temperatura ao entardecer entre as profundidades de 40 a 80 cm. Já no presente estudo foi verificado um aquecimento no sentido vertical, com o tempo, normalmente atingindo as maiores profundidades das lagoas por volta de 18 h.

Os dados de temperatura quando relacionados com aqueles da velocidade média de vento (quadro 4.3) não indicaram a sua influência na hora de mistura das lagoas. Isto poderia ser atribuído às velocidades de vento relativamente pequenas e às reduzidas dimensões das lagoas.

#### 4.3 - Identificação e contagem de algas

Os quadros 4.4 a 4.19 (Anexo I) referem-se a identificação e contagem dos gêneros de algas com o tempo, ao longo da coluna d'água das lagoas F9, M7, M8 e M9, durante o

período experimental.

#### 4.3.1 - Gêneros predominantes de algas

Os gêneros de algas presentes na série de lagoas estudada foram:

a) algas flageladas: *Euglena*, *Phacus*, *Pyrobotrys* e *Chlamydomonas*.

b) algas não flageladas: *Chlorella*, *Scenedesmus* e *Ankistrodesmus*.

Além desses gêneros foram identificados o gênero *Oscillatoria* (Cyanobacteria), *Navicula* e *Cyclotella* (Diatomáceas).

Os quadros 4.4, 4.5, 4.6, 4.9, 4.12, 4.16 e 4.17 indicam que o gênero *Chlorella* foi predominante, (em número de células), nesses experimentos. Entre os gêneros flagelados, *Chlamydomonas* foi a alga mais frequente e tornou-se predominante nos experimentos apresentados nos quadros 4.7, 4.8, 4.10, 4.13 e 4.19. Esses experimentos referem-se às lagoas facultativa (F9) e de maturação intermediária (M7 e M8), exceto aquele do quadro 4.19, que foi feito na última lagoa de maturação (M9). O gênero *Pyrobotrys* esteve sempre bem representado onde *Chlamydomonas* era predominante, apresentando inclusive maior número que *Chlamydomonas* onde *Chlorella* era predominante.

As algas flageladas decresceram em número através do sistema de F9 a M9, exceto *Euglena* que aumentou de modo con

siderável especialmente na última lagoa da série (M9). Os quadros 4.11, 4.14, 4.17 e 4.18 apresentam os resultados dos experimentos onde *Euglena* foi predominante. A predominância de *Euglena* nesses experimentos, pode ser atribuída a alterações da carga orgânica de acordo com de NOYELLES Jr (1967) e SHILLINGLAW & PIETERSE (1977) que ainda atribuem o fato a aumentos na concentração de amônia. Neste trabalho, no entanto, não foram feitas medidas da concentração de amônia.

O gênero *Phacus* foi identificado algumas vezes na última lagoa da série (M9).

As algas, não móveis, *Scenedesmus* e *Ankistrodesmus* foram esporadicamente identificadas, apresentando um aumento de frequência ao longo do sistema de lagoas.

Os gêneros *Navicula*, *Cyclotella* (Diatomáceas) e *Oscillatoria* (Cyanobacteria) apresentaram um aparecimento ocasional em todas as lagoas, exceto a ausência de *Navicula* na lagoa de maturação (M8) e *Cyclotella* que apareceu apenas na última lagoa da série (M9). Esses gêneros de algas crescem presas a um substrato (paredes, espuma) e sua presença na coluna d'água se deve provavelmente ao seu desprendimento desses substratos (análises de amostras de espuma feitas ocasionalmente revelaram grande número de *Oscillatoria* e *Navicula*).

O número de gêneros presentes nas lagoas, em cada experimento, variou de 4 a 8 (mas normalmente foi de 5 e 6). O número máximo de gêneros (8) ocorreu uma única vez na última lagoa da série (quadro 4.19).

A carga orgânica pareceu constituir-se no fator princi

pal na sucessão de gêneros de algas através da série de lagoas estudadas. Os resultados indicaram uma maior frequência de gêneros flagelados em cargas orgânicas maiores. Contudo a presença de *Chlorella* (não flagelado) foi observada em cargas orgânicas variadas (97 a 400 Kg DBO<sub>5</sub>/ha.d) estando de acordo com a indicação de NOYELLES Jr (1967).

O sistema estudado não apresentou uma relação inversa entre o número de gêneros presentes e a carga orgânica, como indicado por de NOYELLES Jr (1967) e KÖNIG (1984). No entanto deve ser observado que esses autores estudaram sistemas com características físicas e operacionais diferentes. KÖNIG (1984) estudou um sistema em série composto de 5 lagoas com 1 m de profundidade e cargas superficiais variando de 35 a 375 Kg DBO<sub>5</sub>/ha.d e de NOYELLES Jr (1967) trabalhou com um sistema composto de 2 lagoas com 1,5 m de profundidade e a carga orgânica da primeira lagoa era de 41 Kg DBO<sub>5</sub>/ha.d. Por outro lado a presença dos diferentes gêneros de algas quando relacionados com as cargas orgânicas superficiais das lagoas estão de acordo com aquelas indicadas por de NOYELLES Jr (1967). Os gêneros de algas identificados foram na sua maioria os mesmos observados por MARA et alii (1983) e KÖNIG (1984), no entanto, o número de gêneros apresentados pelos estudos desses autores foram substancialmente maiores.

#### 4.3.2 - Distribuição de algas na coluna d'água

Os resultados da contagem de células de algas na coluna d'água (quadros 4.4 a 4.14) mostram uma evidente estrati

ficação de algas flageladas especialmente *Chlamydomonas*, *Pyrobotrys* na lagoa facultativa (F9) e *Chlamydomonas*, *Pyrobotrys* e *Euglena* nas lagoas de maturação intermediárias (M7 e M8). Na última lagoa de maturação (M9) não ocorreu uma estratificação perceptível, exceto quando as algas flageladas *Euglena* ou *Chlamydomonas* eram predominantes (quadros 4.17 a 4.19). Contudo o número de algas era muito reduzido, não mostrando uma estratificação tão evidente, como nas lagoas anteriores.

A migração de algas na coluna d'água em direção à superfície ou ao fundo pareceu ocorrer em resposta às mudanças de intensidade luminosa. As contagens de células mostraram que normalmente às 6 h da manhã havia uma distribuição homogênea de algas na coluna d'água. Às 8h já havia alguma estratificação das algas em níveis muito variados. No entanto somente às 10 h foram observadas grandes concentrações de células de algas em níveis mais superficiais (0 a 15 cm). À medida que a intensidade luminosa aumentava (12 e 14h), era perceptível a migração das algas para camadas inferiores (normalmente de 15 a 25 cm nas três primeiras lagoas estudadas e 15 a 100 cm na última lagoa de maturação (M9). Com a diminuição da intensidade luminosa havia normalmente uma ascensão das algas flageladas para níveis mais superficiais. Contudo ao anoitecer (em torno de 18 h) era evidente a migração dessas algas para níveis mais inferiores (35 a 195 cm). A gradual homogeneização da distribuição de algas flageladas no período noturno pode ser devida à migração dessas algas para a camada de lodo, no início da noite, ou ao efeito da mistura da massa líquida que era mais perceptível em torno de 22 horas.

Nos experimentos onde grandes concentrações de algas flageladas foram observadas durante as horas iluminadas quadros (4.7, 4.9, 4.10, 4.11), a coluna d'água manteve-se com muitas algas no período noturno.

Nos experimentos cujos resultados são mostrados nos quadros 4.4, 4.5, 4.6, 4.9, 4.12, 4.15 e 4.16 foi verificada uma grande presença de *Chlorella* nas camadas superficiais das lagoas no período iluminado. No período noturno, nesses experimentos, o grande número de *Chlorella* em níveis variados pode ser atribuído às correntes de mistura. No que se refere à ocorrência e distribuição de algas não flageladas, especialmente *Chlorella*, não foi possível explicar o aparecimento eventual de grandes populações desta alga. Nos experimentos cujos resultados são mostrados nos quadros 4.4 e 4.7 foi observado o aparecimento repentino de uma grande população de *Chlorella* a partir das 10 h da manhã, apesar de não ter sido observada nenhuma célula desse gênero na coluna d'água às 8 h da manhã.

As observações relativas à distribuição de algas na coluna d'água são diferentes daquelas feitas por SLESS (1974) para as algas não flageladas. Esse autor nos seus experimentos indica que havia normalmente, uma distribuição homogênea dessas algas na coluna d'água. Por outro lado as suas observações relacionadas aos gêneros flagelados *Euglena* e *Chlamydomonas* são análogas às deste trabalho.

Os estudos realizados por MARA et alii (1983) e KÖNIG (1984) indicam que não havia nenhuma estratificação aparente nas lagoas de maturação. No entanto é necessário observar

que as características físicas e operacionais das lagoas estudadas por esses autores foram diferentes.

#### 4.4 - Clorofila a

As figuras 4.17 a 4.32 (Anexo II) mostram as variações da concentração de clorofila a com o tempo ao longo da coluna d'água das lagoas F9, M7, M8 e M9, durante o período experimental.

As concentrações de clorofila a foram maiores nas amostras da lagoa facultativa (F9) e das duas primeiras lagoas de maturação (M7 e M8). Essas concentrações foram observadas em profundidades de até 15 cm e nos horários entre 8 e 12 h. As concentrações máximas de clorofila a nessas lagoas variaram de 28,03 a 568,26  $\mu\text{g}/\ell$ .

Na última lagoa da série (M9) as concentrações máximas de clorofila a (figuras 4.28 a 4.32) apresentaram uma variação de 17,83 a 454,86  $\mu\text{g}/\ell$ . As figuras 4.28 e 4.29 mostram os experimentos onde os valores máximos de clorofila a foram substancialmente maiores. Nessa lagoa (M9) as concentrações máximas de clorofila a foram registradas em profundidades de 15 a 195 cm.

As determinações da concentração de clorofila a, ao longo da série de lagoas, indicaram que grandes variações ocorreram numa mesma lagoa em diferentes experimentos. Isto pode ser verificado especialmente nas lagoas F9 e M9. Quando as concentrações de clorofila a eram, baixas estas perma-

neceram assim ao longo de toda coluna d'água durante todo o experimento.

Por outro lado quando ocorria um florescimento de algas, altas concentrações de clorofila a foram determinadas inclusive à noite. Essas variações indicam que a população de algas dessas lagoas estiveram sujeitas a grandes alterações do meio aquático. De acordo com SHILLINGLAW & PIETERSE (1977) os declínios na concentração de clorofila a em lagoas de estabilização evidenciam a presença de algum fator que inibe o crescimento de algas. Esses autores observam que os predadores não parecem provocar a drástica eliminação de algas. Por isso eles indicam que esses declínios na população de algas podem ser causados por aumentos repentinos na concentração de amônia ou pela deficiência de carbono no meio aquático.

Na coluna d'água, as variações na concentração de clorofila a podem ser atribuídas ao movimento vertical de algas ou ao seu crescimento, em zonas distintas dessas lagoas, no período iluminado, provocando a sua estratificação. No período noturno essas variações podem ser atribuídas principalmente às correntes térmicas de mistura. As figuras 4.17 a 4.27 mostram que essa estratificação é mais pronunciada na lagoa facultativa (F9) e nas lagoas de maturação intermediárias (M7 e M8) quando comparadas com a lagoa de maturação final da série (M9). Contudo nas figuras 4.28 e 4.29 pode ser visto que em experimentos da lagoa de maturação (M9) que apresentaram altas concentrações de clorofila a, essa lagoa apresentou alterações no ciclo diário, relativas às concentra

ções de clorofila a análogas às aquelas das lagoas anteriores. No entanto os horários das concentrações máximas foram de 12 e 14 h respectivamente.

As lagoas F9, M7 e M8, geralmente, mostraram as seguintes alterações no ciclo diário relativo às variações de concentração de clorofila a:

a) Às 6 h da manhã toda a coluna d'água apresentava-se mais ou menos homogênea e com baixas concentrações de clorofila a (0 a 89,18  $\mu\text{g}/\ell$ );

b) Antes das 12 h foram, geralmente, determinadas as máximas concentrações de clorofila a em níveis muito superficiais das lagoas (entre 0 e 15 cm);

c) No período de radiação solar mais intensa, ou seja, após as 12 h, as maiores concentrações de clorofila a foram determinadas entre os níveis 15 e 35 cm;

d) No início da noite (18 e 20 h) era evidente uma migração das algas para níveis mais profundos. As maiores concentrações de clorofila a nesses horários (10,19 a 191,12  $\mu\text{g}/\ell$ ) foram determinadas em profundidades de até 190 cm.

e) Em horários compreendidos entre 20 e 4 h (mais frequentemente às 24 h) foram determinadas concentrações de clorofila a mais ou menos homogêneas em toda a coluna d'água, permanecendo assim até o início da manhã seguinte (6 h).

#### 4.5 - Oxigênio dissolvido

As figuras 4.17 a 4.32 (Anexo II) referem-se às varia

ções da concentração de oxigênio dissolvido com o tempo, ao longo da coluna d'água das lagoas F9, M7, M8 e M9, durante o período experimental.

As concentrações máximas de oxigênio dissolvido variaram muito em cada uma dessas lagoas nos diferentes experimentos. Em dias ensolarados, esses valores na lagoa facultativa (F9) situaram-se entre 1,8 e 12,4 mg/l, em profundidades de 0 a 10 cm, em horários de 14 a 16 h. Nas lagoas de maturação, nos dias ensolarados, as concentrações máximas de oxigênio dissolvido variaram de 2,9 a 13,6 mg/l, entre 10 e 16 h com frequência absoluta dos horários de 12 e 14 h. As figuras 4.25 a 4.27 mostram que essas variações nas concentrações máximas de oxigênio dissolvido foram muito pequenas somente na segunda lagoa de maturação (M8). As concentrações máximas foram medidas nas três primeiras lagoas (F9, M7 e M8) em profundidades que variaram de 0 a 10 cm. As figuras 4.28 a 4.32 mostram que essas profundidades na última lagoa da série foram substancialmente maiores (5 a 25 cm).

As menores concentrações máximas estão associadas a baixas concentrações de clorofila a, determinadas nos experimentos mostrados nas figuras 4.19, 4.21 e 4.30. Por outro lado, apesar de ser constatado que as maiores concentrações de oxigênio dissolvido foram medidas em experimentos que apresentavam altas concentrações de clorofila a, os resultados indicam que não havia uma relação direta entre máximas concentrações de oxigênio dissolvido e máximas concentrações de clorofila a. Além disso, nas figuras 4.17 a 4.27 pode ser observado que essas máximas concentrações não ocorreram nos mesmos horários.

As máximas concentrações de clorofila a nessas lagoas (F9 , M7 e M8) eram, geralmente determinadas no período da manhã, enquanto que as máximas concentrações de oxigênio dissolvido foram normalmente medidas no período da tarde. Contudo, a última lagoa da série (Vide fig. 4.28 a 4.32) mostrava uma maior coincidência de horários.

As figuras 4.17 a 4.21 mostram que a lagoa facultativa (F9), durante os experimentos, apresentou oxigênio dissolvido numa profundidade máxima de 65 cm. Essas figuras mostram que a oxipausa variou, nessa lagoa, de 0 a 65 cm no período iluminado. O seu nível apresentava-se mais superficialmente até 12 h e atingia as maiores profundidades entre 12 e 16 h. A oxipausa teve uma variação idêntica, àquela da lagoa facultativa, nas duas primeiras lagoas de maturação (M7 e M8). No entanto nessas lagoas ela atingiu maiores profundidades (figura 4.24) e nem sempre atingia a superfície indicando que nesses experimentos a lagoa não ficou totalmente anaeróbia (figuras 4.22 e 4.25). Além disso a lagoa M8, conforme mostra a figura 4.27, apresentou-se totalmente aeróbia durante todo o experimento, apresentando concentrações mínimas de oxigênio dissolvido de 0,6 mg/l. A lagoa final da série (M9), também apresentou-se aeróbia inclusive à noite, conforme mostram as figuras 4.30 e 4.32. No entanto, os demais experimentos feitos nessa lagoa (figuras 4.28, 4.29 e 4.31) apresentaram oxipausa. Quando a sua presença foi detectada, ela normalmente atingia profundidades maiores que nas lagoas anteriores.

A lagoa facultativa apresentava, normalmente, uma camada de grande produção de oxigênio dissolvido nos 5 a 10 cm

superficiais. A camada de grande produção de oxigênio dissolvido apresentava-se substancialmente maior nas lagoas de maturação. Em M7 e M8 a profundidade de grande produção de oxigênio atingia de 10 a 25 cm. No entanto quando M8 permaneceu aeróbia durante todo o experimento, essa profundidade foi de 65 cm (figura 4.27). As figuras 4.28, 4.31 e 4.32 mostram que a camada de grande produção de oxigênio foi normalmente de 40 cm na última lagoa de série. No entanto, essa camada foi pequena, 15 cm no experimento mostrado na figura 4.29 e muito maior, atingindo 150 cm conforme mostra a figura 4.30.

Nos dias nublados os valores máximos de oxigênio dissolvido situaram-se entre 1,3 e 7,4 mg/l (figuras 4.19, 4.25 e 4.31), medidos entre 12 e 16 h. Na lagoa facultativa (F9) e na lagoa de maturação (M8) as concentrações máximas foram medidas na superfície, enquanto que na última lagoa de maturação (M9) foi determinada a 10 cm de profundidade. Nesses dias a oxipausa teve variações idênticas às aquelas verificadas em dias ensolarados. Por isso as variações da oxipausa não pareceram ser influenciadas diretamente pela intensidade de radiação solar, uma vez que um padrão foi mantido, independente das condições do tempo registradas.

As concentrações de oxigênio dissolvido nas camadas superficiais das lagoas ao longo da série, normalmente aumentaram rapidamente no período da manhã (8 e 10h). No período da tarde (12 a 16h) atingiam um máximo e declinavam no início da noite (18 e 20 h). No entanto foi observado que uma camada situada abaixo daquela na qual as maiores concentra-

ções de oxigênio dissolvido eram registradas, nas horas de maior intensidade solar, apresentavam um aumento de concentração no final da tarde, para um posterior declínio análogo àquele registrado na camada superficial. A lagoa facultativa (F9) sempre apresentava condições anaeróbias em toda a coluna d'água no período noturno (figuras 4.17 a 4.21). Essas condições foram verificadas, normalmente, a partir de 20 h. As demais lagoas também apresentavam frequentemente, condições anaeróbias. Contudo essas condições apresentavam-se de forma muito variável, ou atingindo toda a coluna d'água (figuras 4.23, 4.24, 4.26 e 4.29) ou somente as camadas mais profundas dessas lagoas (figuras 4.22, 4.25, 4.28 e 4.31).

As observações relativas às variações diárias de oxigênio dissolvido na coluna d'água são semelhantes às aquelas relatadas por HARTLEY & WEISS (1970), exceto que em seu estudo as condições anaeróbias não foram observadas. Esses autores estudaram lagoas terciárias alimentadas com esgoto doméstico pré-tratado e bastante rasas (0,72 m). SLESS (1974) por outro lado, indica que a zona de maior produção de oxigênio em lagoas facultativas secundárias e lagoas de maturação (terciárias) situou-se nos 40 cm superficiais e que essas lagoas com 0,8 a 1,5 m de profundidade, apresentavam zonas anaeróbias somente no período não iluminado. Os resultados obtidos na presente pesquisa indicam que a zona de maior produção de oxigênio foi muito variável, aumentando de lagoa para lagoa ao longo da série. Por outro lado, as condições anaeróbias ou baixas concentrações de oxigênio em todas as lagoas foram observadas mesmo no período iluminado.

Em relação a um experimento com duração de 24 horas, feito em toda a coluna d'água apresentado por SILVA (1982) referente a uma lagoa de maturação com 1 m de profundidade, na estação do verão, pode ser observado que:

a) as concentrações de oxigênio dissolvido nessa lagoa apresentaram-se substancialmente maiores (até 20 mg/ℓ).

b) a zona de grandes concentrações de oxigênio dissolvido apresentou naquele estudo uma profundidade maior (60 cm)

c) a distribuição de oxigênio para camadas mais profundas em horários de 22 e 24 h foi observada por SILVA (1982), mas não foi verificada no presente trabalho.

#### 4.6 - pH

As figuras 4.17 a 4.32 (Anexo II) referem-se às variações de pH com o tempo, ao longo da coluna d'água das lagoas F9, M7, M8 e M9, durante o período experimental.

Os valores máximos de pH em dias ensolarados variaram de 6,8 a 8,2, na lagoa facultativa (F9), em horários de 14 a 18 h. Esses valores máximos foram observados entre a superfície da lagoa e 10 cm de profundidade. Os valores mínimos nesses dias variaram de 6,3 a 6,5. Esses valores foram determinados em horários e profundidades diversas, especialmente nas camadas mais profundas da lagoa. Nas lagoas de maturação, nos dias ensolarados, os valores máximos de pH variaram de 7,2 a 9,2. Esses valores foram obtidos entre 12 e 16 h, com predominância de 12 e 14 h. As profundidades rela

tivas a esses valores máximos situaram-se entre 0 e 30 cm. Por outro lado os valores mínimos de pH variaram de 6,5 a 7,7, ocorrendo principalmente no período noturno em horários e profundidades variadas, especialmente nas maiores profundidades dessas lagoas.

A figura 4.17 apresenta a maior variação de pH na coluna d'água para um mesmo horário, na lagoa facultativa (F9). O valor mínimo e o máximo, medidos às 14 h, foi de 6,85 e 8,2 respectivamente, apresentando uma diferença máxima de 1,35 unidades. Nas lagoas de maturação esses valores foram de 7,7 e 9,2 (figura 4.27) com uma diferença máxima na coluna d'água de 1,5 unidades. Contudo na lagoa final da série (M9) foi verificado que essas diferenças foram muito menores, apresentando um máximo de 0,5 unidades na coluna d'água. Esses resultados podem constituir-se numa indicação de que à medida que a água da lagoa torna-se menos poluída há uma menor respiração bacteriana e uma atividade fotossintética mais uniforme na coluna d'água.

As figuras 4.19, 4.25 e 4.31 apresentam as variações de pH, nos dias nublados. Nesses dias os valores máximos de pH, em toda a série variaram de 6,8 a 7,5, enquanto que os valores mínimos foram de 6,4 a 6,75. As variações máximas na coluna d'água foram de apenas 0,25 a 0,4 unidades. Essa pequena diferença de pH na coluna d'água pode ser atribuída a uma menor atividade de algas nesses dias. No entanto a lagoa de maturação (M8) apresentou uma maior concentração de oxigênio dissolvido num dia nublado do que naqueles ensolarados.

Os resultados obtidos neste trabalho são idênticos àqueles observados por SLESS (1974). Esse autor afirma que a operação de lagoas em série induz a um aumento de pH de lagoa para lagoa. Isto foi verificado no presente estudo, contudo os maiores valores foram registrados nas lagoas de maturação intermediárias (M7 e M8). No entanto esses valores se referem aos dois últimos experimentos (figuras 4.24 e 4.27). Há evidências, portanto que esses valores estão relaciona - dos com alterações na carga aplicada à lagoa e consequente mudança na flora das lagoas nesse período.

SLESS (1974) indica que as maiores variações de pH ocorreram em profundidades de 20 a 40 cm. No presente trabalho, os resultados mostraram que essas profundidades, foram substancialmente diferentes, ou seja, 5 a 15 cm nas lagoas facultativa (F9), de maturação (M7 e M8) e profundidades de 5 a 40 cm na última lagoa da série (M9). Há portanto uma indicação que essa profundidade aumenta à medida que a água está menos poluída. Isto poderia ser atribuído ao desenvolvivimento de algas a maiores profundidades na lagoa final da série. Foi constatado, além disso, que as diferenças de pH nessas camadas também diminuem com a evolução do processo de depuração. Desse modo evidencia-se a idéia de que nessa lagoa a produção fotossintética se dá de uma maneira mais homogênea na coluna d'água devido à maior penetração da luz solar nessa lagoa.

SHILLINGLAW & PIETERSE (1977) e de NOYELLES Jr (1967) afirmam que, geralmente, há uma relação direta entre concentração de clorofila a e pH em lagoas de estabilização. Os

primeiros observam que os altos valores de pH associados com baixas concentrações de clorofila a são devidos provavelmente a um metabolismo muito ativo das algas ou a outros fatores tais como: altas concentrações de amônia ou a absorção do bicarbonato pelas algas em águas com baixos níveis de CO<sub>2</sub>. Por outro lado de NOYELLES Jr (1967) indica que os baixos valores de pH estão associados às condições anaeróbias e altas cargas orgânicas. Os resultados obtidos estão de acordo com essa observação. Por outro lado esses resultados indicaram que os mais altos valores de pH, geralmente, estão associados às maiores concentrações de oxigênio dissolvido. No entanto neste trabalho nem sempre foi observada uma coincidência nas profundidades e horários dos valores máximos de oxigênio dissolvido e pH.

## CONCLUSÕES

A análise dos dados, relativos à estação de verão do sistema de lagoas profundas em série, permitiu formular as seguintes conclusões:

Em todas as lagoas estudadas (F9, M7, M8 e M9) foi observado um ciclo diário de estratificação térmica e mistura da massa líquida. Nessas lagoas o gradiente de temperatura foi marcante nos dias ensolarados.

Ocorreu uma sucessão de gêneros de algas ao longo da série de lagoas. Esta sucessão pode ser atribuída a alterações na carga orgânica de lagoa para lagoa. Com excessão de *Euglena* foi verificado um decréscimo no número de algas flageladas, (*Chlamydomonas* e *Pyrobotrys*) e um aumento de algas não flageladas (*Scenedesmus* e *Ankistrodesmus*). *Chlorella* apresentou sucessivos aumentos e decréscimos através da série. Apesar do aumento de *Euglena*, a população total de algas diminuiu substancialmente, ao longo do sistema de F9 a M9.

A distribuição de algas na coluna d'água, com base nos dados de contagem e variações na concentração de clorofila a, evidenciou a sua migração em direção à superfície e em direção ao fundo, em resposta às mudanças de intensidade luminosa.

Para uma mesma lagoa, em diferentes experimentos, fo-

ram observadas grandes variações nas concentrações máximas de clorofila a, principalmente na lagoa facultativa (F9) e na última lagoa de maturação (M9).

Durante o dia as lagoas estudadas se apresentaram, normalmente, com duas camadas bem distintas, ou seja, uma aeróbia próxima da superfície e uma anaeróbia na região mais profunda. No período noturno as variações de oxigênio dissolvido na coluna d'água apresentaram um comportamento muito variado. A lagoa facultativa (F9) sempre se apresentou anaeróbia. O mesmo ocorreu em 4 experimentos das lagoas de maturação (M7, M8 e M9). No entanto as lagoas de maturação (M8 e M9) apresentaram-se totalmente aeróbias em 3 experimentos e parcialmente aeróbias nos demais.

Altos valores de pH estiveram normalmente associados com grandes concentrações de oxigênio dissolvido. Os maiores valores de pH e concentrações de oxigênio dissolvido foram, normalmente, observados nas camadas superficiais das lagoas em consequência de uma maior atividade fotossintética, das algas, nessas camadas.

Do ponto de vista do crescimento e da dinâmica da população de algas e das alterações observadas no meio líquido, o sistema de lagoas profundas, em série, com cargas variando entre 97 e 400 Kg DBO<sub>5</sub>/ha.d apresentou resultados compatíveis com aqueles relatados em trabalhos com lagoas rasas: isto representa uma indicação da aplicabilidade de séries de lagoas com profundidades médias de 2,20 m, no tratamento de efluente doméstico.

### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BOKIL, S. D. & AGRAWAL, G. D. Stratification in laboratory simulations of shallow ponds. Water Research, vol. 11, 1977, 1025-1030p.
- BONEY, A. D. Phytoplankton, Edward Arnold Limited. London, 1976. 116p.
- BRANCO, S. M. Hidrobiologia aplicada à engenharia sanitária. São Paulo, CETESB, 1978. 620p.
- BUSH, A. F.; ISHERWOOD, J. D.; RODGI, S. Dissolved solids removal from wastewater by algae. Journal of the Sanitary Engineering Division - ASCE, vol. 87 N° SA3, 1961. 39-57p.
- de NOYELLES JR, F. Factors affecting phytoplankton distribution in a double - cell sewage lagoon. Journal of Phycology, 1967. 174-181p.
- DUST, J. V. & SHINDALA, A. Algal count and classification in oxidation ponds. Journal of Water Pollution Control Federation, vol. 42. N° 07, 1970. 1362-1370p.
- GOLDMANN, J. C.; PORCELLA, D. B.; MIDDLEBROOKS, E. J.; TOERIEN, D. F. The effect of carbon on algal growth-its relationship to eutrophication. Water Research, vol. 6, 1972. 637-679p.
- HALL, D. O. & RAO, K. K. Photosynthesis, Edward Arnold Limited London, 1976. 71p.

- HARTLEY, W. R. & WEISS, C. M. Light intensity and the vertical distribution of algae in tertiary oxidation ponds. *Water Research*, Nº 4, 1970. 751-763p.
- KÖNIG, A. Ecophysiological studies on some algae and bacteria of stabilization ponds. Tese de doutoramento. Universidade de Liverpool. Inglaterra, 1984. 175p.
- LUDWIG, H. F.; OSWALD, W. J.; GOTAAS, H. B.; LYNCH, V. Algae symbiosis in oxidation ponds. *Sewage and Industrial Wastes*, vol. 23, Nº 11, 1951. 1337-1355p.
- MARA, D. D.; PEARSON, H.; SILVA, S. A. Brazilian stabilization pond - research suggests low-cost urban application. *World Water*, Nº 6, 1983. 20-24p.
- Methods for Chemical Analysis of Fresh Waters. IBP Handbook, Nº 8, edited by Golterman, H. L & Clymo, R. S. Oxford, Blackweel Scientific Publications, 1971. 166p.
- MILLER, S.; ABELIOVICH, A.; BELFORT, G. Effects of high organic loading on mixed photosynthetic wastewater treatment. *Journal of Water Pollution Control Federation*, 1977. 437-440p.
- MORENO-GRAU, M. D.; SOLER, A.; SAEZ, J.; MORENO-CLAVEL, J. Thermal simulation of deep stabilization ponds. *Trib. Cebedeau*, Nº 491, Cebedoc, 1984. 403-410p.
- NEEL, J. K.; Mc DERMOTT, J. H.; MONDAY Jr, C. A. Experimental lagooning of raw sewage at Fayette Missouri. *Journal of Water Pollution Control Federation*, vol. 33, 1961. 603-641p.

- PALMER, C. M. A composite rating of algae tolerating organic pollution. *Journal of Phycology*, Nº 5, 1969. 78-82p.
- PATIL, H. S.; DODAKUNDI, G. B.; RODGI, S. S. Succession in zoo and phytoplankton in sewage stabilization pond. *Hidrobiology*. vol. 47, 1975. 253-264p.
- PIATTI NETTO, C. L. Eficiência de um sistema de lagoas de estabilização em série no tratamento de esgotos domésticos no Nordeste do Brasil. Dissertação de mestrado. Universidade Federal da Paraíba. Campina Grande, 1981, 89p.
- RAI, H. The measurement of photosynthetic pigments in freshwaters and standardization of methods. *Archiv. Hidrobiologie Beih Ergebn. Limnol.* vol. 14. 1980. 91-106p.
- REMMERT, H. *Ecologia*. EPU - Springer - Ed. da Universidade de São Paulo. São Paulo, 1982. 335p.
- ROUND, F. E. *The ecology of algae*. Cambridge University Press. Cambridge, 1981. 653p.
- SHILLINGLAW, S. N. & PIETERSE, A. J. H. Observation on algae populations in an experimental maturation pond sistem. *Water S.A.*, vol. 3, Nº 4. 1977. 183-192p.
- SILVA, S. A. On the treatment of domestic sewage in stabilization ponds in Northeast Brazil. Tese de doutoramento. Universidade de Dundee. Escócia, 1982. 236p.
- SILVA, S. A. & MARA, D. D. Tratamentos biológicos de águas residuárias - Lagoas de estabilização. ABES, Rio de Janeiro, 1979. 140p.

SIESS, J. B. Biological and chemical aspects of stabilization pond design. Review on Enviromental Health, vol. 1, Nº 4, 1974. 327-354p.

SOARES, J. Avaliação do comportamento de um sistema de lagoas de estabilização profundas em série. Dissertação de mestrado. Universidade Federal da Paraíba. Campina Grande, 1985. 64p.

Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 15<sup>th</sup> edition. Washington, 1980. 1134p.

STANIER, R. Y.; DOUDOROFF, M.; ADELBERG, E. A. Mundo dos Microbios. Editora Edgard Blücher Ltda - EDUSP, 1969. 741p.

TSCHÖRTNER, U. S. The determination of chlorophyll a in algæ and its application in South African oxidation ponds. Water Research, vol. 1, 1967. 785-793p.

ANEXO I (\*)

(\*) O gênero de alga identificado como *Euglena I* refere-se à *Euglena minor* e *Euglena II* refere-se à *Euglena sp.*

*Oscillatoria I* refere-se a algas com diâmetro médio do tri  
coma = 10  $\mu\text{m}$  e *Oscillatoria II* refere-se a algas com diâ  
metro médio do tricoma = 1  $\mu\text{m}$ .

QUADRO 4.4 - Identificação e contagem de gêneros de algas presentes na coluna d'água durante um período de 24 horas na lagoa facultativa F 9 (25-26/11/86). A profundidade está expressa em cm e algas em número de células  $\times 10^4 \cdot \text{ml}^{-1}$ .

| HORA  | GÊNEROS \ PROFUNDIDADE | 05    | 10    | 20   | 35   | 145  |
|-------|------------------------|-------|-------|------|------|------|
| 06:00 | Euglena II             | 0     | 0     | 0    | 0    | 0,5  |
|       | Pyrobetrys             | 0,5   | 0,5   | 1,5  | 1,5  | 0,5  |
|       | Chlamydomonas          | 0     | 0,5   | 0,5  | 1,5  | 0    |
|       | Navicula               | 0     | 0     | 0,5  | 0    | 0    |
| HORA  | GÊNEROS \ PROFUNDIDADE | 05    | 10    | 15   | 25   | 145  |
| 08:00 | Pyrobetrys             | 8,5   | 4,5   | 1,5  | 0,5  | 0,5  |
|       | Chlamydomonas          | 0     | 0     | 0    | 0,5  | 0    |
|       | Navicula               | 0     | 0     | 0    | 0,5  | 0    |
| HORA  | GÊNEROS \ PROFUNDIDADE | 0     | 05    | 10   | 15   | 35   |
| 10:00 | Pyrobetrys             | 4,5   | 2,5   | 0    | 1,5  | 0    |
|       | Chlamydomonas          | 0     | 0     | 0,5  | 3,5  | 0    |
|       | Chlorella              | 130,0 | 137,5 | 10,0 | 10,0 | 7,5  |
| HORA  | GÊNEROS \ PROFUNDIDADE | 0     | 5     | 10   | 15   | 35   |
| 12:00 | Pyrobetrys             | 0     | 0     | 0,5  | 0    | 0    |
|       | Chlamydomonas          | 0     | 0     | 9,5  | 6,5  | 2,0  |
|       | Chlorella              | 160,0 | 227,5 | 32,5 | 40,0 | 27,5 |
| HORA  | GÊNEROS \ PROFUNDIDADE | 0     | 5     | 10   | 15   | 35   |
| 14:00 | Pyrobetrys             | 0     | 0     | 4,5  | 0,5  | 0    |
|       | Chlamydomonas          | 0,5   | 0     | 2,0  | 1,0  | 0,5  |
|       | Chlorella              | 215,0 | 127,5 | 10,0 | 7,5  | 17,5 |
| HORA  | GÊNEROS \ PROFUNDIDADE | 0     | 5     | 10   | 15   | 35   |
| 16:00 | Oscillatoria I         | 0     | 0,5   | 0    | 0    | 0    |
|       | Pyrobetrys             | 0,5   | 1,5   | 2,5  | 4,5  | 0    |
|       | Chlamydomonas          | 0     | 0     | 4,0  | 2,5  | 2,5  |
|       | Chlorella              | 152,5 | 85,0  | 37,5 | 10,0 | 5,0  |
| HORA  | GÊNEROS \ PROFUNDIDADE | 0     | 05    | 10   | 15   | 35   |
| 18:00 | Pyrobetrys             | 1     | 1     | 1,5  | 0,5  | 0,5  |
|       | Chlamydomonas          | 1,5   | 0,5   | 2,5  | 2,0  | 7,5  |
|       | Chlorella              | 11,0  | 27,5  | 55,0 | 7,5  | 5,0  |
| HORA  | GÊNEROS \ PROFUNDIDADE | 0     | 10    | 20   | 35   | 190  |
| 20:00 | Pyrobetrys             | 0,5   | 3,5   | 0,5  | 0,5  | 0    |
|       | Chlamydomonas          | 1,0   | 2,5   | 1,0  | 1,0  | 0    |
|       | Chlorella              | 7,5   | 5,0   | 10,0 | 12,5 | 17,5 |
| HORA  | GÊNEROS \ PROFUNDIDADE | 0     | 10    | 20   | 35   | 190  |
| 22:00 | Oscillatoria I         | 0     | 0     | 0    | 0    | 0,5  |
|       | Pyrobetrys             | 0     | 0     | 0    | 0,5  | 0    |
|       | Chlorella              | 17,5  | 5,0   | 10,0 | 12,5 | 22,5 |
| HORA  | GÊNEROS \ PROFUNDIDADE | 0     | 10    | 20   | 35   | 190  |
| 24:00 | Pyrobetrys             | 1,0   | 0,5   | 0    | 0    | 0,5  |
|       | Chlamydomonas          | 0     | 0     | 0,5  | 0,5  | 0    |
|       | Chlorella              | 60,0  | 27,5  | 15,0 | 35,0 | 2,5  |
| HORA  | GÊNEROS \ PROFUNDIDADE | 0     | 10    | 20   | 35   | 190  |
| 02:00 | Pyrobetrys             | 0,5   | 0,5   | 2,0  | 0,5  | 0    |
|       | Chlamydomonas          | 1,5   | 1,0   | 0    | 0    | 0    |
|       | Chlorella              | 30,0  | 17,5  | 30,0 | 15,0 | 2,5  |
| HORA  | GÊNEROS \ PROFUNDIDADE | 0     | 10    | 20   | 35   | 145  |
| 04:00 | Pyrobetrys             | 0     | 0     | 0    | 0,5  | 0    |
|       | Chlamydomonas          | 0     | 0     | 0,5  | 1,0  | 1,0  |
|       | Chlorella              | 10,0  | 7,5   | 5,0  | 5,0  | 5,0  |
| HORA  | GÊNEROS \ PROFUNDIDADE | 0     | 5     | 15   | 35   | 95   |
| 06:00 | Pyrobetrys             | 0,5   | 1,0   | 0    | 0    | 0    |
|       | Chlamydomonas          | 0     | 0     | 0    | 0,5  | 1,5  |
|       | Chlorella              | 12,5  | 12,5  | 7,5  | 2,5  | 2,5  |

QUADRO 4.5 - Identificação e contagem de gêneros de algas presentes na coluna d'água durante um período de 24 horas na lagoa facultativa F 9 (15-17/12/85). A profundidade está expressa em cm e algas em número de células  $\times 10^4 \cdot \text{m}^{-1}$ .

| HORA  | GÊNEROS \ PROFUNDIDADE | 0     | 5     | 35   | 145  | 190  |
|-------|------------------------|-------|-------|------|------|------|
| 06:00 | <i>Oscillatoria</i> II | 0,5   | 0,5   | 0    | 0    | 0    |
|       | <i>Pyrobotrys</i>      | 1,5   | 1,0   | 0    | 0    | 0,5  |
|       | <i>Chlamydomonas</i>   | 0,5   | 0     | 0    | 0    | 0,5  |
|       | <i>Chlorella</i>       | 35,0  | 40,0  | 92,5 | 22,5 | 7,5  |
| HORA  | GÊNEROS \ PROFUNDIDADE | 0     | 5     | 10   | 20   | 35   |
| 08:00 | <i>Pyrobotrys</i>      | 0     | 0,5   | 1,5  | 0    | 0    |
|       | <i>Chlamydomonas</i>   | 0     | 0     | 0    | 0    | 0,5  |
|       | <i>Chlorella</i>       | 22,5  | 25,0  | 12,5 | 17,5 | 5,0  |
|       |                        |       |       |      |      |      |
| HORA  | GÊNEROS \ PROFUNDIDADE | 0     | 5     | 10   | 15   | 20   |
| 10:00 | <i>Oscillatoria</i> I  | 1,0   | 0     | 0    | 0    | 0    |
|       | <i>Pyrobotrys</i>      | 0     | 0,5   | 3,0  | 1,5  | 1,0  |
|       | <i>Chlamydomonas</i>   | 2,0   | 10,75 | 3,0  | 1,0  | 2,5  |
|       | <i>Chlorella</i>       | 445,0 | 10,0  | 17,5 | 10,0 | 10,0 |
|       | <i>Scenedesmus</i>     | 1,0   | 0     | 0    | 0    | 0    |
|       | <i>Navicula</i>        | 28,5  | 0     | 0    | 0    | 0    |
|       |                        |       |       |      |      |      |
| HORA  | GÊNEROS \ PROFUNDIDADE | 0     | 5     | 10   | 15   | 20   |
| 12:00 | <i>Pyrobotrys</i>      | 0     | 12,5  | 2,5  | 1,5  | 0    |
|       | <i>Chlamydomonas</i>   | 1,0   | 0     | 7,0  | 4,0  | 1,0  |
|       | <i>Chlorella</i>       | 12,5  | 10,0  | 10,0 | 5,0  | 5,0  |
|       | <i>Navicula</i>        | 0     | 0,5   | 0    | 0    | 0    |
| HORA  | GÊNEROS \ PROFUNDIDADE | 0     | 5     | 10   | 15   | 20   |
| 14:00 | <i>Oscillatoria</i> I  | 1,5   | 0     | 0    | 0    | 0    |
|       | <i>Pyrobotrys</i>      | 0     | 0     | 1,0  | 0    | 0,5  |
|       | <i>Chlamydomonas</i>   | 0     | 0,5   | 3,5  | 1,0  | 2,0  |
|       | <i>Chlorella</i>       | 42,5  | 22,5  | 5,0  | 10,0 | 2,5  |
|       | <i>Navicula</i>        | 0,5   | 0     | 0    | 0    | 0    |
| HORA  | GÊNEROS \ PROFUNDIDADE | 0     | 10    | 15   | 35   | 65   |
| 16:00 | <i>Pyrobotrys</i>      | 1,0   | 1,0   | 0,5  | 0    | 0,5  |
|       | <i>Chlamydomonas</i>   | 0     | 4,0   | 4,5  | 1,5  | 0,5  |
|       | <i>Chlorella</i>       | 2,5   | 5,0   | 12,5 | 25,0 | 2,5  |
| HORA  | GÊNEROS \ PROFUNDIDADE | 10    | 15    | 20   | 35   | 65   |
| 18:00 | <i>Pyrobotrys</i>      | 0,5   | 1,5   | 1,0  | 0,5  | 0,5  |
|       | <i>Chlamydomonas</i>   | 0     | 2,0   | 0,5  | 0,5  | 0,5  |
|       | <i>Chlorella</i>       | 22,5  | 20    | 17,5 | 2,5  | 5,0  |
| HORA  | GÊNEROS \ PROFUNDIDADE | 0     | 10    | 20   | 65   | 95   |
| 20:00 | <i>Pyrobotrys</i>      | 0     | 0     | 1,0  | 1,0  | 1,5  |
|       | <i>Chlamydomonas</i>   | 1,5   | 2,0   | 2,5  | 0    | 0    |
|       | <i>Chlorella</i>       | 5,0   | 7,5   | 5    | 5    | 2,5  |
| HORA  | GÊNEROS \ PROFUNDIDADE | 5     | 15    | 35   | 65   | 95   |
| 22:00 | <i>Oscillatoria</i> I  | 0     | 0     | 0    | 0,5  | 0    |
|       | <i>Oscillatoria</i> II | 0     | 0     | 0    | 0,5  | 0,5  |
|       | <i>Pyrobotrys</i>      | 0     | 0     | 0    | 0    | 0,5  |
|       | <i>Chlamydomonas</i>   | 0,5   | 1,0   | 0,5  | 0    | 0,5  |
|       | <i>Chlorella</i>       | 7,5   | 7,5   | 10,0 | 2,5  | 7,5  |
| HORA  | GÊNEROS \ PROFUNDIDADE | 0     | 5     | 10   | 15   | 35   |
| 24:00 | <i>Pyrobotrys</i>      | 0,5   | 0     | 0    | 1,0  | 1,0  |
|       | <i>Chlamydomonas</i>   | 0,5   | 0,5   | 0    | 0    | 0    |
|       | <i>Chlorella</i>       | 5,0   | 22,5  | 5,0  | 10,0 | 7,5  |
| HORA  | GÊNEROS \ PROFUNDIDADE | 0     | 5     | 15   | 20   | 35   |
| 02:00 | <i>Pyrobotrys</i>      | 0,5   | 0     | 0,5  | 0    | 0    |
|       | <i>Chlamydomonas</i>   | 0     | 0     | 1,5  | 0,5  | 0,5  |
|       | <i>Chlorella</i>       | 10,0  | 5,0   | 7,5  | 10,0 | 5,0  |
| HORA  | GÊNEROS \ PROFUNDIDADE | 0     | 5     | 10   | 20   | 35   |
| 04:00 | <i>Pyrobotrys</i>      | 0,5   | 0     | 0    | 0    | 0,5  |
|       | <i>Chlamydomonas</i>   | 0     | 1,5   | 0    | 0,5  | 1,0  |
|       | <i>Chlorella</i>       | 2,5   | 10,0  | 12,5 | 2,5  | 20,0 |
| HORA  | GÊNEROS \ PROFUNDIDADE | 0     | 5     | 15   | 20   | 35   |
| 06:00 | <i>Pyrobotrys</i>      | 0,5   | 0,5   | 0,5  | 0,5  | 0,5  |
|       | <i>Chlamydomonas</i>   | 1,0   | 0     | 0    | 1,0  | 0    |
|       | <i>Chlorella</i>       | 12,5  | 15,0  | 7,5  | 10,0 | 17,5 |

QUADRO 4.6 - Identificação e contagem de gêneros de algas presentes na coluna d'água durante um período de 24 horas na lagoa facultativa F 9 (22-23/01/86). A profundidade está expressa em cm e algas em número de células  $\times 10^4 \cdot \text{mL}^{-1}$ .

| HORA  | GÊNEROS \ PROFUNDIDADE | 5   | 10  | 15   | 65   | 190 |
|-------|------------------------|-----|-----|------|------|-----|
| 06:00 | <i>Chlamydomonas</i>   | 0,5 | 0,5 | 1,5  | 0    | 1,0 |
|       | <i>Chlorella</i>       | 4,5 | 3,0 | 42,5 | 5,0  | 1,0 |
| HORA  | GÊNEROS \ PROFUNDIDADE | 0   | 15  | 65   | 145  | 190 |
| 08:00 | <i>Chlamydomonas</i>   | 1,0 | 0   | 0    | 0,5  | 0   |
|       | <i>Chlorella</i>       | 2,5 | 2,5 | 5,5  | 2,0  | 2,0 |
| HORA  | GÊNEROS \ PROFUNDIDADE | 0   | 10  | 25   | 65   | 145 |
| 10:00 | <i>Chlamydomonas</i>   | 0,5 | 1,0 | 3,0  | 1,5  | 0   |
|       | <i>Chlorella</i>       | 4,0 | 0,5 | 2,5  | 4,0  | 1,5 |
| HORA  | GÊNEROS \ PROFUNDIDADE | 0   | 15  | 35   | 145  | 190 |
| 12:00 | <i>Pyrobotrys</i>      | 0,5 | 0   | 0    | 0    | 0   |
|       | <i>Chlamydomonas</i>   | 3,0 | 1,5 | 1,5  | 0,5  | 0   |
|       | <i>Chlorella</i>       | 2,5 | 5,0 | 3,5  | 2,0  | 1,0 |
| HORA  | GÊNEROS \ PROFUNDIDADE | 0   | 10  | 25   | 95   | 145 |
| 14:00 | <i>Chlamydomonas</i>   | 2,5 | 4,5 | 2,0  | 0,5  | 0   |
|       | <i>Chlorella</i>       | 1,0 | 2,0 | 1,5  | 2,5  | 1,5 |
| HORA  | GÊNEROS \ PROFUNDIDADE | 0   | 15  | 65   | 145  | 190 |
| 16:00 | <i>Chlamydomonas</i>   | 1,5 | 4,5 | 0    | 0,5  | 0   |
|       | <i>Chlorella</i>       | 3,0 | 3,5 | 1,0  | 1,5  | 1,0 |
| HORA  | GÊNEROS \ PROFUNDIDADE | 0   | 25  | 95   | 145  | 190 |
| 18:00 | <i>Pyrobotrys</i>      | 0   | 0   | 0    | 0,5  | 0   |
|       | <i>Chlamydomonas</i>   | 2,0 | 1,0 | 1,5  | 0,5  | 1,0 |
|       | <i>Chlorella</i>       | 0   | 2,0 | 1,0  | 13,5 | 2,0 |
| HORA  | GÊNEROS \ PROFUNDIDADE | 0   | 25  | 65   | 145  | 190 |
| 20:00 | <i>Euglena II</i>      | 0   | 0   | 0    | 0    | 0,5 |
|       | <i>Pyrobotrys</i>      | 0   | 0   | 0,5  | 0    | 0   |
|       | <i>Chlamydomonas</i>   | 1,5 | 0,5 | 3,5  | 0,5  | 1,0 |
|       | <i>Chlorella</i>       | 1,5 | 3,0 | 1,5  | 3,5  | 2,0 |
| HORA  | GÊNEROS \ PROFUNDIDADE | 0   | 35  | 95   | 145  | 190 |
| 22:00 | <i>Chlamydomonas</i>   | 2,0 | 2,0 | 0,5  | 2,5  | 1,0 |
|       | <i>Chlorella</i>       | 0,5 | 3,0 | 1,5  | 2,5  | 2,5 |
| HORA  | GÊNEROS \ PROFUNDIDADE | 0   | 15  | 35   | 95   | 190 |
| 24:00 | <i>Oscillatoria II</i> | 0   | 0   | 0    | 0    | 0,5 |
|       | <i>Chlamydomonas</i>   | 1,5 | 0   | 1,0  | 0    | 0,5 |
|       | <i>Chlorella</i>       | 2,0 | 1,5 | 1,5  | 1,5  | 0,5 |
| HORA  | GÊNEROS \ PROFUNDIDADE | 0   | 15  | 35   | 95   | 190 |
| 02:00 | <i>Chlamydomonas</i>   | 1,0 | 0,5 | 0    | 1,0  | 2,5 |
|       | <i>Chlorella</i>       | 4,0 | 1,0 | 3,5  | 0,5  | 1,0 |
| HORA  | GÊNEROS \ PROFUNDIDADE | 0   | 10  | 25   | 65   | 190 |
| 04:00 | <i>Pyrobotrys</i>      | 0,5 | 0   | 0    | 0    | 0   |
|       | <i>Chlamydomonas</i>   | 0,5 | 0,5 | 0,5  | 1,5  | 0,5 |
|       | <i>Chlorella</i>       | 8,5 | 2,0 | 1,0  | 0,5  | 0,5 |
| HORA  | GÊNEROS \ PROFUNDIDADE | 0   | 15  | 35   | 95   | 190 |
| 06:00 | <i>Chlamydomonas</i>   | 0,5 | 1,0 | 2,0  | 0,5  | 0,5 |
|       | <i>Chlorella</i>       | 2,5 | 2,5 | 0,5  | 1,5  | 2,0 |

QUADRO 4.7 - Identificação e contagem de gêneros de algas presentes na coluna d'água durante um período de 24 horas na lagoa facultativa F 9 (26-27/02/86). A profundidade está expressa em cm e algas em número de células x  $10^3 \cdot \text{mL}^{-1}$ .

| HORA  | GÊNEROS \ PROFUNDIDADE | 0    | 15   | 65    | 95   | 190  |
|-------|------------------------|------|------|-------|------|------|
| 06:00 | Chlamydomonas          | 12,5 | 8,0  | 4,5   | 13,0 | 13,0 |
|       | Chlorella              | 1,5  | 0    | 0     | 0    | 1,5  |
| HORA  | GÊNEROS \ PROFUNDIDADE | 0    | 5    | 10    | 15   | 35   |
| 08:00 | Pyrobacillus           | 2,0  | 1,5  | 0,5   | 1,0  | 0,5  |
|       | Chlamydomonas          | 34,0 | 50,5 | 10,0  | 19,5 | 5,5  |
| HORA  | GÊNEROS \ PROFUNDIDADE | 0    | 5    | 10    | 15   | 25   |
| 10:00 | Euglena II             | 0,5  | 0    | 0,5   | 0    | 0    |
|       | Pyrobacillus           | 1,0  | 0,5  | 0,5   | 0    | 0    |
|       | Chlamydomonas          | 3,0  | 23,0 | 9,0   | 33,0 | 4,0  |
|       | Chlorella              | 0    | 0    | 1,5   | 43,0 | 5,0  |
| HORA  | GÊNEROS \ PROFUNDIDADE | 0    | 5    | 10    | 15   | 25   |
| 12:00 | Pyrobacillus           | 0    | 0,5  | 1,0   | 6,5  | 0,5  |
|       | Chlamydomonas          | 3,0  | 30,5 | 15,0  | 43,5 | 10,5 |
|       | Chlorella              | 0    | 0    | 0     | 7,5  | 0    |
| HORA  | GÊNEROS \ PROFUNDIDADE | 0    | 10   | 15    | 25   | 190  |
| 14:00 | Pyrobacillus           | 0    | 0    | 1,5   | 0,5  | 0    |
|       | Chlamydomonas          | 8,5  | 27,0 | 44,0  | 16,0 | 8,0  |
|       | Chlorella              | 5,0  | 0,5  | 2,0   | 0,5  | 0,5  |
| HORA  | GÊNEROS \ PROFUNDIDADE | 0    | 5    | 15    | 25   | 190  |
| 16:00 | Euglena II             | 0    | 0,5  | 0     | 0    | 0    |
|       | Pyrobacillus           | 0,5  | 0,5  | 0,5   | 0,5  | 0    |
|       | Chlamydomonas          | 34,0 | 26,0 | 112,0 | 25,0 | 3,5  |
|       | Chlorella              | 4,5  | 3,5  | 1,0   | 0,5  | 1,5  |
| HORA  | GÊNEROS \ PROFUNDIDADE |      |      |       |      |      |
| 18:00 | (*)                    |      |      |       |      |      |
| HORA  | GÊNEROS \ PROFUNDIDADE | 0    | 10   | 25    | 95   | 190  |
| 20:00 | Oscillatoria I         | 0    | 0,75 | 0     | 0    | 0    |
|       | Euglena II             | 0    | 0    | 0,5   | 0    | 0    |
|       | Pyrobacillus           | 0    | 1,0  | 0,5   | 0    | 0    |
|       | Chlamydomonas          | 15,0 | 18,0 | 13,0  | 10,5 | 2,0  |
|       | Chlorella              | 3,0  | 5,0  | 0     | 1,0  | 0    |
| HORA  | GÊNEROS \ PROFUNDIDADE | 0    | 10   | 25    | 95   | 190  |
| 22:00 | Pyrobacillus           | 0,5  | 0    | 0     | 0    | 0    |
|       | Chlamydomonas          | 9,5  | 10,0 | 7,0   | 13,5 | 4,5  |
|       | Chlorella              | 5,5  | 0,5  | 6,5   | 3,0  | 0    |
| HORA  | GÊNEROS \ PROFUNDIDADE | 5    | 25   | 65    | 95   | 190  |
| 24:00 | Pyrobacillus           | 1,0  | 0,5  | 0     | 0    | 0    |
|       | Chlamydomonas          | 7,0  | 6,0  | 6,0   | 8,0  | 5,0  |
|       | Chlorella              | 0,5  | 1,0  | 1,0   | 2,5  | 0,5  |
|       | Navicula               | 0,5  | 0    | 0     | 0    | 0    |
| HORA  | GÊNEROS \ PROFUNDIDADE | 0    | 10   | 15    | 145  | 190  |
| 02:00 | Pyrobacillus           | 0    | 0    | 0     | 0    | 0,5  |
|       | Chlamydomonas          | 10,0 | 5,5  | 7,5   | 8,5  | 4,5  |
|       | Chlorella              | 0    | 0    | 0,5   | 2,0  | 2,0  |
| HORA  | GÊNEROS \ PROFUNDIDADE | 0    | 5    | 15    | 35   | 95   |
| 04:00 | Pyrobacillus           | 1,0  | 0    | 0,5   | 0,5  | 0,5  |
|       | Chlamydomonas          | 8,0  | 4,5  | 4,0   | 9,5  | 3,5  |
|       | Chlorella              | 0,5  | 2,0  | 0     | 1,5  | 1,0  |
| HORA  | GÊNEROS \ PROFUNDIDADE | 0    | 25   | 95    | 145  | 190  |
| 06:00 | Pyrobacillus           | 0    | 0    | 0     | 1,5  | 0    |
|       | Chlamydomonas          | 6,0  | 5,0  | 16,0  | 10,5 | 10,5 |
|       | Chlorella              | 1,0  | 2,0  | 4,5   | 3,0  | 1,5  |
| HORA  | GÊNEROS \ PROFUNDIDADE | 0    | 10   | 25    | 65   | 190  |
| 08:00 | Euglena I              | 1,5  | 0,5  | 1,5   | 0    | 3,0  |
|       | Pyrobacillus           | 0    | 0    | 0     | 0,5  | 0    |
|       | Chlamydomonas          | 1,0  | 1,5  | 1,0   | 1,5  | 1,0  |
|       | Ankistrodesmus         | 0,5  | 0    | 0     | 0    | 0    |
| HORA  | GÊNEROS \ PROFUNDIDADE | 0    | 10   | 35    | 95   | 190  |
| 10:00 | Euglena I              | 1,0  | 1,0  | 1,0   | 1,0  | 3,0  |
|       | Chlamydomonas          | 0    | 0    | 0,5   | 0    | 0    |
|       | Ankistrodesmus         | 0    | 0    | 0,5   | 0    | 0    |

(\*) Faltou energia.

QUADRO 4.8 - Identificação e contagem de gêneros de algas presente na coluna d'água durante um período de 24 horas na lagoa facultativa F 9 (19-20/03/86). A profundidade está expressa em cm e algas em número de células  $\times 10^4 \cdot \text{ml}^{-1}$ .

| HORA  | GÊNEROS \ PROFUNDIDADE | 0     | 10  | 35  | 95   | 190 |
|-------|------------------------|-------|-----|-----|------|-----|
| 06:00 | Euglena II             | 0,5   | 0,5 | 0   | 0    | 0   |
|       | Pyrobotrys             | 0     | 0   | 0,5 | 0    | 0   |
|       | Chlamydomonas          | 0     | 0   | 0   | 1,0  | 1,0 |
|       |                        |       |     |     |      |     |
| HORA  | GÊNEROS \ PROFUNDIDADE | 0     | 5   | 35  | 95   | 190 |
| 08:00 | Pyrobotrys             | 0     | 0   | 0   | 0,5  | 0   |
|       | Chlamydomonas          | 2,0   | 1,0 | 1,5 | 0    | 0,5 |
|       | Chlorella              | 0     | 1,0 | 0   | 0    | 0,5 |
|       |                        |       |     |     |      |     |
| HORA  | GÊNEROS \ PROFUNDIDADE | 0     | 10  | 15  | 25   | 190 |
| 10:00 | Pyrobotrys             | 0,5   | 0   | 0   | 0    | 0   |
|       | Chlamydomonas          | 0,5   | 0,5 | 0   | 2,0  | 0   |
|       | Chlorella              | 0,5   | 0   | 0,5 | 0    | 0,5 |
|       |                        |       |     |     |      |     |
| HORA  | GÊNEROS \ PROFUNDIDADE | 5     | 10  | 15  | 35   | 190 |
| 12:00 | Euglena II             | 0     | 0   | 0   | 0    | 0,5 |
|       | Pyrobotrys             | 0     | 0   | 0,5 | 0    | 0   |
|       | Chlamydomonas          | 1,5   | 0,5 | 4,5 | 0,5  | 0,5 |
|       | Navicula               | 0     | 0   | 0   | 0,5  | 0   |
| HORA  | GÊNEROS \ PROFUNDIDADE | 5     | 10  | 15  | 25   | 190 |
| 14:00 | Chlamydomonas          | 1,0   | 2,0 | 1,0 | 4,5  | 0,5 |
| HORA  | GÊNEROS \ PROFUNDIDADE | 5     | 10  | 15  | 25   | 190 |
| 16:00 | Oscillatoria           | 0     | 0   | 0,5 | 0    | 0   |
|       | Chlamydomonas          | 1,0   | 1,0 | 2,0 | 1,0  | 0   |
|       | Chlorella              | 0     | 0,5 | 1,0 | 0    | 0   |
|       |                        |       |     |     |      |     |
| HORA  | GÊNEROS \ PROFUNDIDADE | 0     | 15  | 35  | 95   | 190 |
| 18:00 | Oscillatoria           | 0     | 0   | 0,5 | 0    | 0   |
|       | Chlamydomonas          | 0     | 0   | 0,5 | 1,5  | 0   |
|       | Chlorella              | 0     | 0   | 0   | 0    | 1,0 |
|       |                        |       |     |     |      |     |
| HORA  | GÊNEROS \ PROFUNDIDADE | 0     | 15  | 35  | 95   | 190 |
| 20:00 | Euglena II             | 0,5   | 0   | 0   | 0    | 0   |
|       | Chlamydomonas          | 0,5   | 0   | 1,0 | 1,0  | 0,5 |
|       | Chlorella              | 0,5   | 1,0 | 0   | 0    | 0   |
|       |                        |       |     |     |      |     |
| HORA  | GÊNEROS \ PROFUNDIDADE | 0     | 5   | 35  | 95   | 190 |
| 22:00 | Chlamydomonas          | 0     | 2,0 | 0,5 | 1,0  | 1,0 |
|       | Chlorella              | 1,0   | 0   | 0,5 | 0    | 0,5 |
|       |                        |       |     |     |      |     |
| HORA  | GÊNEROS \ PROFUNDIDADE | 0 (*) | 15  | 35  | 95   | 190 |
| 24:00 | Euglena II             |       | 0,5 | 0   | 0    | 0   |
|       | Chlamydomonas          |       | 0   | 1,5 | 0,5  | 0   |
|       | Chlorella              |       | 2,0 | 2,5 | 0    | 0,5 |
|       |                        |       |     |     |      |     |
| HORA  | GÊNEROS \ PROFUNDIDADE | 0     | 15  | 35  | 95   | 190 |
| 02:00 | Chlamydomonas          | 2,0   | 1,0 | 0   | 1,5  | 0,5 |
|       | Chlorella              | 0,5   | 1,0 | 0,5 | 14,0 | 0   |
|       |                        |       |     |     |      |     |
| HORA  | GÊNEROS \ PROFUNDIDADE | 5     | 15  | 35  | 95   | 190 |
| 04:00 | Chlamydomonas          | 0     | 0   | 0,5 | 0    | 0   |
|       | Chlorella              | 1,5   | 0,5 | 0   | 1,0  | 0,5 |
| HORA  | GÊNEROS \ PROFUNDIDADE | 0     | 10  | 35  | 95   | 190 |
| 06:00 | Chlamydomonas          | 0,5   | 1,5 | 1,5 | 0    | 0,5 |
|       | Chlorella              | 1,0   | 1,0 | 0   | 0,5  | 0   |

(\*) Amostra perdida.

QUADRO 4.9 - Identificação e contagem de gêneros de algas presentes na coluna d'água durante um período de 24 horas na lagoa de maturação M 7 (29-30/01/86). A profundidade está expressa em cm e algas em número de células x 10<sup>4</sup>.mL<sup>-1</sup>.

| HORA  | GÊNEROS \ PROFUNDIDADE | 0    | 5    | 35   | 65   | 190  |
|-------|------------------------|------|------|------|------|------|
| 06:00 | Euglena II             | 0    | 0    | 0    | 1,0  | 0,5  |
|       | Pyrobotrys             | 0    | 0    | 0    | 0,5  | 0    |
|       | Chlamydomonas          | 9,5  | 11,0 | 12,5 | 21,0 | 7,0  |
|       | Chlorella              | 4,0  | 2,5  | 3,0  | 4,5  | 2,5  |
| HORA  | GÊNEROS \ PROFUNDIDADE | 0    | 5    | 10   | 15   | 25   |
| 08:00 | Oscillatoria           | 0    | 0    | 0,5  | 0    | 0    |
|       | Euglena II             | 0    | 0    | 0    | 1,0  | 0    |
|       | Pyrobotrys             | 4,5  | 2,5  | 1,5  | 0,5  | 0,5  |
|       | Chlamydomonas          | 6,0  | 6,0  | 7,0  | 11,0 | 23,5 |
|       | Chlorella              | 7,5  | 2,5  | 5,0  | 2,0  | 2,5  |
| HORA  | GÊNEROS \ PROFUNDIDADE | 0    | 5    | 10   | 25   | 65   |
| 10:00 | Pyrobotrys             | 0    | 1,0  | 2,5  | 0    | 0    |
|       | Chlamydomonas          | 0,5  | 2,0  | 0,5  | 4,0  | 10,0 |
|       | Chlorella              | 4,5  | 4,5  | 9,5  | 4,0  | 2,5  |
| HORA  | GÊNEROS \ PROFUNDIDADE | 0    | 5    | 10   | 25   | 65   |
| 12:00 | Pyrobotrys             | 0    | 0,5  | 0,5  | 0,5  | 0    |
|       | Chlamydomonas          | 1,0  | 0,5  | 0,5  | 5,5  | 7,5  |
|       | Chlorella              | 29,0 | 12,5 | 10,5 | 5,0  | 7,5  |
| HORA  | GÊNEROS \ PROFUNDIDADE |      |      |      |      |      |
| 14:00 | (*)                    |      |      |      |      |      |
| HORA  | GÊNEROS \ PROFUNDIDADE | 5    | 10   | 25   | 35   | 65   |
| 16:00 | Oscillatoria II        | 0    | 0    | 0    | 0    | 0,5  |
|       | Chlamydomonas          | 0,5  | 4,0  | 1,0  | 7,0  | 6,0  |
|       | Chlorella              | 20,0 | 14,5 | 7,0  | 35,0 | 5,5  |
| HORA  | GÊNEROS \ PROFUNDIDADE | 0    | 10   | 35   | 95   | 190  |
| 18:00 | Pyrobotrys             | 0,5  | 0    | 0,0  | 0,5  | 0    |
|       | Chlamydomonas          | 0    | 0    | 8,0  | 8,5  | 19,0 |
|       | Chlorella              | 10,0 | 7,5  | 9,0  | 10,0 | 6,5  |
| HORA  | GÊNEROS \ PROFUNDIDADE | 0    | 10   | 35   | 95   | 190  |
| 20:00 | Euglena II             | 0,5  | 0    | 0    | 0    | 0    |
|       | Pyrobotrys             | 0,5  | 1,5  | 0,5  | 0    | 0    |
|       | Chlamydomonas          | 0,5  | 3,0  | 2,5  | 9,0  | 11,5 |
|       | Chlorella              | 6,0  | 11,0 | 8,0  | 7,5  | 6,0  |
| HORA  | GÊNEROS \ PROFUNDIDADE | 0    | 10   | 35   | 95   | 190  |
| 22:00 | Pyrobotrys             | 0,5  | 0    | 0    | 1,0  | 0    |
|       | Chlamydomonas          | 3,5  | 11,0 | 3,5  | 7,0  | 10,0 |
|       | Chlorella              | 9,0  | 45,0 | 12,5 | 10,0 | 2,5  |
|       | Navicula               | 0    | 1,0  | 0    | 0    | 0    |
| HORA  | GÊNEROS \ PROFUNDIDADE | 0    | 25   | 65   | 95   | 190  |
| 24:00 | Pyrobotrys             | 1,0  | 0,5  | 0    | 0    | 0    |
|       | Chlamydomonas          | 10,5 | 6,5  | 8,5  | 4,5  | 14,5 |
|       | Chlorella              | 8,5  | 4,5  | 5,5  | 5,5  | 8,5  |
| HORA  | GÊNEROS \ PROFUNDIDADE | 0    | 10   | 25   | 95   | 190  |
| 02:00 | Pyrobotrys             | 0    | 0    | 0    | 0    | 1,0  |
|       | Chlamydomonas          | 5,0  | 6,5  | 3,0  | 7,5  | 12,0 |
|       | Chlorella              | 7,0  | 6,5  | 6,5  | 7,0  | 3,5  |
| HORA  | GÊNEROS \ PROFUNDIDADE | 0    | 10   | 25   | 65   | 145  |
| 04:00 | Pyrobotrys             | 0,5  | 1,0  | 0,5  | 0,5  | 0    |
|       | Chlamydomonas          | 5,0  | 4,0  | 5,5  | 7,0  | 6,5  |
|       | Chlorella              | 6,0  | 4,5  | 3,5  | 7,0  | 5,0  |
| HORA  | GÊNEROS \ PROFUNDIDADE | 0    | 15   | 35   | 95   | 190  |
| 06:00 | Pyrobotrys             | 0    | 0,5  | 0    | 0,5  | 0    |
|       | Chlamydomonas          | 2,5  | 4,5  | 9,0  | 5,5  | 8,0  |
|       | Chlorella              | 5,5  | 9,5  | 3,5  | 5,0  | 2,5  |

(\*) Amostra perdida

QUADRO 4.10 - Identificação e contagem de gêneros de algas presentes na coluna d'água durante um período de 24 horas na laje de maturação M 7 (5-6/03/86). A profundidade está expressa em cm e algas em número de células x  $10^3 \cdot ml^{-1}$ .

| HORA  | GÊNEROS \ PROFUNDIDADE | 0   | 15  | 35   | 65  | 145 |
|-------|------------------------|-----|-----|------|-----|-----|
| 06:00 | <i>Oscillatoria</i> II | 0   | 0   | 0    | 0   | 0,5 |
|       | <i>Euglena</i> II      | 1,0 | 1,5 | 0,5  | 0   | 0   |
|       | <i>Chlamydomonas</i>   | 4,5 | 2,5 | 4,0  | 7,5 | 4,0 |
|       | <i>Chlorella</i>       | 1,5 | 0,5 | 1,0  | 2,0 | 0,5 |
| 08:00 | <i>Pyrobutyrus</i>     | 4,0 | 4,0 | 2,5  | 2,0 | 0,5 |
|       | <i>Chlamydomonas</i>   | 7,0 | 4,0 | 14,0 | 3,5 | 5,0 |
|       | <i>Chlorella</i>       | 1,5 | 0,5 | 5,0  | 3,0 | 1,5 |
|       |                        |     |     |      |     |     |
| 10:00 | <i>Euglena</i> II      | 0   | 1,0 | 0    | 0   | 0   |
|       | <i>Pyrobutyrus</i>     | 0   | 2,5 | 2,5  | 1,5 | 0   |
|       | <i>Chlamydomonas</i>   | 4,5 | 6,5 | 8,0  | 5,5 | 3,5 |
|       | <i>Chlorella</i>       | 0   | 1,5 | 1,5  | 0,5 | 0,5 |
| 12:00 | <i>Euglena</i> II      | 1,0 | 0,5 | 0    | 0,5 | 0   |
|       | <i>Pyrobutyrus</i>     | 0   | 2,5 | 0    | 1,5 | 0,5 |
|       | <i>Chlamydomonas</i>   | 4,5 | 1,0 | 6,0  | 4,5 | 1,5 |
|       | <i>Chlorella</i>       | 3,0 | 0,5 | 1,0  | 1,0 | 0   |
| 14:00 | <i>Euglena</i> II      | 0,5 | 0   | 0,5  | 0   | 0   |
|       | <i>Pyrobutyrus</i>     | 0   | 5,5 | 0    | 1,0 | 0   |
|       | <i>Chlamydomonas</i>   | 2,0 | 0,5 | 5,0  | 6,0 | 4,0 |
|       | <i>Chlorella</i>       | 0,5 | 0,5 | 1,5  | 1,0 | 1,5 |
| 16:00 | <i>Oscillatoria</i> I  | 0   | 0   | 0    | 0,5 | 0   |
|       | <i>Euglena</i> II      | 0   | 0   | 0,5  | 0   | 0   |
|       | <i>Pyrobutyrus</i>     | 0   | 0,5 | 0,5  | 0   | 0   |
|       | <i>Chlamydomonas</i>   | 0   | 8,0 | 6,0  | 2,0 | 3,5 |
|       | <i>Chlorella</i>       | 0,5 | 1,0 | 1,0  | 0,5 | 1,0 |
| 18:00 | <i>Oscillatoria</i> I  | 0   | 0   | 0    | 0,5 | 0   |
|       | <i>Euglena</i> II      | 0,5 | 0,5 | 0    | 0   | 0   |
|       | <i>Pyrobutyrus</i>     | 0   | 0   | 0    | 1,5 | 0,5 |
|       | <i>Chlamydomonas</i>   | 2,5 | 1,5 | 0,5  | 2,0 | 3,5 |
|       | <i>Chlorella</i>       | 0,5 | 1,5 | 1,5  | 2,0 | 2,5 |
| 20:00 | <i>Pyrobutyrus</i>     | 0,5 | 1,0 | 0,5  | 0,5 | 0   |
|       | <i>Chlamydomonas</i>   | 2,0 | 3,5 | 1,0  | 0   | 3,5 |
|       | <i>Chlorella</i>       | 3,0 | 1,0 | 2,5  | 2,0 | 1,5 |
|       |                        |     |     |      |     |     |
| 22:00 | <i>Pyrobutyrus</i>     | 0,5 | 0,5 | 0,5  | 0,5 | 0   |
|       | <i>Chlamydomonas</i>   | 2,0 | 0,5 | 2,0  | 1,5 | 2,5 |
|       | <i>Chlorella</i>       | 2,0 | 1,5 | 1,0  | 0,5 | 1,0 |
|       |                        |     |     |      |     |     |
| 24:00 | <i>Euglena</i> II      | 0,5 | 0   | 0    | 0   | 0   |
|       | <i>Pyrobutyrus</i>     | 0,5 | 0   | 0    | 0   | 0   |
|       | <i>Chlamydomonas</i>   | 3,5 | 5,0 | 4,5  | 1,5 | 3,0 |
|       | <i>Chlorella</i>       | 0,5 | 2,0 | 1,0  | 1,5 | 0   |
| 02:00 | <i>Euglena</i> II      | 0   | 0   | 0,5  | 0   | 0   |
|       | <i>Pyrobutyrus</i>     | 0,5 | 0   | 0    | 0   | 0,5 |
|       | <i>Chlamydomonas</i>   | 3,0 | 2,5 | 3,0  | 7,0 | 4,0 |
|       | <i>Chlorella</i>       | 0   | 0   | 1,5  | 1,0 | 0   |
| 04:00 | <i>Euglena</i> II      | 0   | 0   | 0    | 0   | 0,5 |
|       | <i>Pyrobutyrus</i>     | 0,5 | 0   | 0,5  | 0   | 0   |
|       | <i>Chlamydomonas</i>   | 4,0 | 3,5 | 3,0  | 3,5 | 2,5 |
|       | <i>Chlorella</i>       | 2,5 | 2,0 | 1,0  | 2,5 | 0,5 |
| 06:00 | <i>Euglena</i> II      | 0   | 0   | 0    | 0,5 | 0   |
|       | <i>Pyrobutyrus</i>     | 0,5 | 0,5 | 0    | 0   | 0,5 |
|       | <i>Chlamydomonas</i>   | 5,0 | 3,0 | 6,0  | 2,5 | 1,5 |
|       | <i>Chlorella</i>       | 0   | 2,5 | 0,5  | 0,5 | 1,0 |

QUADRO 4.11 - Identificação e contagem de gêneros de algas presentes na coluna d'água durante um período de 24 horas na lagoa de maturação M 7 (28-29/04/86). A profundidade está expressa em cm e algas em número de células  $\times 10^4 \cdot \text{mL}^{-1}$ .

| HORA  | GÊNEROS \ PROFUNDIDADE | 0    | 10  | 25   | 65  | 145  |
|-------|------------------------|------|-----|------|-----|------|
| 06:00 | Oscillatoria II        | 0    | 0   | 0,5  | 0   | 0    |
|       | Euglena I              | 2,5  | 2,0 | 3,0  | 2,5 | 1,0  |
|       | Euglena II             | 0,5  | 0   | 0    | 0   | 0    |
|       | Chlamydomonas          | 0,5  | 1,0 | 0,5  | 1,0 | 1,5  |
| HORA  | GÊNEROS \ PROFUNDIDADE | 0    | 15  | 35   | 95  | 190  |
| 08:00 | Euglena I              | 2,5  | 2,0 | 3,5  | 2,0 | 2,5  |
|       | Euglena II             | 0    | 1,5 | 0    | 0   | 0    |
|       | Chlamydomonas          | 0,5  | 0,5 | 0,5  | 0,5 | 0,5  |
|       | Chlorella              | 0    | 0,5 | 0    | 2,0 | 0,5  |
| HORA  | GÊNEROS \ PROFUNDIDADE | 0    | 5   | 35   | 95  | 190  |
| 10:00 | Oscillatoria II        | 0    | 0   | 0    | 0   | 1,0  |
|       | Euglena I              | 1,0  | 3,5 | 0    | 3,0 | 2,5  |
|       | Euglena II             | 1,5  | 2,5 | 1,0  | 0   | 0    |
|       | Pyroboctrys            | 0    | 0,5 | 0    | 0   | 0    |
|       | Chlamydomonas          | 0    | 1,0 | 0    | 1,0 | 0    |
|       | Chlorella              | 0    | 0   | 1,5  | 0   | 1,5  |
|       |                        |      |     |      |     |      |
| HORA  | GÊNEROS \ PROFUNDIDADE | 0    | 15  | 95   | 145 | 190  |
| 12:00 | Euglena I              | 1,5  | 3,0 | 1,0  | 5,5 | 1,5  |
|       | Euglena II             | 1,0  | 2,5 | 0    | 0   | 0    |
|       | Chlamydomonas          | 0    | 6,5 | 0    | 0,5 | 0,5  |
|       | Chlorella              | 0    | 0   | 1,5  | 1,5 | 0    |
| HORA  | GÊNEROS \ PROFUNDIDADE | 0    | 5   | 25   | 65  | 145  |
| 14:00 | Oscillatoria II        | 0    | 0   | 0,5  | 0   | 0    |
|       | Euglena I              | 0,5  | 1,0 | 2,5  | 2,0 | 1,0  |
|       | Euglena II             | 0,5  | 0,5 | 0    | 0,5 | 0    |
|       | Chlamydomonas          | 0    | 0,5 | 22,0 | 4,0 | 0,5  |
|       | Chlorella              | 0,5  | 0,5 | 0,5  | 0   | 1,5  |
| HORA  | GÊNEROS \ PROFUNDIDADE | 0    | 25  | 35   | 145 | 190  |
| 16:00 | Euglena I              | 0    | 1,5 | 2,0  | 0,5 | 0,5  |
|       | Euglena II             | 0    | 0   | 0    | 0   | 0,5  |
|       | Chlamydomonas          | 0    | 1,0 | 2,0  | 1,0 | 0    |
|       | Chlorella              | 0,5  | 0,5 | 0    | 0,5 | 0    |
| HORA  | GÊNEROS \ PROFUNDIDADE | 25   | 35  | 95   | 145 | 190  |
| 18:00 | Euglena I              | 1,5  | 2,0 | 2,0  | 3,0 | 3,5  |
|       | Pyroboctrys            | 0,5  | 0   | 0    | 0   | 0    |
|       | Chlamydomonas          | 1,0  | 0   | 0    | 1,0 | 0    |
|       | Chlorella              | 1,0  | 0,5 | 1,0  | 1,0 | 1,0  |
| HORA  | GÊNEROS \ PROFUNDIDADE | 0    | 5   | 25   | 65  | 190  |
| 20:00 | Euglena I              | 0,5  | 0,5 | 1,0  | 1,0 | 1,5  |
|       | Euglena II             | 1,5  | 0,5 | 0,5  | 0,5 | 0    |
|       | Chlamydomonas          | 1,0  | 1,0 | 0    | 0   | 0    |
|       | Chlorella              | 1,5  | 0,5 | 0,5  | 2,0 | 0,5  |
| HORA  | GÊNEROS \ PROFUNDIDADE | 0    | 10  | 35   | 95  | 190  |
| 22:00 | Euglena I              | 1,0  | 2,5 | 2,5  | 1,0 | 1,5  |
|       | Euglena II             | 0    | 0   | 0    | 0,5 | 0    |
|       | Chlamydomonas          | 1,5  | 3,0 | 0,5  | 1,0 | 4,5  |
|       | Chlorella              | 1,0  | 0   | 0,5  | 0   | 0,5  |
| HORA  | GÊNEROS \ PROFUNDIDADE | 0    | 15  | 35   | 65  | 190  |
| 24:00 | Euglena I              | 1,5  | 2,5 | 0,5  | 0,5 | 1,5  |
|       | Euglena II             | 0    | 0,5 | 0    | 0   | 0    |
|       | Chlamydomonas          | 2,5  | 2,0 | 0,5  | 0   | 6,0  |
|       | Chlorella              | 0    | 1,0 | 0    | 2,0 | 0,5  |
| HORA  | GÊNEROS \ PROFUNDIDADE | 0    | 15  | 35   | 65  | 190  |
| 02:00 | Euglena I              | 1,5  | 1,5 | 1,0  | 1,5 | 1,0  |
|       | Euglena II             | 1,0  | 0   | 0    | 0   | 0    |
|       | Pyroboctrys            | 0    | 0,5 | 0    | 0   | 0    |
|       | Chlamydomonas          | 4,0  | 0,5 | 0    | 1,0 | 4,5  |
|       | Chlorella              | 1,0  | 0,5 | 2,0  | 0   | 0    |
| HORA  | GÊNEROS \ PROFUNDIDADE | 0    | 15  | 35   | 95  | 190  |
| 04:00 | Euglena I              | 7,5  | 2,0 | 1,5  | 1,5 | 0,5  |
|       | Euglena II             | 0    | 0,5 | 0    | 1,0 | 1,0  |
|       | Chlamydomonas          | 9,0  | 2,5 | 1,0  | 1,0 | 5,5  |
|       | Chlorella              | 1,0  | 1,0 | 0    | 0   | 0    |
| HORA  | GÊNEROS \ PROFUNDIDADE | 0    | 15  | 35   | 95  | 190  |
| 06:00 | Euglena I              | 3,0  | 3,0 | 2,5  | 2,5 | 2,0  |
|       | Euglena II             | 0    | 0   | 0    | 0   | 0,5  |
|       | Chlamydomonas          | 12,5 | 2,5 | 0,5  | 2,0 | 11,0 |
|       | Chlorella              | 0    | 0,5 | 0    | 0,5 | 1,0  |

QUADRO 4.12 - Identificação e contagem de gêneros de algas presentes na coluna d'água durante um período de 24 horas na lagoa de maturação M. 5 (5-6/02/86). A profundidade está expressa em cm e algas em número de células x 10<sup>4</sup>.m<sup>-1</sup>.

| HORA  | GÊNEROS \ PROFUNDIDADE | 0    | 10  | 25   | 45   | 190  |
|-------|------------------------|------|-----|------|------|------|
| 06:00 | Euglena I              | 0,5  | 0   | 0    | 0    | 1,5  |
|       | Euglena II             | 0    | 0   | 0    | 0,5  | 0    |
|       | Pyrobothrys            | 0    | 0,5 | 0,5  | 0    | 0    |
|       | Chlamydomonas          | 1,0  | 1,5 | 0    | 0    | 1,5  |
|       | Chlorella              | 11,0 | 9,0 | 9,0  | 9,0  | 9,0  |
| HORA  | GÊNEROS \ PROFUNDIDADE | 0    | 10  | 15   | 25   | 145  |
| 08:00 | Euglena I              | 0,5  | 0   | 0    | 0    | 0    |
|       | Euglena II             | 0    | 0   | 0,5  | 0    | 0    |
|       | Pyrobothrys            | 0    | 0   | 4,5  | 1,0  | 0    |
|       | Chlamydomonas          | 0,5  | 1,0 | 2,0  | 3,0  | 3,5  |
|       | Chlorella              | 8,5  | 9,5 | 5,0  | 13,0 | 7,5  |
| HORA  | GÊNEROS \ PROFUNDIDADE | 5    | 10  | 15   | 25   | 65   |
| 10:00 | Euglena I              | 0    | 0   | 0,5  | 1,0  | 0,5  |
|       | Pyrobothrys            | 0    | 0   | 4,5  | 0    | 0    |
|       | Chlamydomonas          | 2,0  | 2,0 | 2,0  | 0,5  | 0    |
|       | Chlorella              | 2,5  | 3,0 | 11,0 | 11,0 | 6,5  |
| HORA  | GÊNEROS \ PROFUNDIDADE | 0    | 10  | 15   | 35   | 65   |
| 12:00 | Euglena I              | 1,5  | 0,5 | 0    | 0    | 0    |
|       | Pyrobothrys            | 0    | 1,0 | 0    | 0    | 0,5  |
|       | Chlamydomonas          | 3,5  | 4,0 | 1,5  | 1,0  | 4,0  |
|       | Chlorella              | 4,0  | 8,0 | 4,5  | 8,5  | 10,5 |
| HORA  | GÊNEROS \ PROFUNDIDADE | 0    | 10  | 25   | 45   | 145  |
| 14:00 | Euglena I              | 0    | 1,5 | 0    | 0    | 0,5  |
|       | Euglena II             | 0    | 0   | 0    | 0    | 0,5  |
|       | Pyrobothrys            | 0,5  | 0,5 | 0,5  | 1,0  | 0,5  |
|       | Chlamydomonas          | 3,0  | 4,5 | 1,0  | 2,5  | 1,0  |
|       | Chlorella              | 6,0  | 7,5 | 6,0  | 10,0 | 7,0  |
| HORA  | GÊNEROS \ PROFUNDIDADE | 5    | 15  | 35   | 95   | 190  |
| 16:00 | Chlamydomonas          | 0,5  | 0   | 1,0  | 1,0  | 2,5  |
|       | Chlorella              | 12,0 | 6,0 | 9,5  | 2,0  | 16,5 |
| HORA  | GÊNEROS \ PROFUNDIDADE | 0    | 25  | 65   | 145  | 190  |
| 18:00 | Euglena I              | 0    | 0   | 0,5  | 0    | 0    |
|       | Pyrobothrys            | 0    | 0   | 0,5  | 0    | 0,5  |
|       | Chlamydomonas          | 2,0  | 1,0 | 0,5  | 1,5  | 1,5  |
|       | Chlorella              | 5,0  | 1,0 | 6,0  | 7,5  | 7,5  |
| HORA  | GÊNEROS \ PROFUNDIDADE | 0    | 15  | 65   | 95   | 190  |
| 20:00 | Euglena I              | 0    | 0,5 | 0    | 0    | 0    |
|       | Euglena II             | 0,5  | 1,5 | 0    | 4,0  | 0,5  |
|       | Pyrobothrys            | 0    | 7,5 | 0    | 0,5  | 0    |
|       | Chlamydomonas          | 4,5  | 1,0 | 1,5  | 0,5  | 3,5  |
|       | Chlorella              | 7,5  | 0,5 | 10,5 | 4,0  | 8,5  |
| HORA  | GÊNEROS \ PROFUNDIDADE | 0    | 15  | 65   | 95   | 190  |
| 22:00 | Euglena I              | 0    | 0,5 | 0    | 0,5  | 0,5  |
|       | Euglena II             | 0    | 0,5 | 0    | 0    | 0,5  |
|       | Chlamydomonas          | 1,0  | 1,0 | 1,0  | 2,0  | 0,5  |
|       | Chlorella              | 4,5  | 5,5 | 5,5  | 4,5  | 5,0  |
| HORA  | GÊNEROS \ PROFUNDIDADE | 5    | 15  | 25   | 35   | 190  |
| 24:00 | Chlamydomonas          | 0,5  | 2,0 | 1,0  | 4,5  | 2,0  |
|       | Chlorella              | 10,5 | 6,0 | 6,0  | 7,0  | 4,5  |
| HORA  | GÊNEROS \ PROFUNDIDADE | 5    | 15  | 25   | 35   | 190  |
| 02:00 | Chlamydomonas          | 3,0  | 3,0 | 2,0  | 1,0  | 3,0  |
|       | Chlorella              | 7,5  | 6,5 | 5,5  | 3,5  | 5,5  |
| HORA  | GÊNEROS \ PROFUNDIDADE | 5    | 15  | 25   | 35   | 190  |
| 04:00 | Euglena II             | 0    | 0,5 | 0    | 0    | 0    |
|       | Chlamydomonas          | 1,5  | 1,0 | 5,5  | 2,5  | 2,0  |
|       | Chlorella              | 3,5  | 5,0 | 6,0  | 5,0  | 5,5  |
| HORA  | GÊNEROS \ PROFUNDIDADE | 5    | 15  | 25   | 35   | 190  |
| 06:00 | Euglena II             | 0    | 0,5 | 0,5  | 0    | 0    |
|       | Pyrobothrys            | 0    | 0   | 0    | 0    | 0,5  |
|       | Chlamydomonas          | 1,5  | 1,5 | 5,5  | 1,0  | 2,0  |
|       | Chlorella              | 4,5  | 4,0 | 6,0  | 7,0  | 5,0  |

QUADRO 4.13 - Identificação e contagem de gêneros de algas presentes na coluna d'água durante um período de 24 horas na lagoa de maturação M-6 (10-11/03/86). A profundidade está expressa em cm e algas em número de células  $\times 10^4 \text{ ml}^{-1}$ .

| HORA  | GÊNEROS \ PROFUNDIDADE | 0   | 15  | 35  | 95  | 190 |
|-------|------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|
| 06:00 | <i>Pyrobacter</i>      | 0,5 | 0   | 0   | 0,5 | 0,5 |
|       | <i>Chlamydomonas</i>   | 0   | 1,5 | 0,5 | 1,0 | 0   |
|       | <i>Scenedesmus</i>     | 0,5 | 0   | 0   | 0   | 0   |
|       |                        |     |     |     |     |     |
| HORA  | GÊNEROS \ PROFUNDIDADE | 5   | 25  | 35  | 65  | 190 |
| 08:00 | <i>Euglena II</i>      | 0,5 | 0   | 0   | 0   | 0   |
|       | <i>Pyrobacter</i>      | 0   | 0,5 | 0   | 0   | 0   |
|       | <i>Chlamydomonas</i>   | 0,5 | 2,5 | 0,5 | 0   | 3,0 |
|       | <i>Chlorella</i>       | 0   | 0   | 0,5 | 0   | 0   |
| HORA  | GÊNEROS \ PROFUNDIDADE | 5   | 15  | 25  | 65  | 190 |
| 10:00 | <i>Pyrobacter</i>      | 0   | 1,0 | 0,5 | 0   | 0   |
|       | <i>Chlamydomonas</i>   | 0,5 | 2,5 | 1,0 | 0,5 | 0,5 |
| HORA  | GÊNEROS \ PROFUNDIDADE | 5   | 15  | 25  | 35  | 65  |
| 12:00 | <i>Oscillatoria I</i>  | 0   | 0,5 | 0   | 0   | 0   |
|       | <i>Pyrobacter</i>      | 0   | 1,0 | 0,5 | 0   | 1,0 |
|       | <i>Chlamydomonas</i>   | 0,5 | 1,5 | 1,0 | 1,0 | 1,5 |
| HORA  | GÊNEROS \ PROFUNDIDADE | 5   | 10  | 15  | 25  | 95  |
| 14:00 | <i>Pyrobacter</i>      | 0   | 1,5 | 5,0 | 0   | 0,5 |
|       | <i>Chlamydomonas</i>   | 2,0 | 0   | 0   | 0,5 | 0,5 |
| HORA  | GÊNEROS \ PROFUNDIDADE | 0   | 15  | 35  | 95  | 190 |
| 16:00 | <i>Pyrobacter</i>      | 0,5 | 0,5 | 0   | 0   | 0   |
|       | <i>Chlamydomonas</i>   | 0   | 0,5 | 1,5 | 0,5 | 0,5 |
| HORA  | GÊNEROS \ PROFUNDIDADE | 0   | 10  | 25  | 65  | 190 |
| 18:00 | <i>Pyrobacter</i>      | 0   | 0   | 0   | 0,5 | 0   |
|       | <i>Chlamydomonas</i>   | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 1,5 | 1,0 |
| HORA  | GÊNEROS \ PROFUNDIDADE | 0   | 15  | 35  | 95  | 190 |
| 20:00 | <i>Euglena II</i>      | 0   | 0   | 0   | 0,5 | 0   |
|       | <i>Pyrobacter</i>      | 0   | 0   | 0   | 0,5 | 0   |
|       | <i>Chlamydomonas</i>   | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0   | 0,5 |
| HORA  | GÊNEROS \ PROFUNDIDADE | 0   | 10  | 25  | 65  | 190 |
| 22:00 | <i>Pyrobacter</i>      | 0   | 0   | 0   | 0   | 0,5 |
|       | <i>Chlamydomonas</i>   | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0   |
| HORA  | GÊNEROS \ PROFUNDIDADE | 0   | 10  | 25  | 65  | 190 |
| 24:00 | <i>Pyrobacter</i>      | 0,5 | 0,5 | 0   | 0,5 | 0   |
|       | <i>Chlamydomonas</i>   | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 1,0 |
| HORA  | GÊNEROS \ PROFUNDIDADE | 0   | 10  | 25  | 65  | 190 |
| 02:00 | <i>Pyrobacter</i>      | 0,5 | 1,0 | 0,5 | 0   | 0,5 |
|       | <i>Chlamydomonas</i>   | 1,5 | 0,5 | 0   | 3,0 | 0   |
| HORA  | GÊNEROS \ PROFUNDIDADE | 0   | 10  | 25  | 65  | 190 |
| 04:00 | <i>Pyrobacter</i>      | 0,5 | 0,5 | 0   | 0,5 | 0,5 |
|       | <i>Chlamydomonas</i>   | 0   | 0,5 | 1,0 | 1,0 | 0,5 |
| HORA  | GÊNEROS \ PROFUNDIDADE | 0   | 10  | 25  | 65  | 190 |
| 06:00 | <i>Pyrobacter</i>      | 1,0 | 0   | 0   | 0   | 0,5 |
|       | <i>Chlamydomonas</i>   | 1,0 | 0,5 | 1,0 | 1,0 | 4,5 |

QUADRO 4.14 - Identificação e contagem de gêneros de algas presentes na coluna d'água durante um período de 24 horas na lagoa de maturação M 8 (23-24/04/86). A profundidade está expressa em cm e algas em número de células  $\times 10^4 \cdot \text{ml}^{-1}$ .

| HORA  | GÊNEROS \ PROFUNDIDADE | 0    | 15  | 35  | 95  | 190  |
|-------|------------------------|------|-----|-----|-----|------|
| 06:00 | Euglena I              | 10,0 | 9,5 | 6,0 | 2,0 | 13,5 |
|       | Chlamydomonas          | 1,0  | 0   | 0,5 | 0   | 0    |
|       | Chlorella              | 0,5  | 0   | 1,0 | 0   | 0    |
|       | Ankistrodesmus         | 0,5  | 0,5 | 0   | 0   | 0    |
| HORA  | GÊNEROS \ PROFUNDIDADE | 0    | 15  | 35  | 95  | 190  |
| 08:00 | Euglena I              | 11,0 | 5,5 | 4,0 | 3,5 | 5,5  |
|       | Euglena II             | 1,0  | 0   | 0   | 0   | 0    |
|       | Ankistrodesmus         | 0    | 0   | 1,0 | 0   | 0    |
| HORA  | GÊNEROS \ PROFUNDIDADE | 0    | 15  | 35  | 95  | 190  |
| 10:00 | Euglena I              | 1,5  | 3,5 | 2,0 | 1,0 | 3,5  |
|       | Euglena II             | 0    | 0   | 0,5 | 0   | 0    |
|       | Pyrobothis             | 0    | 0   | 0   | 0,5 | 0    |
|       | Ankistrodesmus         | 0,5  | 0   | 0   | 0,5 | 0    |
| HORA  | GÊNEROS \ PROFUNDIDADE | 0    | 15  | 35  | 95  | 190  |
| 12:00 | Euglena I              | 0,5  | 1,5 | 1,5 | 0   | 7,5  |
|       | Chlorella              | 0    | 0   | 0   | 0,5 | 0    |
| HORA  | GÊNEROS \ PROFUNDIDADE | 0    | 15  | 35  | 95  | 190  |
| 14:00 | Euglena I              | 1,0  | 0,5 | 0,5 | 2,5 | 3,5  |
|       | Euglena II             | 0    | 0   | 0   | 0,5 | 0    |
|       | Chlamydomonas          | 0    | 0   | 0,5 | 0   | 0    |
| HORA  | GÊNEROS \ PROFUNDIDADE | 5    | 15  | 35  | 95  | 190  |
| 16:00 | Oscillatoria II        | 0,5  | 0   | 0   | 0   | 0    |
|       | Euglena I              | 0    | 0,5 | 2,0 | 1,0 | 1,5  |
| HORA  | GÊNEROS \ PROFUNDIDADE | 0    | 15  | 35  | 95  | 190  |
| 18:00 | Euglena I              | 0    | 0   | 1,0 | 3,0 | 2,0  |
|       | Chlorella              | 0    | 0,5 | 0   | 0   | 0    |
|       | Ankistrodesmus         | 1,0  | 0   | 0   | 0   | 0    |
| HORA  | GÊNEROS \ PROFUNDIDADE | 0    | 15  | 35  | 95  | 190  |
| 20:00 | Euglena I              | 0    | 0,5 | 0,5 | 3,5 | 1,5  |
|       | Chlorella              | 0,5  | 0   | 0   | 0,5 | 0,5  |
|       | Ankistrodesmus         | 0    | 0,5 | 0   | 0   | 0    |
| HORA  | GÊNEROS \ PROFUNDIDADE | 0    | 15  | 35  | 95  | 190  |
| 22:00 | Oscillatoria I         | 0,5  | 0   | 0   | 0   | 0,5  |
|       | Euglena I              | 0,5  | 0   | 1,0 | 2,0 | 1,0  |
|       | Ankistrodesmus         | 0    | 0,5 | 0   | 0   | 0    |
| HORA  | GÊNEROS \ PROFUNDIDADE | 0    | 15  | 35  | 95  | 190  |
| 24:00 | Euglena I              | 0,5  | 1,0 | 1,0 | 0,5 | 0,5  |
|       | Chlorella              | 0    | 0   | 0   | 0   | 0,5  |
|       | Ankistrodesmus         | 0    | 0,5 | 0   | 0   | 0    |
| HORA  | GÊNEROS \ PROFUNDIDADE | 0    | 15  | 35  | 95  | 190  |
| 02:00 | Oscillatoria II        | 0    | 0   | 0   | 0   | 0,5  |
|       | Euglena I              | 0,5  | 0,5 | 0,5 | 1,5 | 1,0  |
|       | Chlorella              | 0    | 0   | 1,0 | 0   | 0    |
|       | Ankistrodesmus         | 0    | 0   | 0   | 0,5 | 0,5  |
| HORA  | GÊNEROS \ PROFUNDIDADE | 0    | 15  | 35  | 95  | 90   |
| 04:00 | Oscillatoria II        | 0    | 0   | 0   | 0,5 | 0    |
|       | Euglena I              | 0,5  | 2,0 | 1,5 | 0,5 | 1,0  |
|       | Chlamydomonas          | 1,0  | 0   | 0   | 0   | 0    |
|       | Ankistrodesmus         | 0,5  | 0,5 | 0   | 0   | 0,5  |
| HORA  | GÊNEROS \ PROFUNDIDADE | 0    | 15  | 35  | 95  | 190  |
| 06:00 | Euglena I              | 17,5 | 5,5 | 4,5 | 3,5 | 4,5  |
|       | Chlorella              | 0,5  | 1,5 | 0,5 | 0,5 | 0    |
|       | Ankistrodesmus         | 0,5  | 0   | 0   | 0   | 0,5  |

QUADRO 4.15 - Identificação e contagem de gêneros de algas presentes na coluna d'água durante um período de 24 horas na lagoa de maturação M.9 (4-5/12/85). A profundidade está expressa em cm e algas em número de células x  $10^3 \cdot \text{ml}^{-1}$

| HORA  | GÊNEROS \ PROFUNDIDADE | 0    | 15   | 25   | 40   | 100  |
|-------|------------------------|------|------|------|------|------|
| 06:00 | <i>Pyrobatrax</i>      | 0    | 1,5  | 2,0  | 0,5  | 0,5  |
|       | <i>Chlamydomonas</i>   | 0,5  | 0    | 0    | 1,0  | 0,5  |
|       | <i>Chlorella</i>       | 10,0 | 62,5 | 5,0  | 5,0  | 5,0  |
|       |                        |      |      |      |      |      |
| HORA  | GÊNEROS \ PROFUNDIDADE | 0    | 15   | 20   | 30   | 40   |
| 08:00 | <i>Euglena II</i>      | 0    | 0    | 0,5  | 0    | 0    |
|       | <i>Pyrobatrax</i>      | 0,5  | 0,5  | 3,0  | 0    | 2,0  |
|       | <i>Chlamydomonas</i>   | 0    | 0,5  | 0    | 0    | 0    |
|       | <i>Chlorella</i>       | 125  | 7,5  | 2,5  | 10,0 | 7,5  |
| HORA  | GÊNEROS \ PROFUNDIDADE | 15   | 20   | 30   | 40   | 150  |
| 10:00 | <i>Pyrobatrax</i>      | 3,5  | 2,0  | 7,0  | 2,5  | 0    |
|       | <i>Chlamydomonas</i>   | 0    | 0    | 0    | 0    | 1,0  |
|       | <i>Chlorella</i>       | 0    | 5,0  | 2,5  | 7,5  | 5,0  |
|       |                        |      |      |      |      |      |
| HORA  | GÊNEROS \ PROFUNDIDADE | 0    | 20   | 25   | 40   | 100  |
| 12:00 | <i>Pyrobatrax</i>      | 0    | 5,5  | 6,0  | 5,0  | 0,5  |
|       | <i>Chlorella</i>       | 15,0 | 10,0 | 42,5 | 20,0 | 40,0 |
|       | <i>Navicula</i>        | 0,5  | 0    | 0    | 0    | 0    |
|       |                        |      |      |      |      |      |
| HORA  | GÊNEROS \ PROFUNDIDADE | 20   | 25   | 30   | 40   | 100  |
| 14:00 | <i>Pyrobatrax</i>      | 0,5  | 0    | 0,5  | 7,0  | 2,5  |
|       | <i>Chlorella</i>       | 2,0  | 2,5  | 1,0  | 21,5 | 30,0 |
|       |                        |      |      |      |      |      |
|       |                        |      |      |      |      |      |
| HORA  | GÊNEROS \ PROFUNDIDADE | 25   | 30   | 40   | 100  | 150  |
| 16:00 | <i>Euglena II</i>      | 0    | 0,5  | 0    | 0    | 0    |
|       | <i>Pyrobatrax</i>      | 0    | 0    | 0,5  | 1,0  | 0,5  |
|       | <i>Chlorella</i>       | 4,0  | 16,0 | 42,5 | 305  | 5,0  |
|       |                        |      |      |      |      |      |
| HORA  | GÊNEROS \ PROFUNDIDADE | 20   | 40   | 100  | 150  | 195  |
| 18:00 | <i>Pyrobatrax</i>      | 0    | 0    | 1,5  | 0    | 0,5  |
|       | <i>Chlamydomonas</i>   | 0    | 0    | 0,5  | 0,5  | 1,5  |
|       | <i>Chlorella</i>       | 20,5 | 1,0  | 10,0 | 7,5  | 14,0 |
|       |                        |      |      |      |      |      |
| HORA  | GÊNEROS \ PROFUNDIDADE | 25   | 40   | 100  | 150  | 195  |
| 20:00 | <i>Pyrobatrax</i>      | 0    | 0,5  | 1,5  | 0    | 0,5  |
|       | <i>Chlamydomonas</i>   | 0    | 0    | 0,5  | 1,0  | 0,5  |
|       | <i>Chlorella</i>       | 1,5  | 0,5  | 1,5  | 59,5 | 6,0  |
|       |                        |      |      |      |      |      |
| HORA  | GÊNEROS \ PROFUNDIDADE | 25   | 40   | 100  | 150  | 195  |
| 22:00 | <i>Pyrobatrax</i>      | 0    | 1,0  | 0    | 1,0  | 2,0  |
|       | <i>Chlamydomonas</i>   | 0    | 0,5  | 0    | 0,5  | 0,5  |
|       | <i>Chlorella</i>       | 1,0  | 1,5  | 2,0  | 15,5 | 8,5  |
|       |                        |      |      |      |      |      |
| HORA  | GÊNEROS \ PROFUNDIDADE | 5    | 25   | 100  | 150  | 195  |
| 24:00 | <i>Euglena II</i>      | 0    | 0    | 0    | 0,5  | 0    |
|       | <i>Pyrobatrax</i>      | 0,5  | 1,0  | 0,5  | 0,5  | 0,5  |
|       | <i>Chlorella</i>       | 13,5 | 7,5  | 2,5  | 17,0 | 4,5  |
|       |                        |      |      |      |      |      |
| HORA  | GÊNEROS \ PROFUNDIDADE | 0    | 20   | 40   | 150  | 195  |
| 02:00 | <i>Pyrobatrax</i>      | 0,5  | 0,5  | 1,0  | 1,0  | 0    |
|       | <i>Chlamydomonas</i>   | 0    | 0,5  | 0    | 0    | 0    |
|       | <i>Chlorella</i>       | 4,0  | 3,0  | 0,5  | 0,5  | 2,0  |
|       |                        |      |      |      |      |      |
| HORA  | GÊNEROS \ PROFUNDIDADE | 0    | 5    | 20   | 40   | 195  |
| 04:00 | <i>Oscillatoria II</i> | 0,5  | 0    | 0    | 0    | 0    |
|       | <i>Pyrobatrax</i>      | 0    | 0,5  | 0    | 0    | 2,0  |
|       | <i>Chlamydomonas</i>   | 0    | 0    | 0,5  | 0    | 0,5  |
|       | <i>Chlorella</i>       | 35,0 | 4,5  | 10,0 | 2,0  | 2,5  |
| HORA  | GÊNEROS \ PROFUNDIDADE | 0    | 15   | 20   | 40   | 195  |
| 06:00 | <i>Pyrobatrax</i>      | 0    | 0    | 0    | 0,5  | 1,0  |
|       | <i>Chlamydomonas</i>   | 0    | 0    | 0,5  | 2,0  | 2,0  |
|       | <i>Chlorella</i>       | 2,5  | 54,0 | 2,0  | 10,0 | 16,0 |
|       | <i>Navicula</i>        | 0    | 0    | 1,5  | 0    | 0    |

QUADRO 4.16 - Identificação e contagem de gêneros de algas presentes na coluna d'água durante um período de 24 horas na lagoa de maturação M 9 (15-16/01/86). A profundidade está expressa em cm e algas em número de células  $\times 10^4 \cdot \text{ml}^{-1}$ .

| HORA  | GÊNEROS \ PROFUNDIDADE | 5    | 15   | 40   | 150  | 195  |
|-------|------------------------|------|------|------|------|------|
| 06:00 | Oscillatoria II        | 0    | 0    | 0,5  | 0    | 0    |
|       | Euglena I              | 1,0  | 2,5  | 2,5  | 1,5  | 5,0  |
|       | Pyrobothrys            | 1,5  | 0,5  | 0,5  | 0    | 1,0  |
|       | Chlamydomonas          | 0    | 0    | 0    | 0,5  | 1,0  |
|       | Chlorella              | 6,0  | 5,5  | 5,0  | 9,0  | 4,0  |
| HORA  | GÊNEROS \ PROFUNDIDADE | 0    | 10   | 15   | 20   | 30   |
| 08:00 | Euglena I              | 0,5  | 3,0  | 7,0  | 4,0  | 2,0  |
|       | Pyrobothrys            | 0    | 0    | 2,0  | 1,0  | 0    |
|       | Chlamydomonas          | 0    | 1,0  | 0    | 0    | 1,5  |
|       | Chlorella              | 31,5 | 7,5  | 7,0  | 4,0  | 2,0  |
| HORA  | GÊNEROS \ PROFUNDIDADE | 5    | 10   | 15   | 20   | 30   |
| 10:00 | Euglena I              | 1,0  | 1,5  | 2,0  | 1,0  | 1,0  |
|       | Pyrobothrys            | 0    | 1,5  | 3,0  | 2,0  | 0,5  |
|       | Chlamydomonas          | 0,5  | 0    | 1,5  | 0,5  | 1,5  |
|       | Chlorella              | 4,5  | 7,0  | 4,5  | 15,0 | 5,0  |
|       | Navicula               | 0    | 0,5  | 0    | 0    | 0    |
| HORA  | GÊNEROS \ PROFUNDIDADE | 5    | 15   | 20   | 40   | 195  |
| 12:00 | Euglena I              | 0,5  | 1,5  | 1,5  | 0    | 0,5  |
|       | Euglena II             | 0    | 0,5  | 0    | 0    | 0    |
|       | Pyrobothrys            | 5,5  | 2,0  | 0,5  | 0    | 0    |
|       | Chlamydomonas          | 1,5  | 0,5  | 3,5  | 0,5  | 0,5  |
|       | Chlorella              | 6,5  | 11,5 | 5,0  | 38,5 | 3,5  |
|       | Navicula               | 0,5  | 0    | 0    | 0    | 0    |
| HORA  | GÊNEROS \ PROFUNDIDADE | 5    | 15   | 30   | 40   | 195  |
| 14:00 | Oscillatoria I         | 0,5  | 0    | 0    | 0    | 0    |
|       | Euglena I              | 0,5  | 0,5  | 0,5  | 0    | 1,0  |
|       | Pyrobothrys            | 0    | 2,5  | 0    | 0    | 0    |
|       | Chlamydomonas          | 0    | 0,5  | 0,5  | 0    | 0,5  |
|       | Chlorella              | 3,5  | 62,0 | 4,5  | 14,0 | 4,0  |
| HORA  | GÊNEROS \ PROFUNDIDADE | 15   | 20   | 30   | 40   | 195  |
| 16:00 | Euglena I              | 0    | 1,5  | 1,0  | 1,5  | 2,5  |
|       | Pyrobothrys            | 0,5  | 0,5  | 1,5  | 0    | 0,5  |
|       | Chlamydomonas          | 1,5  | 1,0  | 0    | 0    | 0,5  |
|       | Chlorella              | 2,0  | 4,0  | 7,0  | 5,5  | 4,5  |
|       | Navicula               | 0    | 0    | 0    | 0,5  | 0    |
| HORA  | GÊNEROS \ PROFUNDIDADE | 5    | 20   | 40   | 70   | 100  |
| 18:00 | Euglena I              | 0,5  | 0,5  | 4,0  | 2,0  | 0,5  |
|       | Pyrobothrys            | 0    | 0,5  | 1,5  | 0,5  | 0    |
|       | Chlamydomonas          | 0    | 0    | 0,5  | 0    | 0    |
|       | Chlorella              | 12,5 | 3,0  | 4,0  | 5,0  | 7,5  |
| HORA  | GÊNEROS \ PROFUNDIDADE | 5    | 20   | 40   | 70   | 100  |
| 20:00 | Euglena I              | 0,5  | 2,5  | 2,5  | 2,0  | 0,5  |
|       | Pyrobothrys            | 0,5  | 0,5  | 0,5  | 0    | 0,5  |
|       | Chlamydomonas          | 0,5  | 1,0  | 0    | 0    | 0    |
|       | Chlorella              | 0    | 5,5  | 7,5  | 8,5  | 8,5  |
|       | Navicula               | 0    | 0,5  | 0    | 0    | 0    |
| HORA  | GÊNEROS \ PROFUNDIDADE | 5    | 20   | 40   | 70   | 150  |
| 22:00 | Euglena I              | 0,5  | 2,0  | 2,0  | 3,0  | 1,0  |
|       | Chlamydomonas          | 1,0  | 0    | 0,5  | 1,0  | 0    |
|       | Chlorella              | 7,0  | 20,5 | 4,0  | 37,5 | 6,5  |
| HORA  | GÊNEROS \ PROFUNDIDADE | 5    | 20   | 40   | 100  | 195  |
| 24:00 | Euglena I              | 2,5  | 3,0  | 1,5  | 0,5  | 2,0  |
|       | Pyrobothrys            | 0,5  | 0    | 0    | 0    | 0    |
|       | Chlamydomonas          | 0    | 1,5  | 0,5  | 0    | 0    |
|       | Chlorella              | 7,5  | 14,0 | 70,0 | 26,0 | 11,5 |
| HORA  | GÊNEROS \ PROFUNDIDADE | 5    | 20   | 40   | 100  | 195  |
| 02:00 | Euglena I              | 1,5  | 1,5  | 2,5  | 2,0  | 1,5  |
|       | Pyrobothrys            | 0    | 0    | 0,5  | 0,5  | 0    |
|       | Chlamydomonas          | 1,5  | 0,5  | 0    | 1,0  | 0    |
|       | Chlorella              | 17,5 | 5,0  | 5,5  | 7,0  | 11,0 |
| HORA  | GÊNEROS \ PROFUNDIDADE | 5    | 15   | 70   | 150  | 195  |
| 04:00 | Euglena I              | 1,0  | 1,0  | 0    | 1,0  | 0,5  |
|       | Pyrobothrys            | 0,5  | 0    | 0,5  | 0,5  | 0    |
|       | Chlamydomonas          | 0    | 0,5  | 0,5  | 0,5  | 0    |
|       | Chlorella              | 3,5  | 69,0 | 47,0 | 16,5 | 57,5 |
|       | Navicula               | 0    | 0,5  | 0    | 0    | 0    |
| HORA  | GÊNEROS \ PROFUNDIDADE | 5    | 20   | 40   | 100  | 195  |
| 06:00 | Euglena I              | 1,0  | 1,5  | 2,0  | 2,5  | 0    |
|       | Pyrobothrys            | 0,5  | 0,5  | 0    | 0    | 0    |
|       | Chlamydomonas          | 0    | 0,5  | 1,5  | 1,0  | 0,5  |
|       | Chlorella              | 6,5  | 5,5  | 4,5  | 5,5  | 0    |

QUADRO 4.17 - Identificação e contagem de gêneros de algas presentes na coluna d'água durante um período de 24 horas na lagoa de maturação M 9 (19-20/02/86). A profundidade está expressa em cm e algas em número de células  $\times 10^4 \cdot \text{ml}^{-1}$ .

| HORA  | GÊNEROS \ PROFUNDIDADE | 5   | 20  | 40  | 100 | 195 |
|-------|------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|
| 06:00 | Euglena I              | 1,0 | 2,5 | 4,5 | 3,0 | 0   |
|       | Chlorella              | 0,5 | 0   | 0   | 0   | 0   |
| HORA  | GÊNEROS \ PROFUNDIDADE | 5   | 20  | 40  | 100 | 195 |
| 08:00 | Euglena I              | 1,5 | 1,0 | 4,0 | 3,5 | 2,5 |
|       | Chlorella              | 2,0 | 0,5 | 0,5 | 0   | 3,5 |
| HORA  | GÊNEROS \ PROFUNDIDADE | 5   | 20  | 40  | 100 | 195 |
| 10:00 | Oscillatoria I         | 0   | 0   | 0   | 0   | 0,5 |
|       | Euglena I              | 0   | 0   | 0,5 | 0   | 0   |
|       | Euglena II             | 0   | 0   | 0,5 | 0   | 0   |
|       | Chlorella              | 0   | 0   | 1,0 | 0   | 1,5 |
|       | Ankistrodesmus         | 0   | 0   | 0   | 0,5 | 0   |
| HORA  | GÊNEROS \ PROFUNDIDADE | 5   | 20  | 70  | 150 | 195 |
| 12:00 | Euglena I              | 1,0 | 1,0 | 3,0 | 1,0 | 3,5 |
|       | Ankistrodesmus         | 0   | 0   | 0   | 0   | 0,5 |
| HORA  | GÊNEROS \ PROFUNDIDADE | 5   | 15  | 40  | 100 | 195 |
| 14:00 | Euglena I              | 3,0 | 1,0 | 4,5 | 2,5 | 2,5 |
|       | Chlorella              | 1,0 | 0   | 0   | 0   | 0   |
| HORA  | GÊNEROS \ PROFUNDIDADE | 5   | 30  | 70  | 150 | 195 |
| 16:00 | Euglena I              | 1,0 | 1,5 | 3,0 | 2,0 | 1,0 |
|       | Chlorella              | 0   | 3,0 | 0,5 | 0   | 0   |
| HORA  | GÊNEROS \ PROFUNDIDADE | 5   | 20  | 70  | 100 | 195 |
| 18:00 | Euglena I              | 1,0 | 1,5 | 1,0 | 3,5 | 1,0 |
|       | Euglena II             | 1,0 | 0   | 0   | 0   | 0   |
|       | Chlorella              | 0   | 0   | 0   | 1,5 | 0   |
| HORA  | GÊNEROS \ PROFUNDIDADE | 5   | 20  | 40  | 100 | 195 |
| 20:00 | Euglena I              | 1,0 | 1,0 | 1,5 | 2,0 | 2,0 |
|       | Chlorella              | 0   | 0   | 0   | 0,5 | 0   |
|       | Ankistrodesmus         | 0   | 0   | 0   | 1,0 | 0   |
| HORA  | GÊNEROS \ PROFUNDIDADE | 5   | 20  | 40  | 100 | 195 |
| 22:00 | Euglena I              | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 |
| HORA  | GÊNEROS \ PROFUNDIDADE | 5   | 20  | 40  | 100 | 195 |
| 24:00 | Euglena I              | 0   | 1,0 | 0   | 1,0 | 1,0 |
|       | Chlorella              | 1,5 | 3,5 | 1,5 | 1,0 | 0   |
|       | Ankistrodesmus         | 1,0 | 0   | 0,5 | 0   | 0   |
| HORA  | GÊNEROS \ PROFUNDIDADE | 5   | 15  | 40  | 150 | 195 |
| 02:00 | Euglena I              | 1,0 | 1,0 | 1,5 | 1,0 | 1,0 |
|       | Chlorella              | 0   | 0   | 0   | 0,5 | 1,0 |
|       | Ankistrodesmus         | 0,5 | 0   | 0   | 0,5 | 0,5 |
|       | Cyclotella             | 0   | 0   | 0,5 | 0   | 0   |
| HORA  | GÊNEROS \ PROFUNDIDADE | 5   | 30  | 70  | 150 | 195 |
| 04:00 | Euglena I              | 1,0 | 0,5 | 1,0 | 1,0 | 1,0 |
|       | Chlorella              | 0   | 2,0 | 0   | 0   | 0   |
|       | Ankistrodesmus         | 1,0 | 0,5 | 1,0 | 0   | 0,5 |
| HORA  | GÊNEROS \ PROFUNDIDADE | 10  | 40  | 70  | 150 | 195 |
| 06:00 | Euglena I              | 1,5 | 1,0 | 2,0 | 2,0 | 1,0 |
|       | Euglena II             | 0,5 | 0   | 0   | 0   | 0   |
|       | Chlorella              | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   |
|       | Ankistrodesmus         | 0   | 0   | 0   | 0,5 | 0   |

QUADRO 4.18 - Identificação e contagem de gêneros de algas presentes na coluna d'água durante um período de 24 horas na lagoa de maturação M 9 (14-15/03/96). A profundidade está expressa em cm e algas em número de células  $\times 10^4 \cdot m^{-1}$ .

| HORA  | GÊNEROS \ PROFUNDIDADE | 5   | 20  | 70  | 100 | 195 |
|-------|------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|
| 06:00 | Euglena II             | 1,0 | 0,5 | 1,5 | 0   | 4,5 |
|       | Pyrobotrrys            | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0   |
| HORA  | GÊNEROS \ PROFUNDIDADE | 5   | 20  | 40  | 70  | 195 |
| 08:00 | Euglena II             | 1,0 | 1,0 | 1,5 | 1,5 | 1,0 |
|       | Phacus                 | 0   | 0   | 0   | 0   | 0,5 |
|       | Pyrobotrrys            | 0   | 0   | 1,5 | 0   | 1,0 |
| HORA  | GÊNEROS \ PROFUNDIDADE | 5   | 20  | 30  | 70  | 195 |
| 10:00 | Euglena II             | 0,5 | 1,0 | 0   | 0,5 | 1,0 |
|       | Chlamydomonas          | 0   | 0   | 0,5 | 0   | 0   |
|       | Pyrobotrrys            | 0   | 0   | 1,0 | 0   | 0   |
| HORA  | GÊNEROS \ PROFUNDIDADE | 5   | 15  | 30  | 40  | 195 |
| 12:00 | Euglena I              | 0   | 0   | 0,5 | 0   | 0   |
|       | Euglena II             | 0,5 | 0   | 0   | 0,5 | 3,5 |
|       | Phacus                 | 0   | 0   | 0,5 | 0   | 0   |
|       | Chlamydomonas          | 0   | 0   | 0,5 | 0   | 0   |
|       | Pyrobotrrys            | 0   | 0   | 1,0 | 0   | 0   |
|       |                        |     |     |     |     |     |
| HORA  | GÊNEROS \ PROFUNDIDADE | 5   | 15  | 20  | 40  | 150 |
| 14:00 | Euglena II             | 0,5 | 0   | 0   | 0,5 | 1,0 |
|       | Pyrobotrrys            | 0   | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0   |
| HORA  | GÊNEROS \ PROFUNDIDADE | 5   | 15  | 30  | 40  | 195 |
| 16:00 | Euglena I              | 0   | 0   | 0   | 1,5 | 0   |
|       | Euglena II             | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0   | 0   |
|       | Chlamydomonas          | 0   | 0   | 0   | 0,5 | 1,0 |
|       | Pyrobotrrys            | 0   | 0   | 0   | 0,5 | 0   |
| HORA  | GÊNEROS \ PROFUNDIDADE | 5   | 15  | 40  | 100 | 195 |
| 18:00 | Euglena I              | 0   | 0   | 0   | 0   | 0,5 |
|       | Euglena II             | 0,5 | 0,5 | 0   | 0,5 | 0   |
|       | Pyrobotrrys            | 0   | 0   | 0,5 | 0   | 0   |
| HORA  | GÊNEROS \ PROFUNDIDADE | 5   | 15  | 40  | 100 | 195 |
| 20:00 | Euglena II             | 0,5 | 0   | 0,5 | 2,0 | 1,0 |
|       | Chlamydomonas          | 0   | 0   | 0   | 0   | 0,5 |
|       | Pyrobotrrys            | 0   | 0,5 | 0   | 0   | 0   |
| HORA  | GÊNEROS \ PROFUNDIDADE | 5   | 15  | 40  | 100 | 195 |
| 22:00 | Euglena II             | 0   | 0   | 0,5 | 0   | 0,5 |
|       | Chlamydomonas          | 0   | 0,5 | 0   | 1,0 | 0,5 |
|       | Pyrobotrrys            | 1,5 | 1,0 | 0   | 0   | 0   |
| HORA  | GÊNEROS \ PROFUNDIDADE | 5   | 15  | 40  | 100 | 195 |
| 24:00 | Euglena I              | 0,5 | 0   | 0   | 0   | 0   |
|       | Chlamydomonas          | 0,5 | 0   | 0   | 0,5 | 0   |
|       | Pyrobotrrys            | 0,5 | 1,0 | 0   | 0   | 0   |
|       | Chlorella              | 0   | 0,5 | 1,0 | 0,5 | 7,5 |
| HORA  | GÊNEROS \ PROFUNDIDADE | 5   | 20  | 40  | 100 | 150 |
| 02:00 | Oscillatoria II        | 0,5 | 0   | 0   | 0   | 0   |
|       | Pyrobotrrys            | 0   | 0,5 | 0,5 | 0   | 1,5 |
|       | Chlorella              | 0   | 0   | 0   | 1,0 | 0   |
| HORA  | GÊNEROS \ PROFUNDIDADE | 5   | 30  | 70  | 100 | 195 |
| 04:00 | Chlamydomonas          | 1,0 | 0   | 0   | 0   | 1,0 |
|       | Pyrobotrrys            | 0   | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 |
|       | Chlorella              | 0   | 0   | 0   | 0,5 | 0   |
| HORA  | GÊNEROS \ PROFUNDIDADE |     |     |     |     |     |
| 06:00 | (*)                    |     |     |     |     |     |

(\*) Faltou energia.

QUADRO 4.19 - Identificação e contagem de gêneros de algas presentes na coluna d'água durante um período de 24 horas na lagoa de maturação M 9 (26-27/03/86). A profundidade está expressa em cm e algas em número de células  $\times 10^4 \cdot \text{ml}^{-1}$ .

| HORA  | GÊNEROS \ PROFUNDIDADE | 5   | 15  | 30  | 70  | 195 |
|-------|------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|
| 06:00 | Oscillatoria II        | 0   | 0   | 0   | 0   | 0,5 |
|       | Euglena I              | 0   | 1,0 | 0,5 | 0   | 0,5 |
|       | Euglena II             | 0   | 0   | 0,5 | 0   | 0   |
|       | Phacus                 | 0,5 | 0   | 0   | 0   | 0   |
|       | Pyrrobotrys            | 0   | 0   | 0   | 1,0 | 0   |
|       | Chlamydomonas          | 0   | 0,5 | 0   | 0,5 | 0   |
|       | Chlorella              | 0   | 0,5 | 0   | 0   | 0   |
|       | Scenedesmus            | 0   | 0,5 | 0   | 0   | 0   |
| HORA  | GÊNEROS \ PROFUNDIDADE | 5   | 20  | 30  | 40  | 70  |
| 08:00 | Euglena I              | 0   | 0   | 0   | 0,5 | 0   |
|       | Euglena II             | 0   | 0   | 1,0 | 1,0 | 0,5 |
|       | Pyrrobotrys            | 0   | 0,5 | 1,0 | 1,5 | 0,5 |
|       | Chlamydomonas          | 1,0 | 0   | 1,0 | 0   | 0,5 |
| HORA  | GÊNEROS \ PROFUNDIDADE | 10  | 15  | 20  | 40  | 70  |
| 10:00 | Euglena I              | 0   | 0   | 0,5 | 0   | 0   |
|       | Phacus                 | 0   | 0   | 0   | 0   | 0,5 |
|       | Pyrrobotrys            | 0   | 0   | 0,5 | 0,5 | 0,5 |
|       | Chlamydomonas          | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 |
|       | Chlorella              | 0   | 0   | 0   | 0,5 | 0   |
| HORA  | GÊNEROS \ PROFUNDIDADE | 5   | 25  | 30  | 40  | 195 |
| 12:00 | Euglena II             | 0   | 0   | 0,5 | 0   | 0   |
|       | Pyrrobotrys            | 0   | 0,5 | 1,0 | 0   | 0   |
|       | Chlamydomonas          | 0,5 | 0   | 0   | 0,5 | 0,5 |
| HORA  | GÊNEROS \ PROFUNDIDADE | 20  | 30  | 40  | 100 | 195 |
| 14:00 | Euglena I              | 0   | 0   | 0   | 0   | 0,5 |
|       | Euglena II             | 0   | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0   |
|       | Pyrrobotrys            | 0,5 | 0   | 0   | 2,0 | 0   |
|       | Chlamydomonas          | 0   | 0,5 | 0   | 0   | 0   |
|       | Chlorella              | 0   | 0   | 0,5 | 0   | 0   |
| HORA  | GÊNEROS \ PROFUNDIDADE | 15  | 30  | 40  | 150 | 195 |
| 16:00 | Euglena II             | 0,5 | 0   | 0,5 | 0,5 | 0   |
|       | Pyrrobotrys            | 0   | 0   | 0   | 1,0 | 0   |
|       | Chlamydomonas          | 0   | 0,5 | 0   | 0,5 | 0,5 |
|       | Chlorella              | 0   | 0   | 0   | 0,5 | 0   |
| HORA  | GÊNEROS \ PROFUNDIDADE | 5   | 15  | 30  | 100 | 195 |
| 18:00 | Oscillatoria II        | 0   | 0   | 0,5 | 0   | 0   |
|       | Euglena II             | 0   | 0   | 0,5 | 0   | 0   |
|       | Phacus                 | 0   | 0   | 0   | 0   | 0,5 |
|       | Pyrrobotrys            | 0   | 0   | 0,5 | 0   | 1,5 |
|       | Chlamydomonas          | 0,5 | 0,5 | 0   | 0   | 0   |
|       | Chlorella              | 0   | 0   | 0,5 | 0   | 0   |
|       | Navicula               | 0   | 0   | 0   | 0,5 | 0   |
|       |                        |     |     |     |     |     |
| HORA  | GÊNEROS \ PROFUNDIDADE | 15  | 30  | 70  | 100 | 195 |
| 20:00 | Pyrrobotrys            | 0   | 0   | 0   | 0,5 | 1,5 |
|       | Chlorella              | 0,5 | 1,0 | 0,5 | 0   | 0   |
| HORA  | GÊNEROS \ PROFUNDIDADE | 5   | 15  | 40  | 100 | 195 |
| 22:00 | Euglena II             | 0   | 0   | 0   | 0,5 | 0,5 |
|       | Pyrrobotrys            | 0   | 0   | 0   | 0   | 1,0 |
|       | Chlamydomonas          | 0   | 0   | 0   | 0   | 1,0 |
|       | Chlorella              | 1,5 | 1,5 | 0,5 | 0   | 1,5 |
| HORA  | GÊNEROS \ PROFUNDIDADE | 5   | 20  | 40  | 100 | 195 |
| 24:00 | Pyrrobotrys            | 0   | 1,5 | 0,5 | 0   | 0,5 |
|       | Chlorella              | 0,5 | 0,5 | 0   | 0,5 | 2,0 |
| HORA  | GÊNEROS \ PROFUNDIDADE | 5   | 20  | 40  | 100 | 195 |
| 02:00 | Euglena                | 0   | 0   | 0   | 0   | 0,5 |
|       | Pyrrobotrys            | 0,5 | 0   | 0   | 0,5 | 0,5 |
|       | Chlamydomonas          | 0   | 0   | 0,5 | 0   | 1,0 |
|       | Chlorella              | 0   | 0,5 | 0   | 0   | 0,5 |
| HORA  | GÊNEROS \ PROFUNDIDADE | 5   | 20  | 40  | 100 | 195 |
| 04:00 | Pyrrobotrys            | 0   | 0,5 | 0   | 0   | 0   |
|       | Chlamydomonas          | 0   | 1,5 | 0   | 0   | 0   |
|       | Chlorella              | 0,5 | 0   | 0,5 | 1,5 | 0,5 |
| HORA  | GÊNEROS \ PROFUNDIDADE | 5   | 15  | 30  | 70  | 195 |
| 06:00 | Phacus                 | 0,5 | 0   | 0   | 0   | 0   |
|       | Pyrrobotrys            | 1,0 | 0   | 0   | 0   | 0   |
|       | Chlamydomonas          | 0   | 0,5 | 0   | 0   | 0   |
|       | Chlorella              | 0   | 0   | 0,5 | 0,5 | 0,5 |

ANEXO II

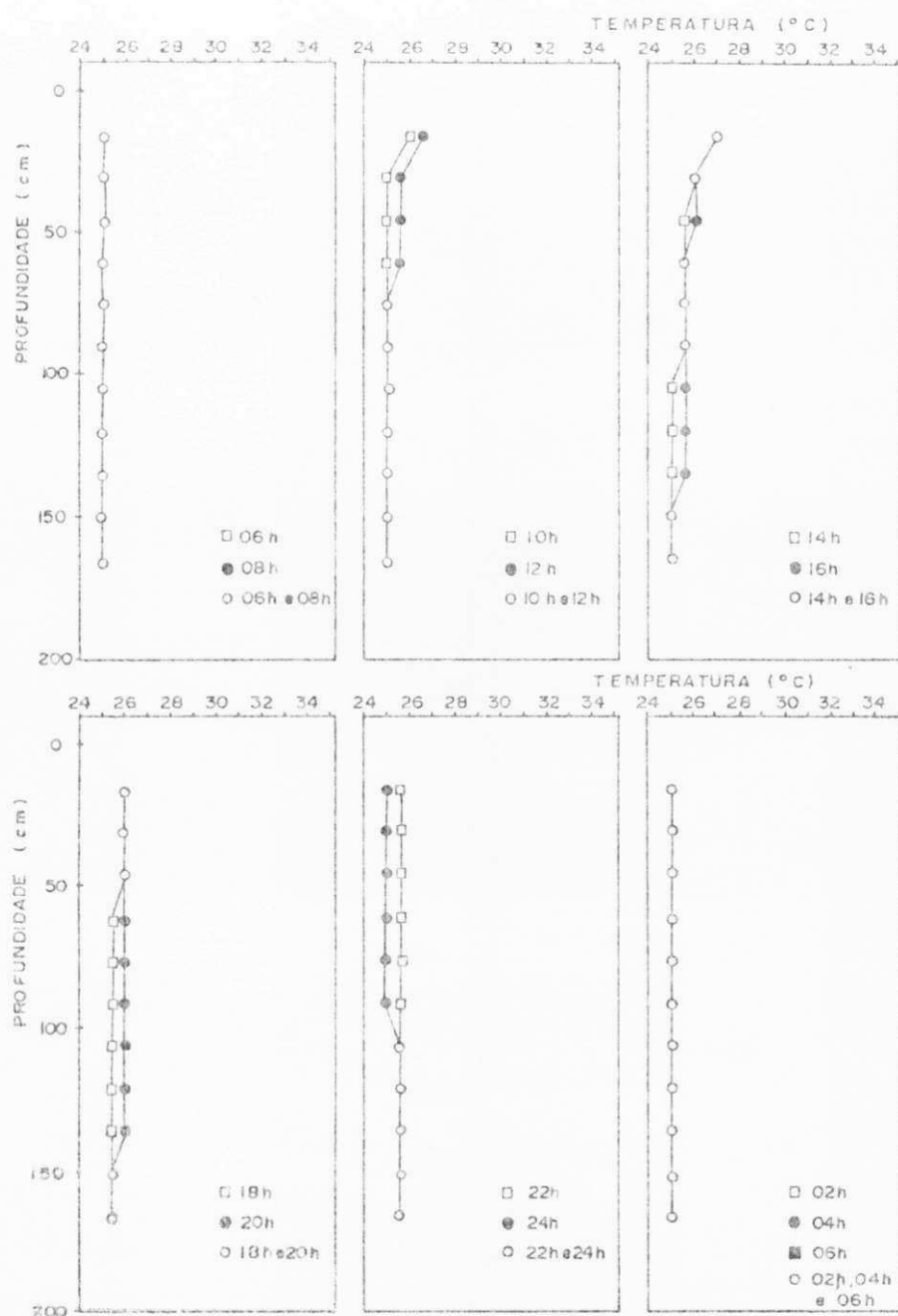


Figura 4.1 - Variações diárias de temperatura na coluna d'água da lagoa facultativa F9 (25-26/11/85).



Figura 4.2 - Variações diárias de temperatura na coluna d'água da lagoa facultativa F9 (16-17/12/85).



Figura 4.3 - Variações diárias de temperatura na coluna d'água da lagoa facultativa F9 (22-23/01/86).

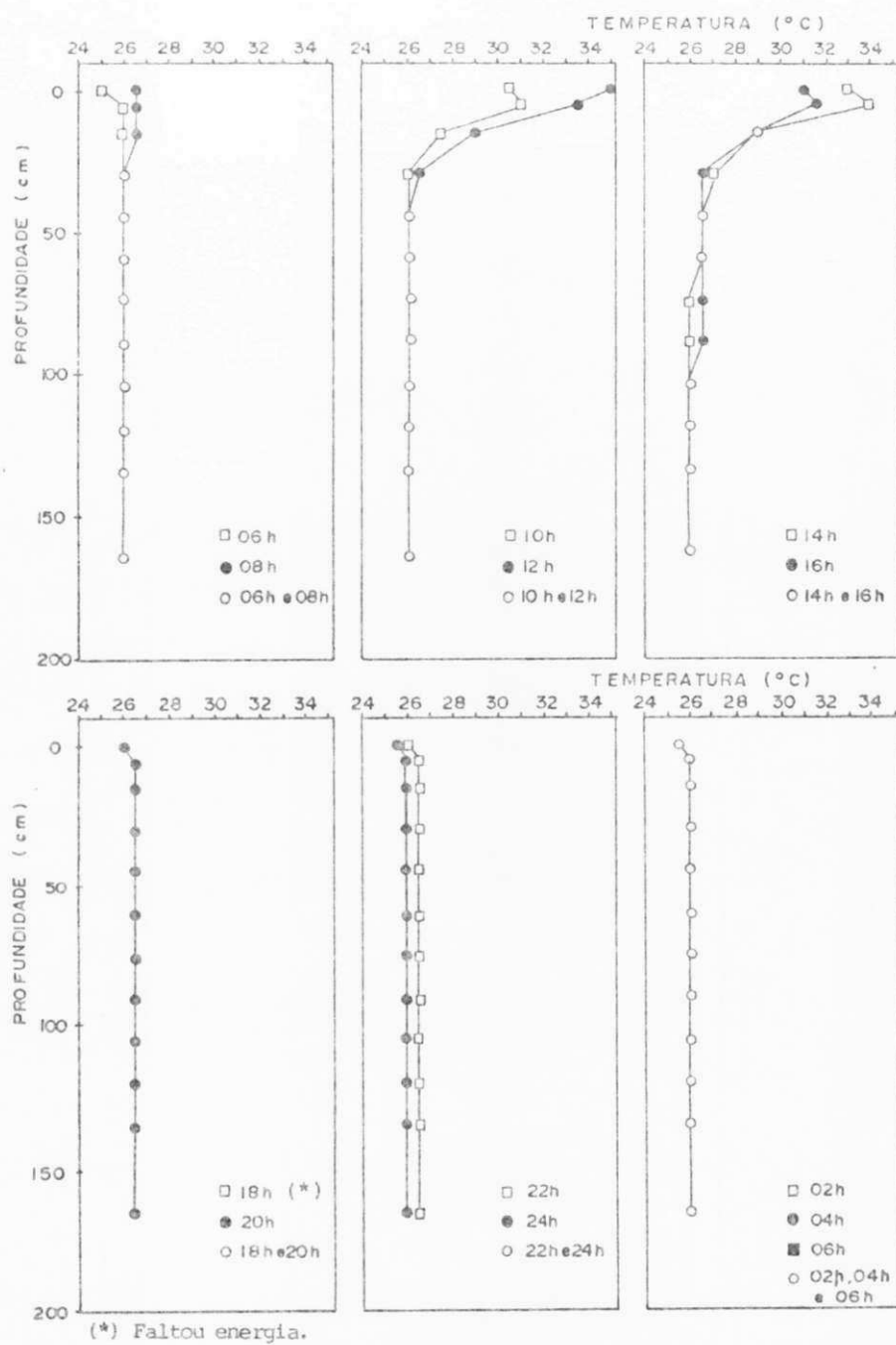


Figura 4.4 - Variações diárias de temperatura na coluna d'água da lagoa facultativa F9 (26-27/02/86).

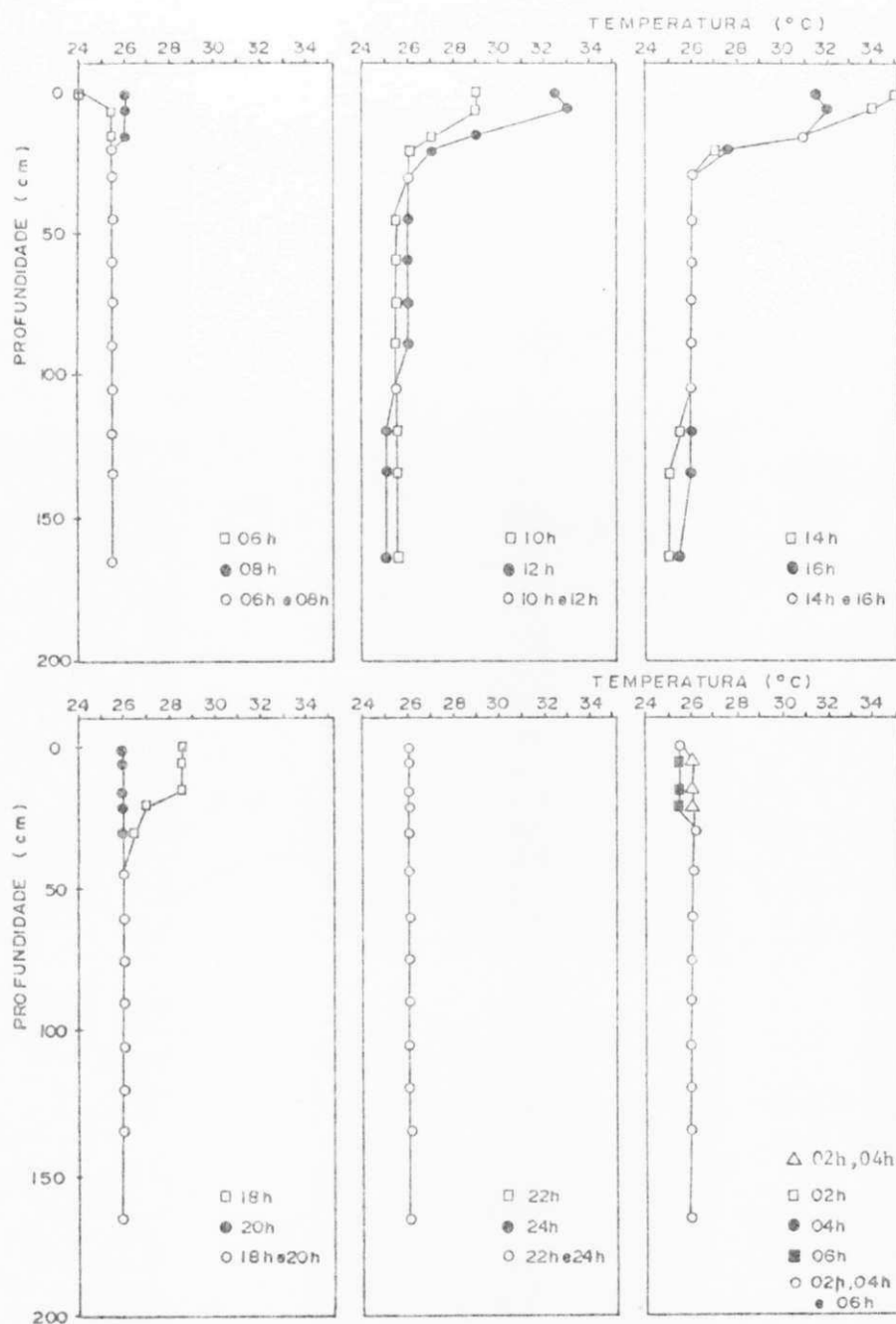


Figura 4.5 - Variações diárias de temperatura na coluna d'água da lagoa facultativa F9 (19-20/03/86).

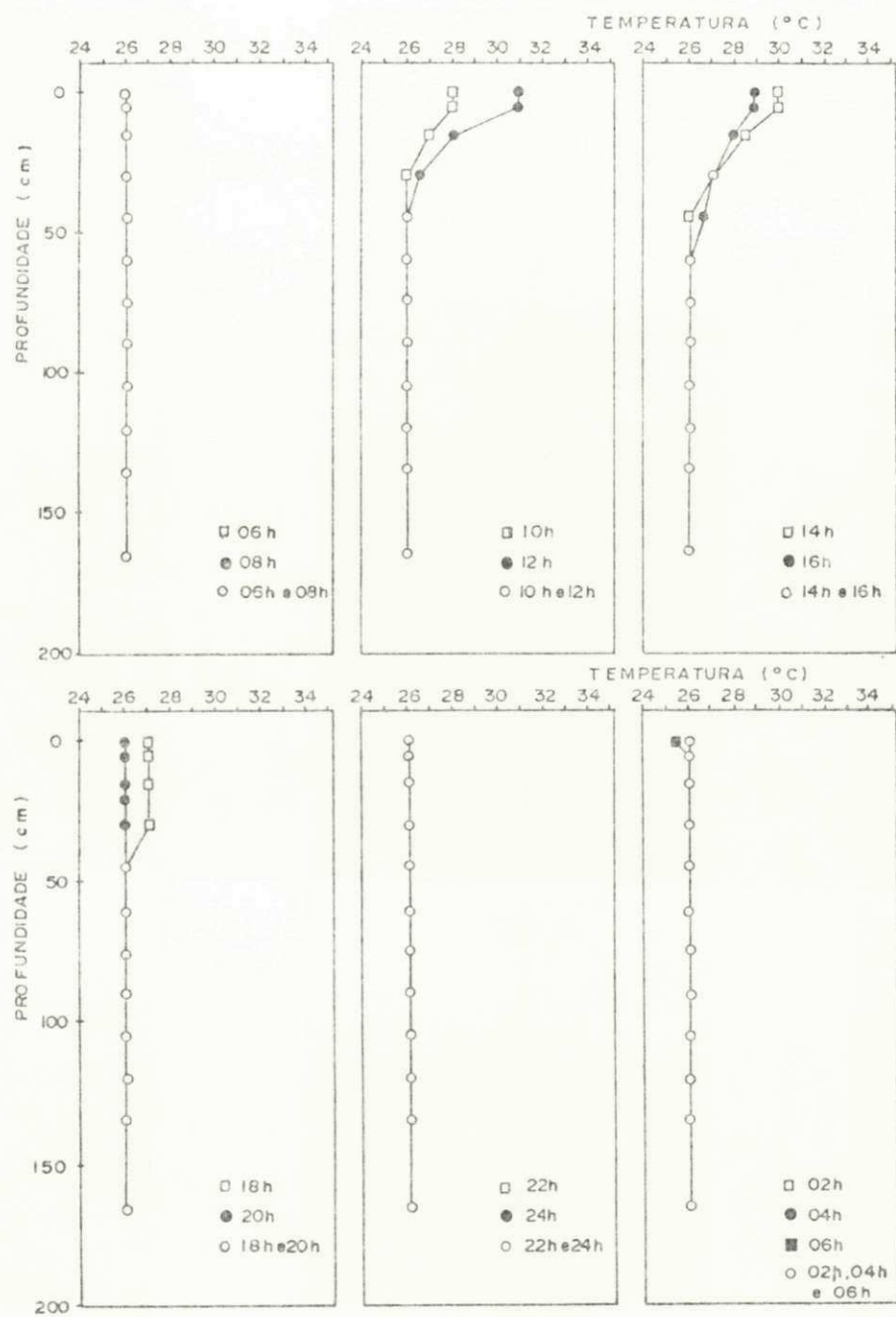


Figura 4.6 - Variações diárias de temperatura na coluna d'água da lagoa de maturação M7 (29-30/01/86).

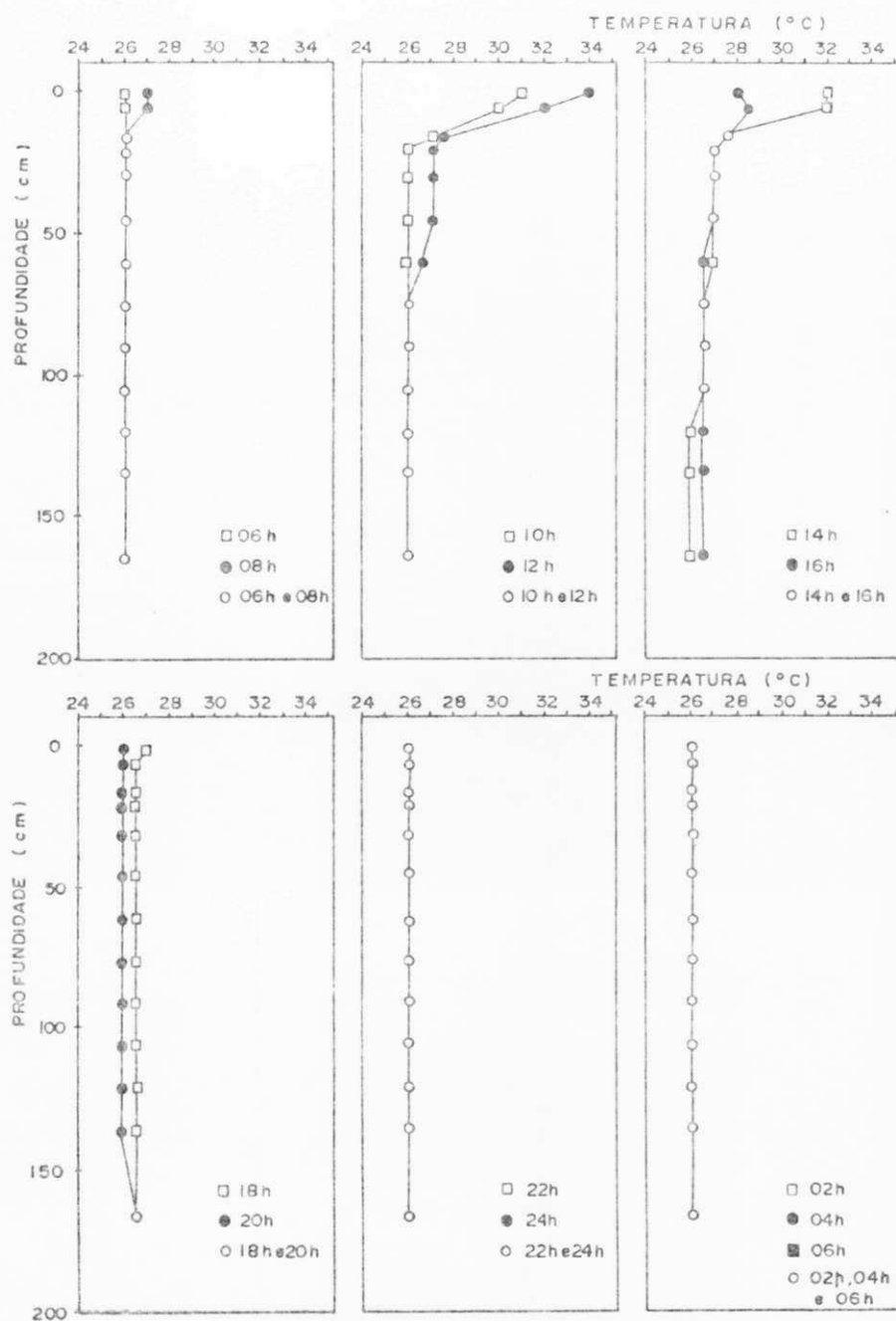


Figura 4:7 - Variações diárias de temperatura na coluna d'água da lagoa de maturação M7 (05-06/03/86).

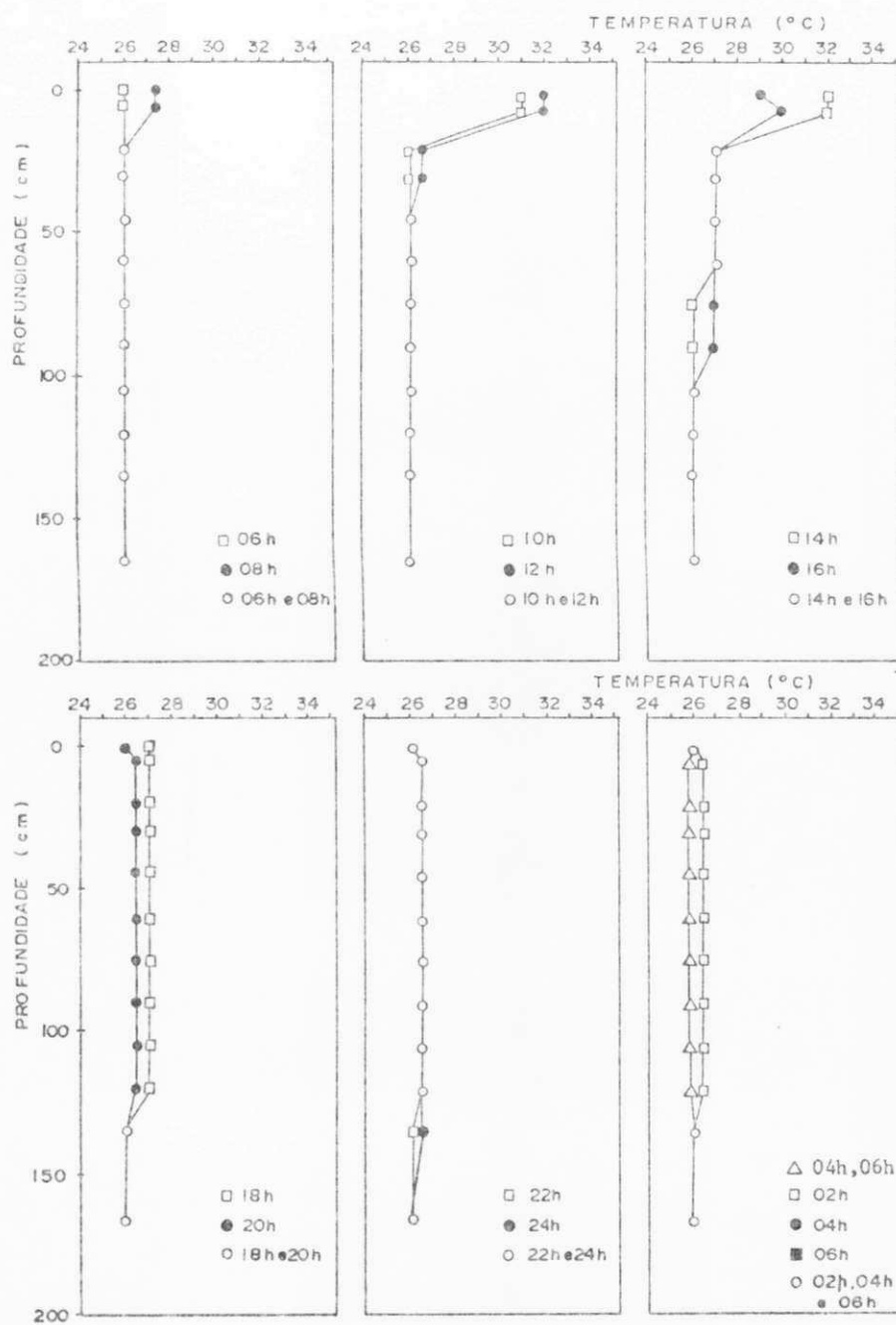


Figura 4.8 - Variações diárias de temperatura na coluna d'água da lagoa de maturação M7 (28-29/04/86).

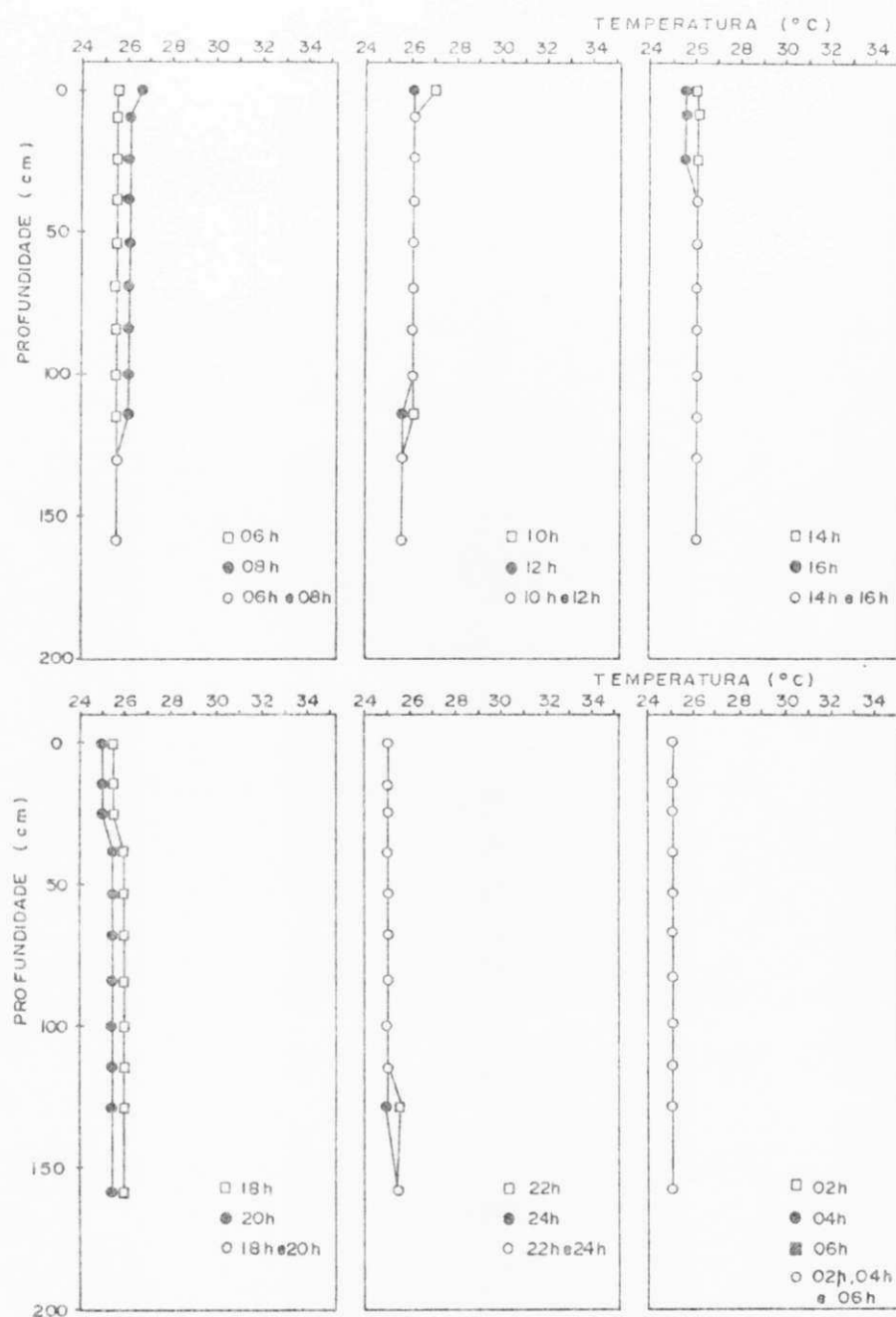


Figura 4.9 - Variações diárias de temperatura na coluna d'água da lagoa de maturação M8 (05-06/02/86).

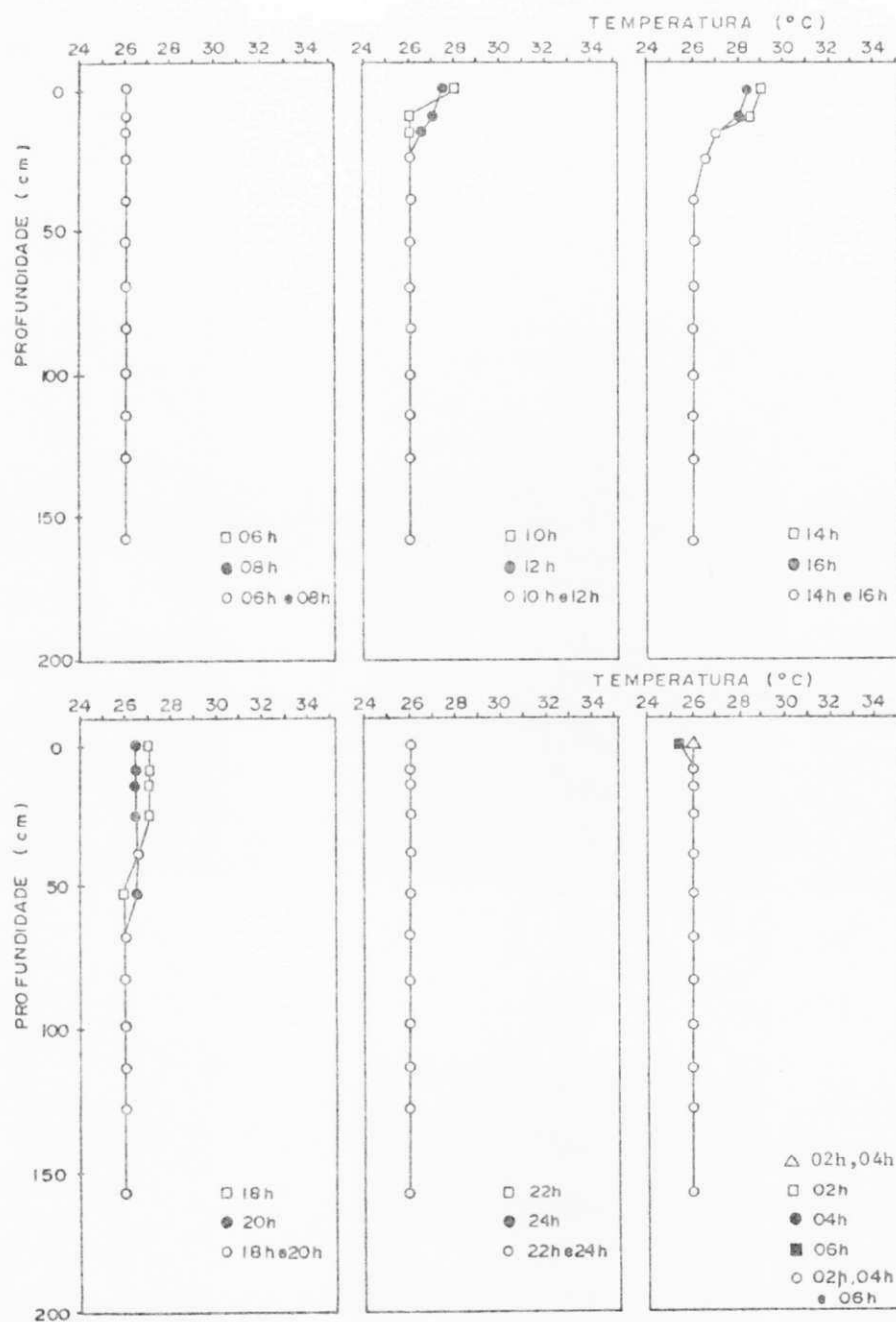


Figura 4.10 - Variações diárias de temperatura na coluna d'água da lagoa de maturação M8 (10-11/03/86).

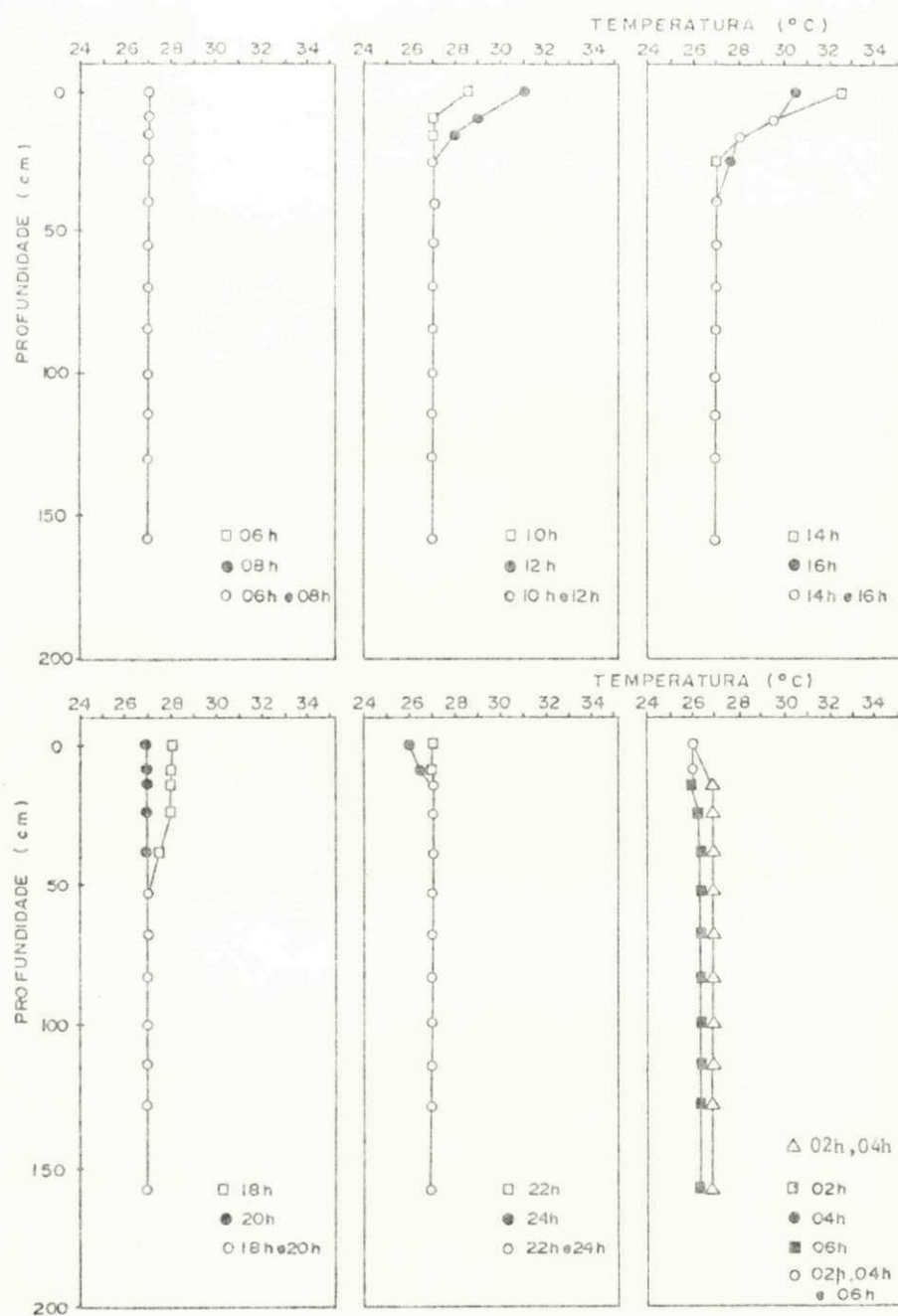


Figura 4.11 - Variações diárias de temperatura na coluna d'água da lagoa de maturação M8 (23-24/04/86)

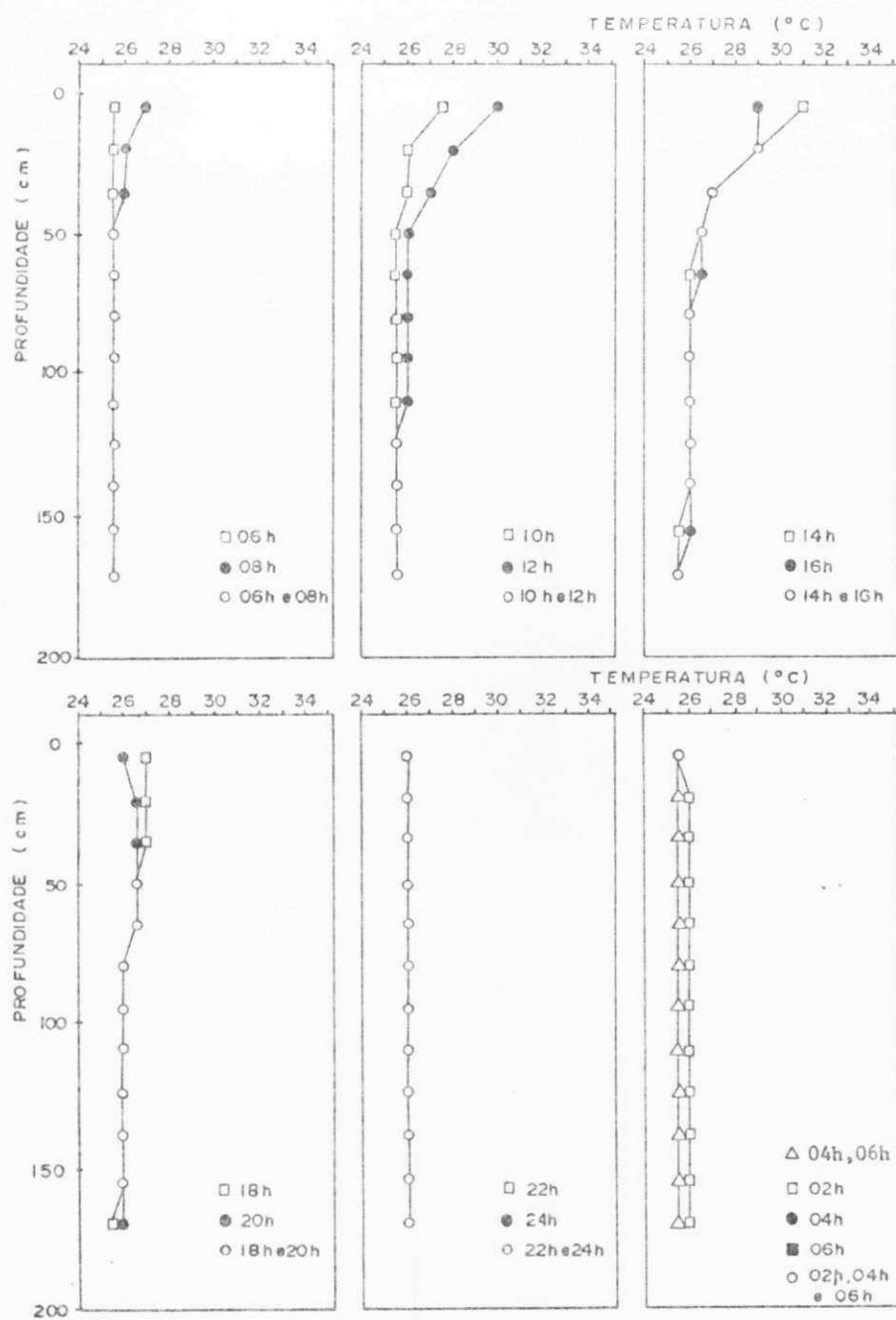


Figura 4.12 - Variações diárias de temperatura na coluna d'água da lagoa de maturação M9 (04-05/12/85).

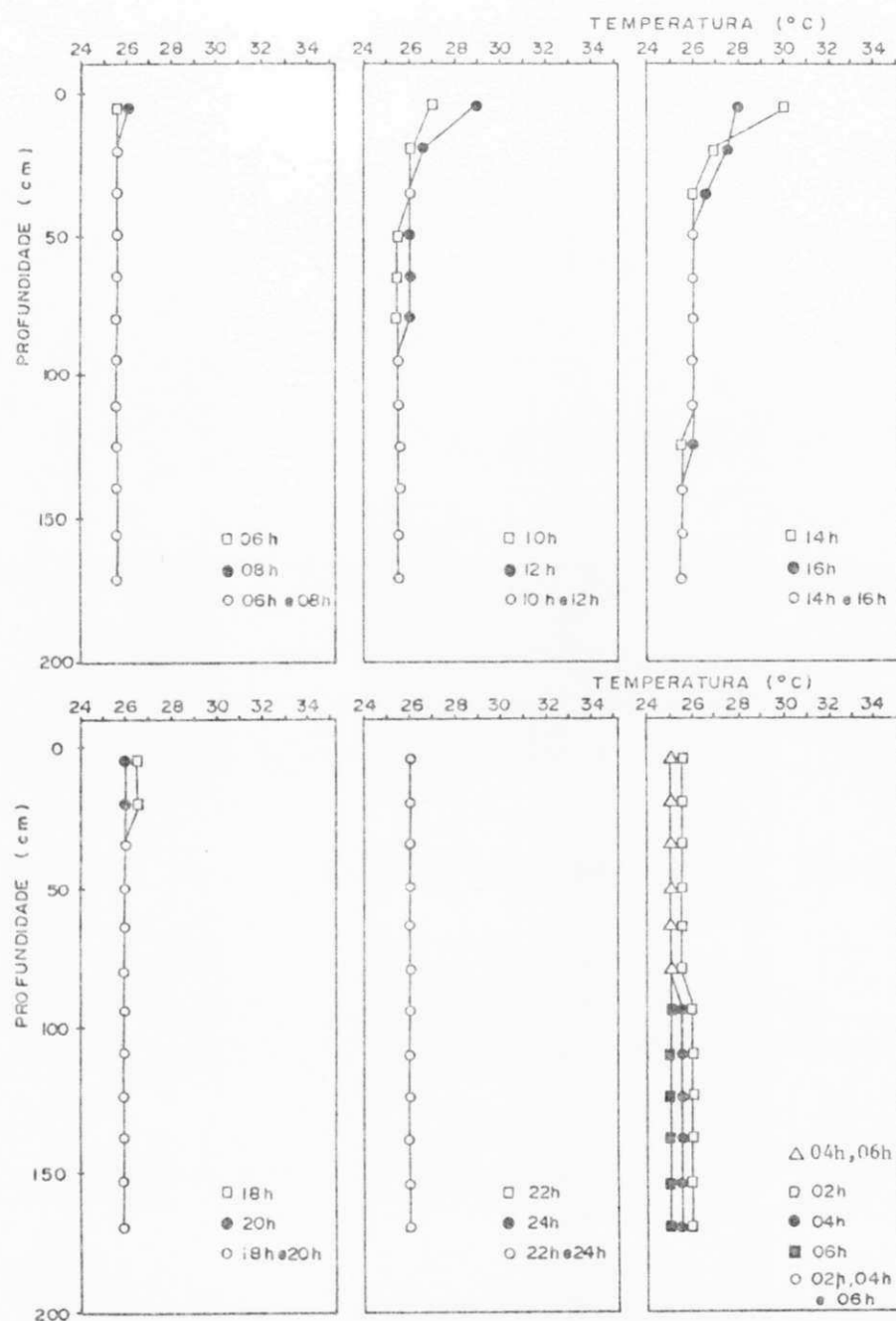


Figura 4.13 - Variações diárias de temperatura na coluna d'água da lagoa de maturação M9 (15-16/01/86).

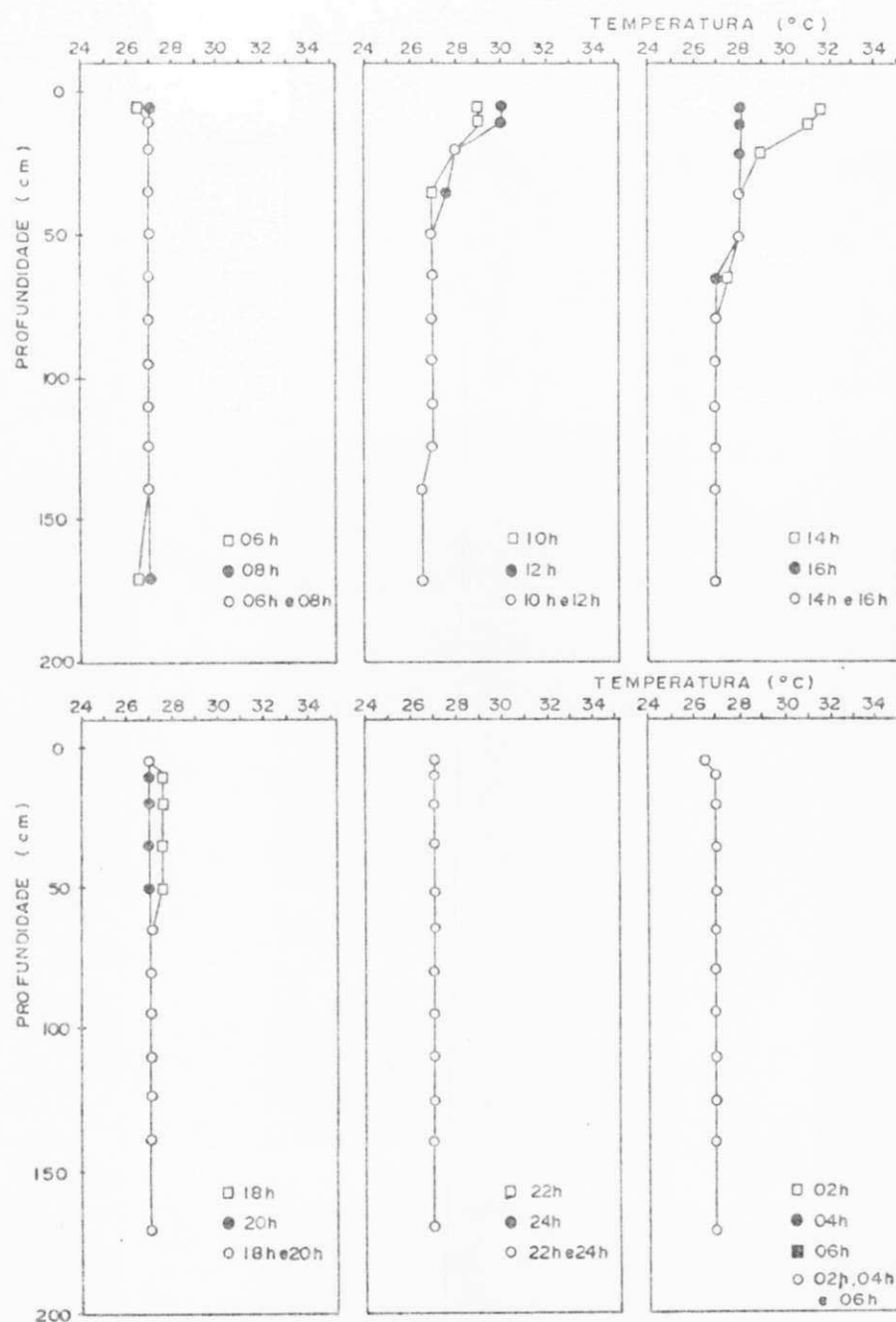


Figura 4.14 - Variações diárias de temperatura na coluna d'água da lagoa de maturação M9 (19-20/02/86).

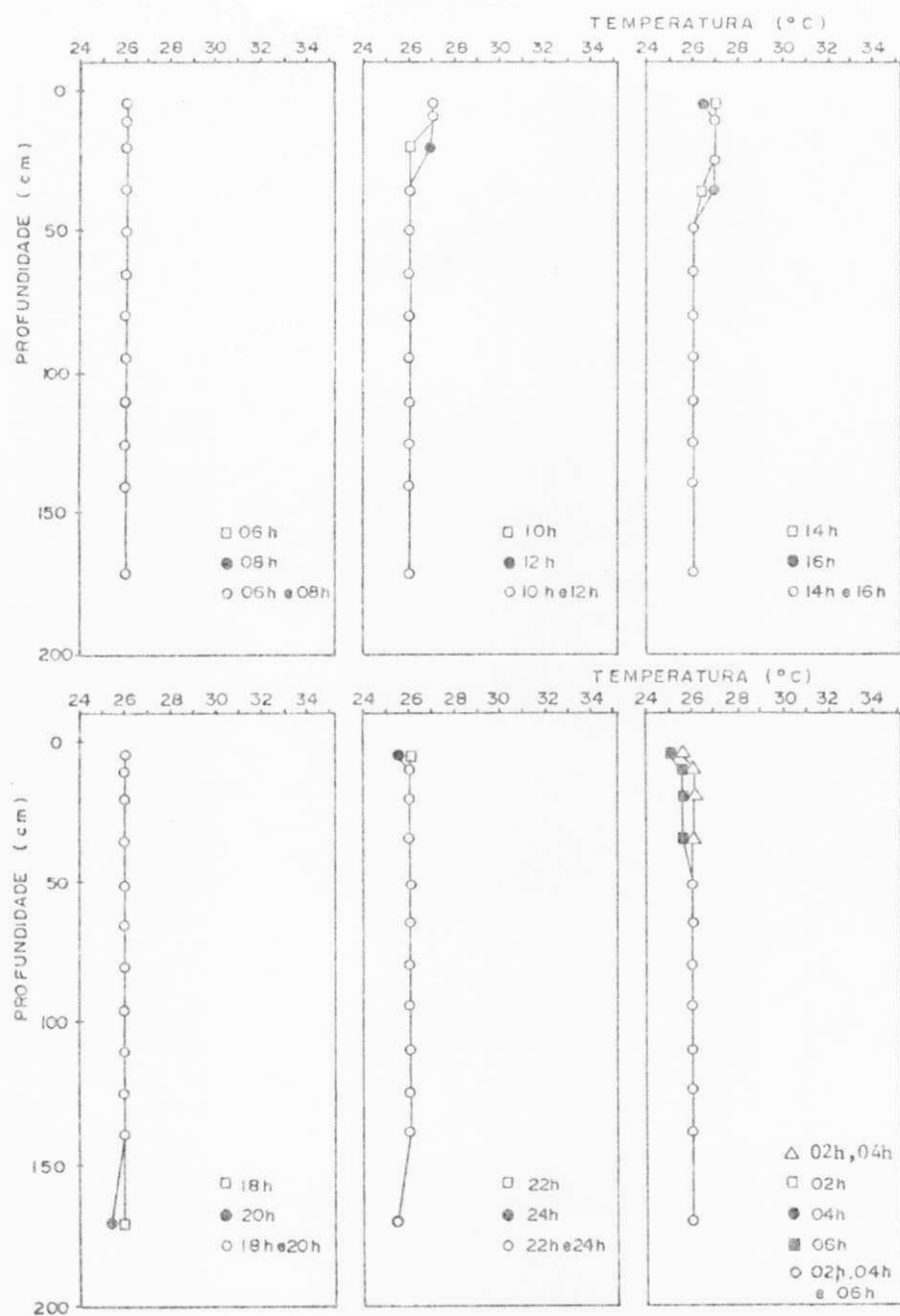


Figura 4.15 - Variações diárias de temperatura na coluna d'água da lagoa de maturação M9 (14-15/03/86).

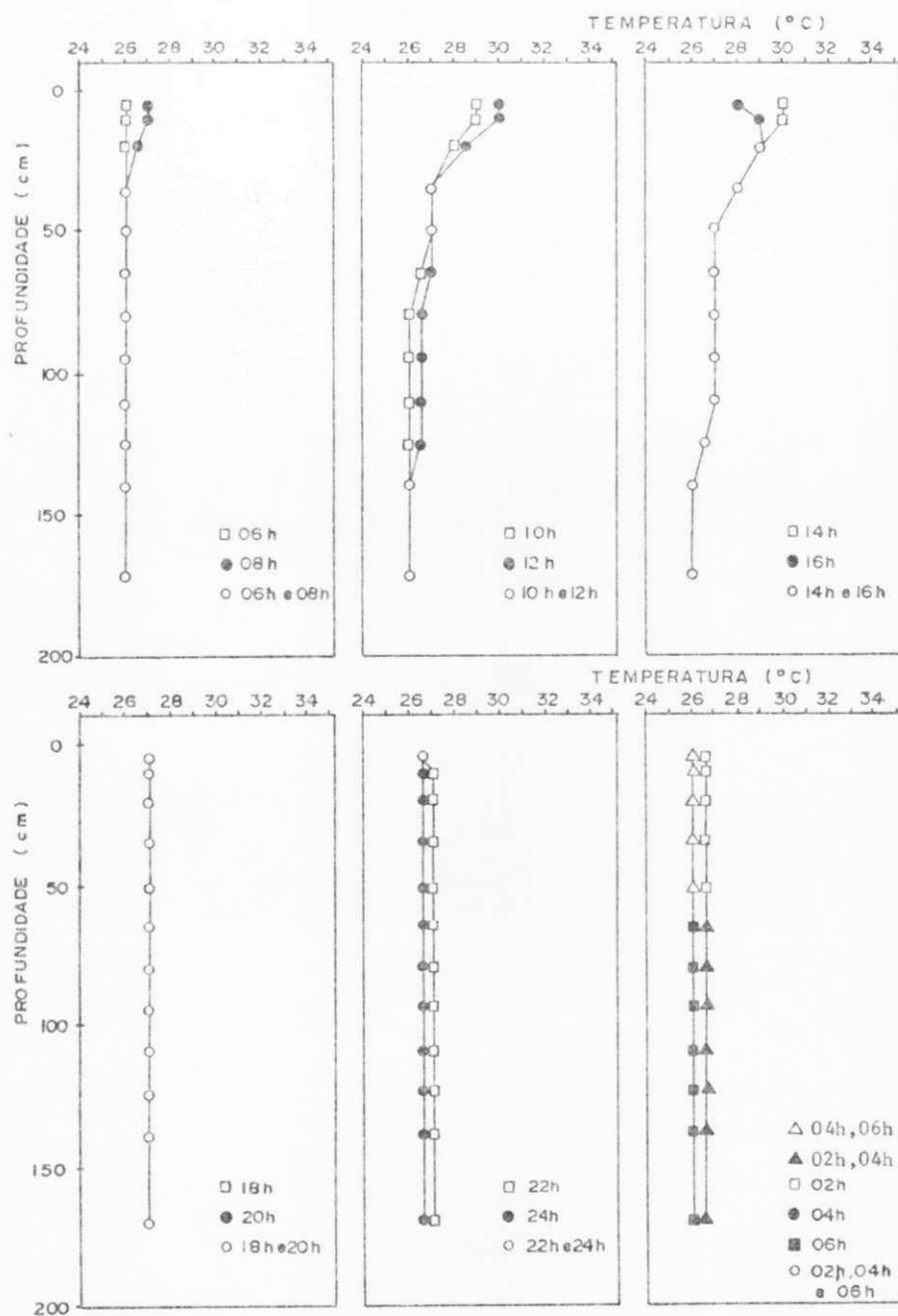


Figura 4.16 - Variações diárias de temperatura na coluna d'água da lagoa de maturação M9 (26-27/03/86).

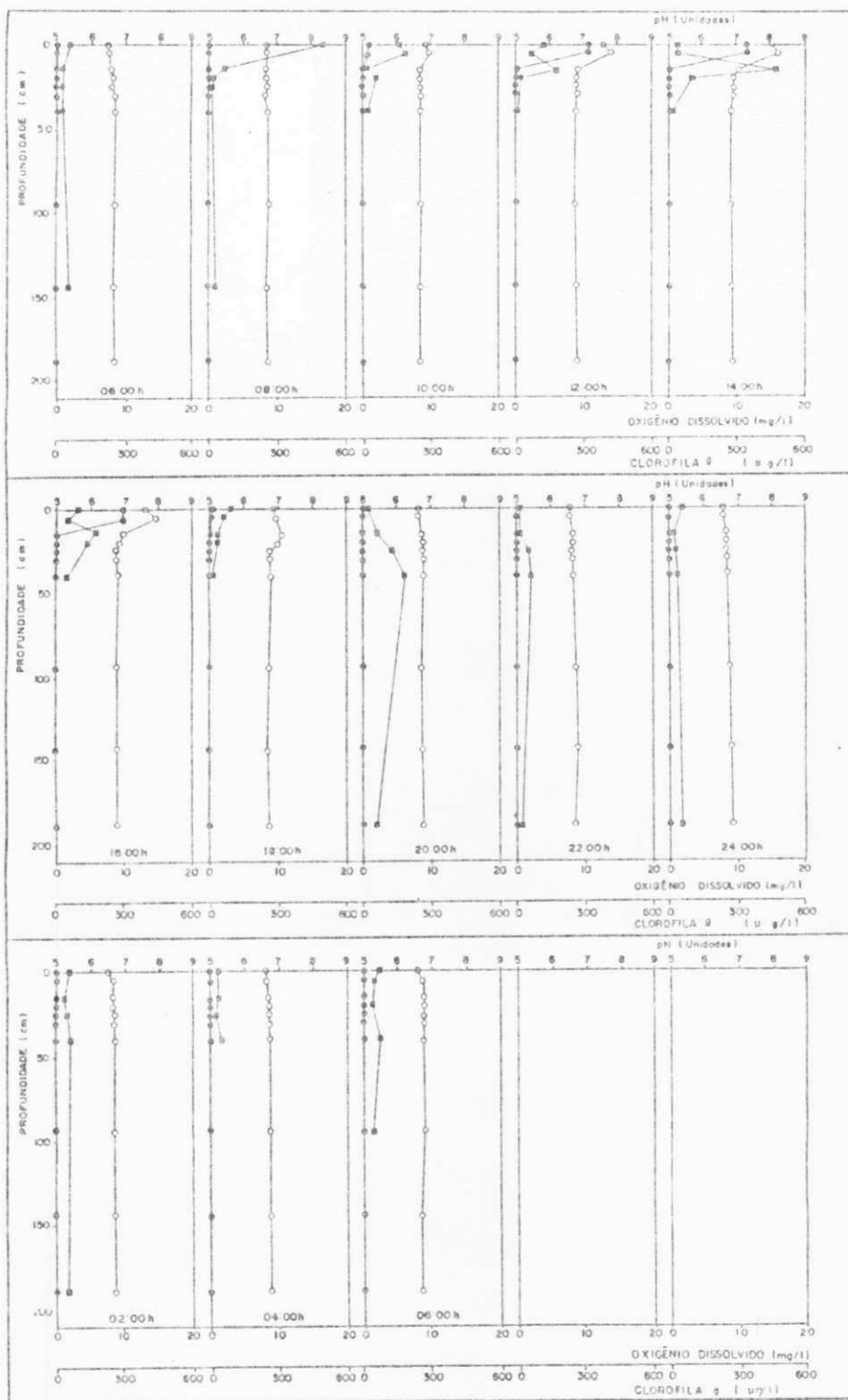


Figura 4.17 - Variações no pH (○), concentrações de oxigênio dissolvido (●) e clorofila *a* (■), durante um período de 24 horas, na coluna d'água da lagoa facultativa F9 (25-26/11/85).

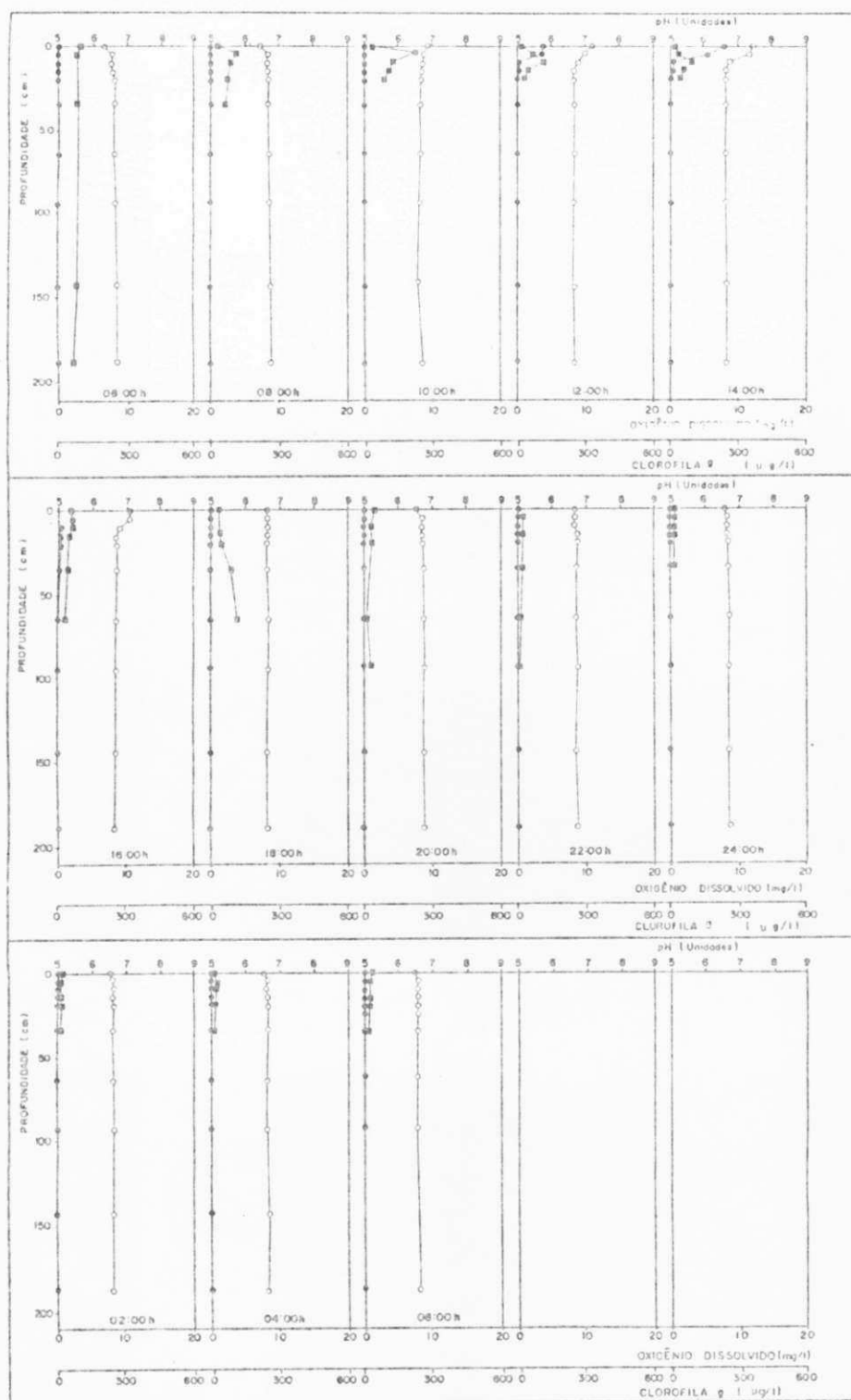


Figura 4.18 - Variações no pH (o), concentrações de oxigênio dissolvido (•) e clorofila *a* (■), durante um período de 24 horas, na coluna d'água da lagoa facultativa F9 (16-17/12/85).

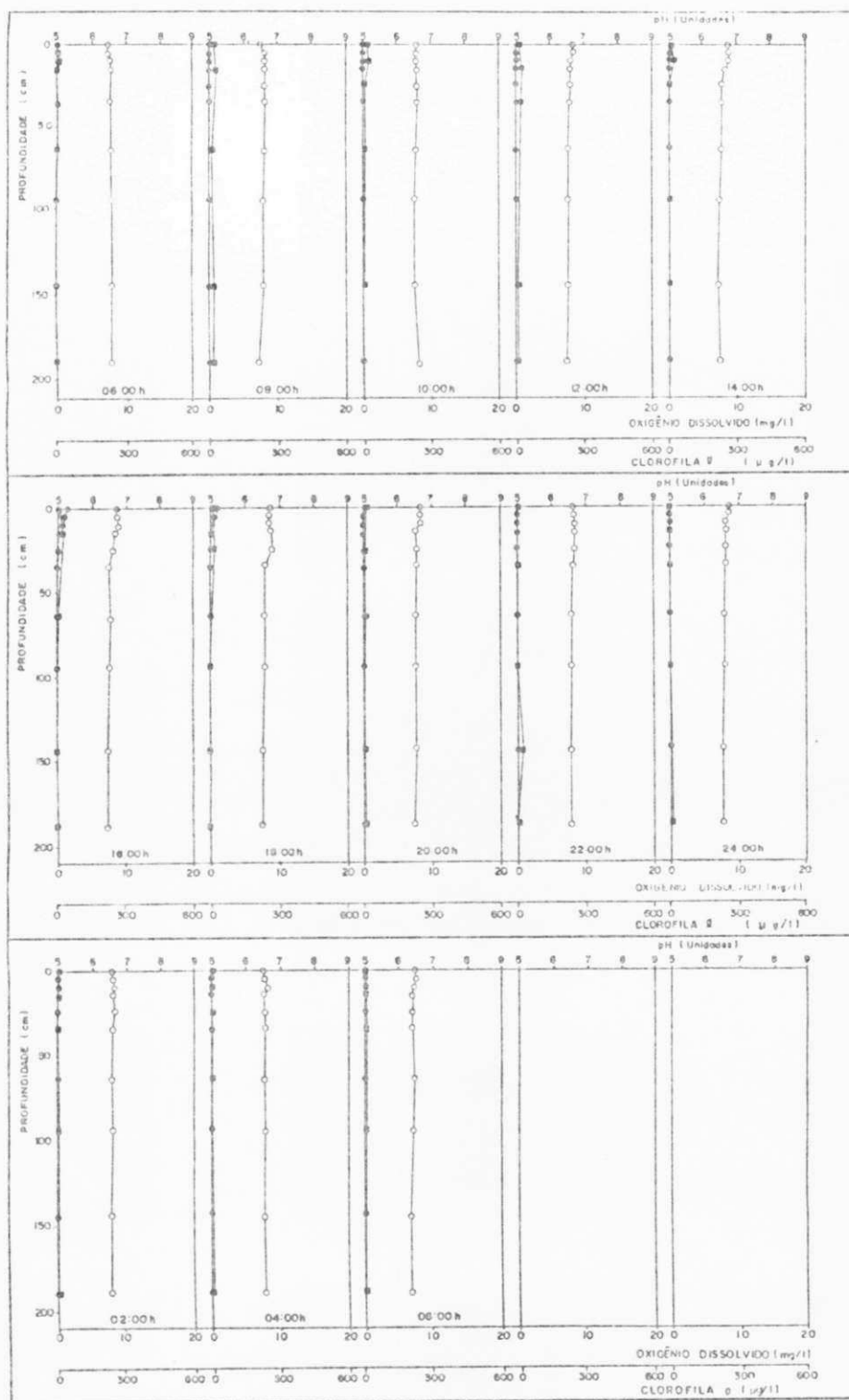


Figura 4.19 - Variações no pH (○), concentrações de oxigênio dissolvido (●) e clorofila *a* (■), durante um período de 24 horas, na coluna d'água da lagoa facultativa F9 (22-23/01/86).

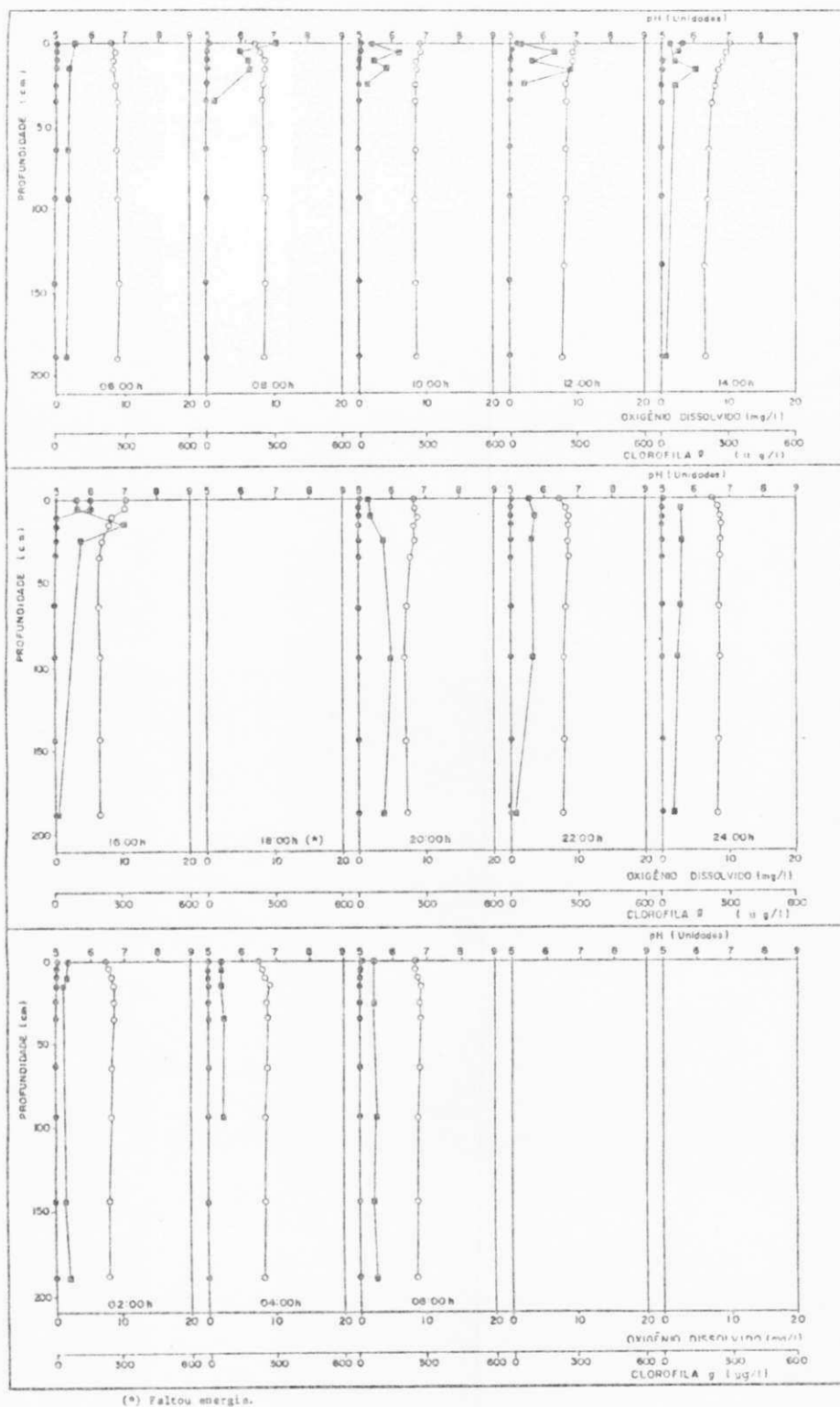


Figura 4.20 - Variações no pH (○), concentrações de oxigênio dissolvido (●) e clorofila *a* (■), durante um período de 24 horas, na coluna d'água da lagoa facultativa F9 (26-27/02/86).

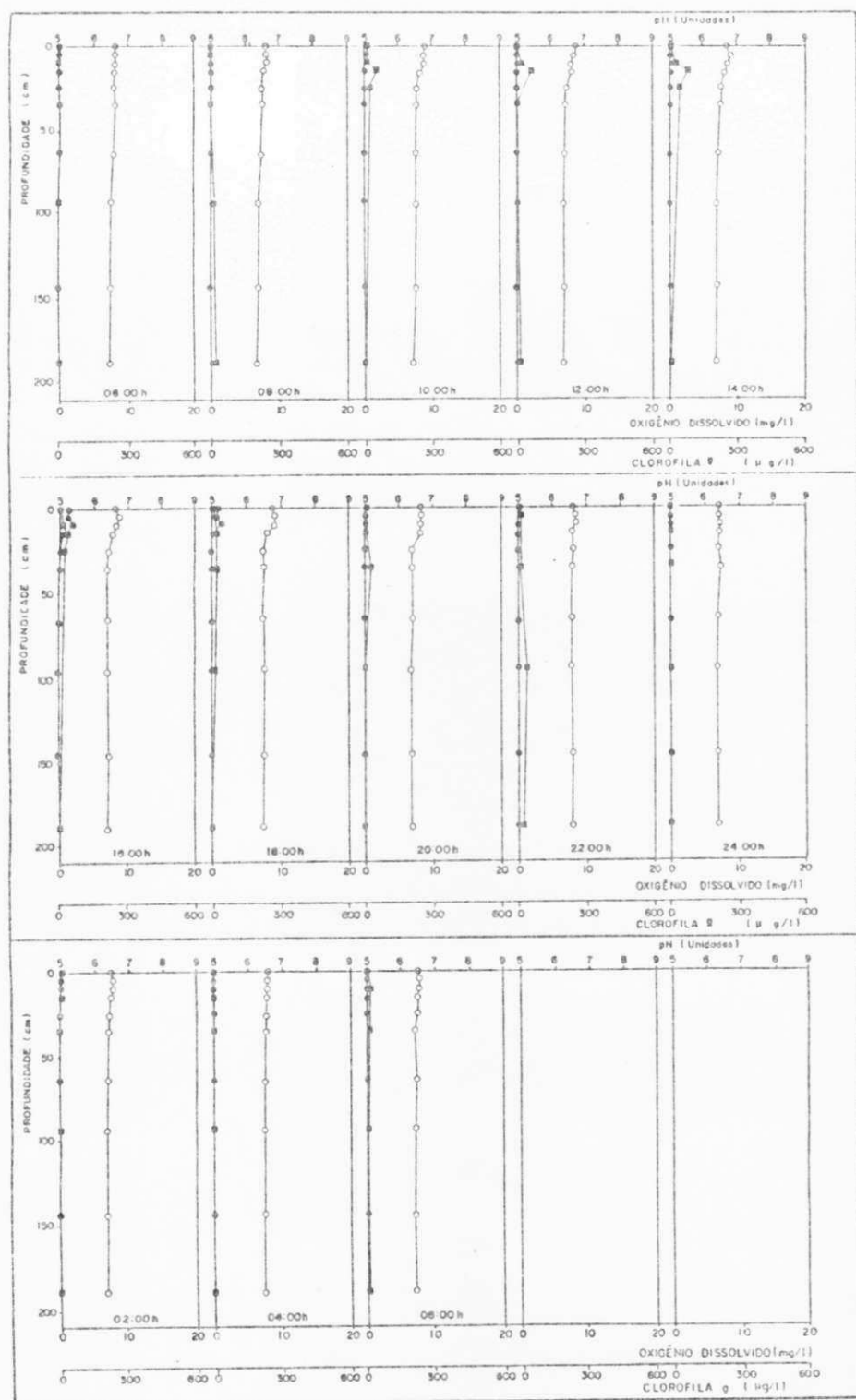


Figura 4.21 - Variações no pH (o), concentrações de oxigênio dissolvido (•) e clorofila *a* (■), durante um período de 24 horas, na coluna d'água da lagoa facultativa F9 (19-20/03/86).

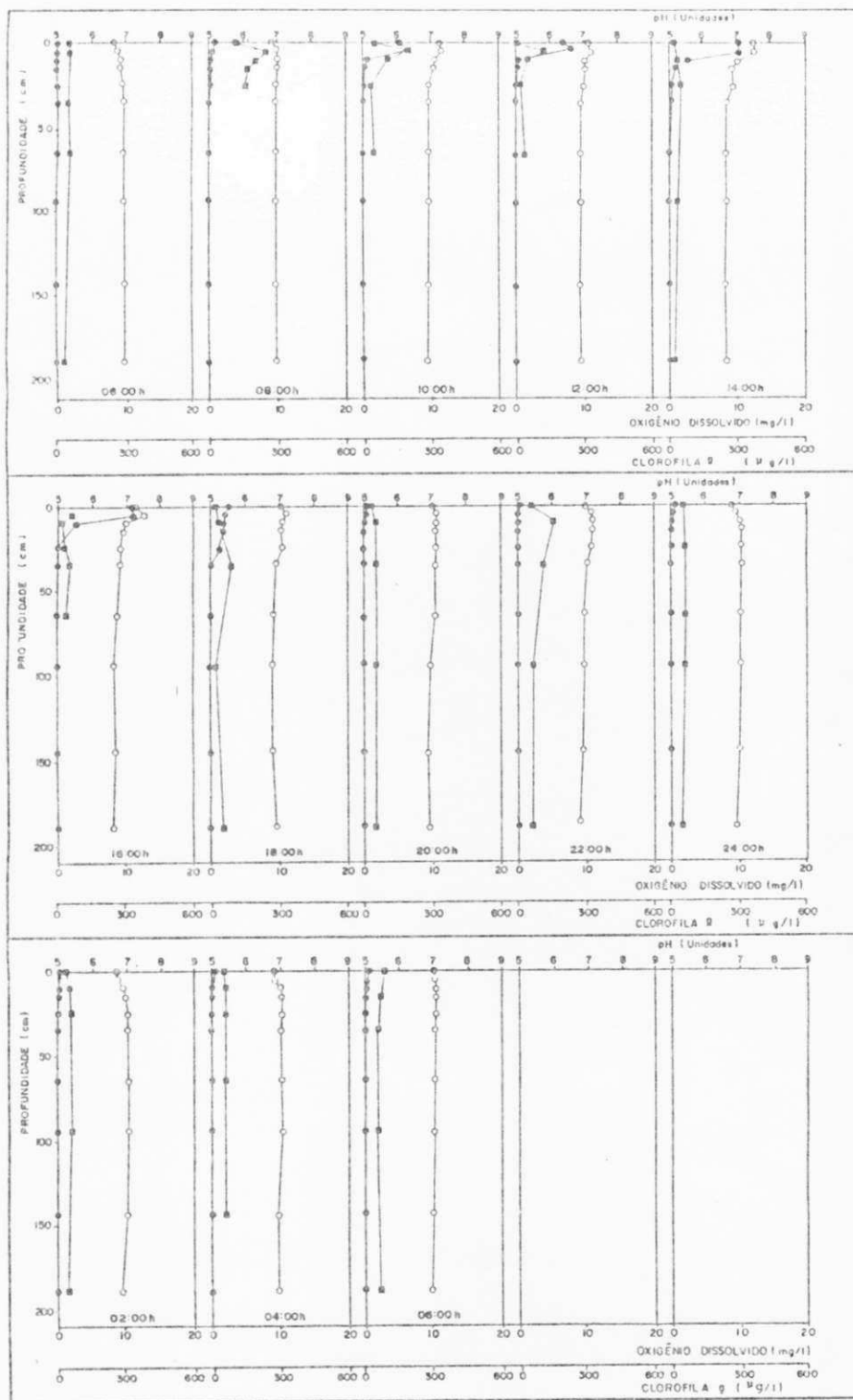


Figura 4.22 - Variações no pH (°), concentrações de oxigênio dissolvido (\*) e clorofila *a* (■), durante um período de 24 horas, na coluna d'água da lagoa de maturação M7 (29-30/01/86).

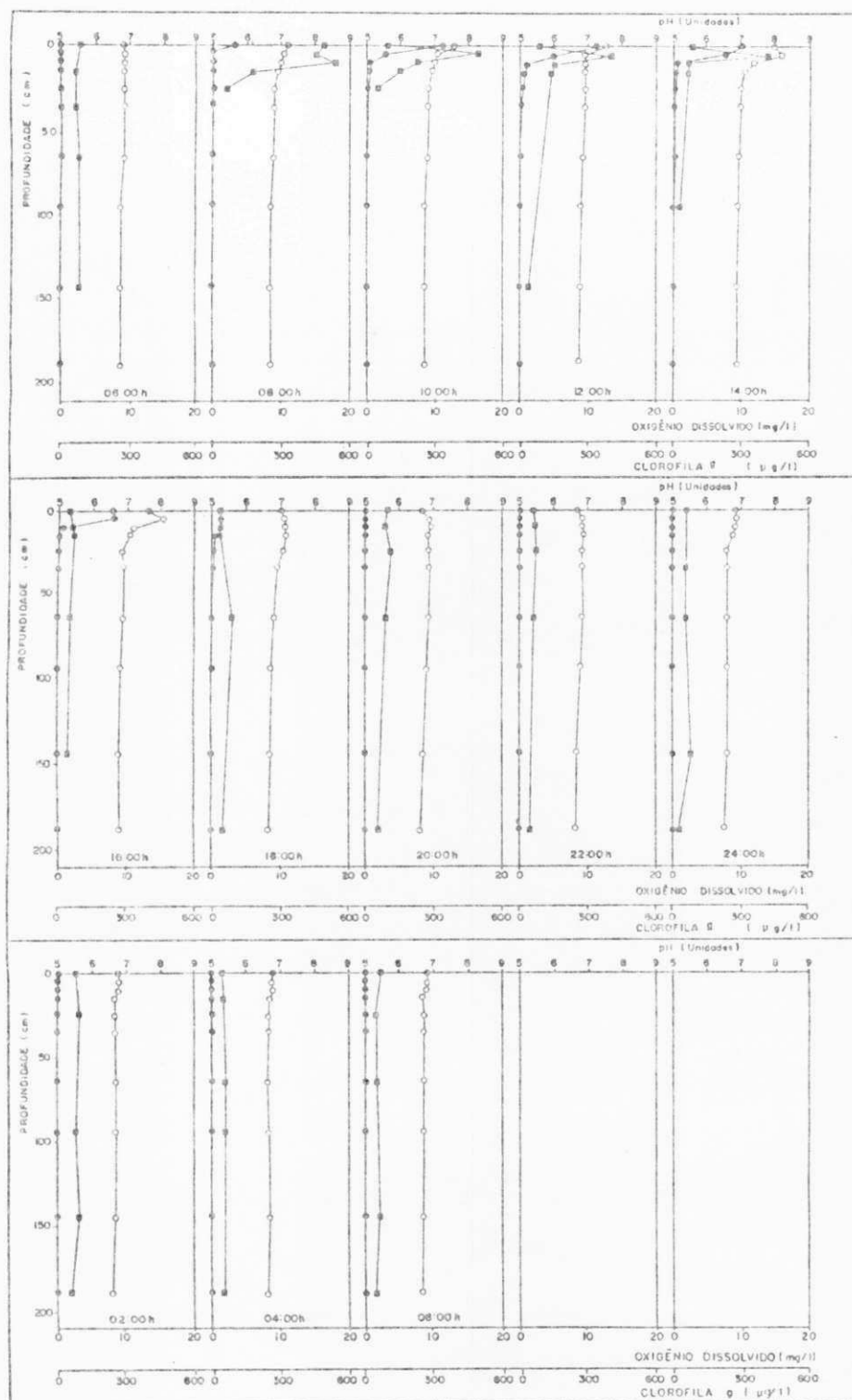


Figura 4.23 - Variações no pH (o), concentrações de oxigênio dissolvido (•) e clorofila *a* (■), durante um período de 24 horas, na coluna d'água da lagoa de maturação M7 (05-06/03/86).

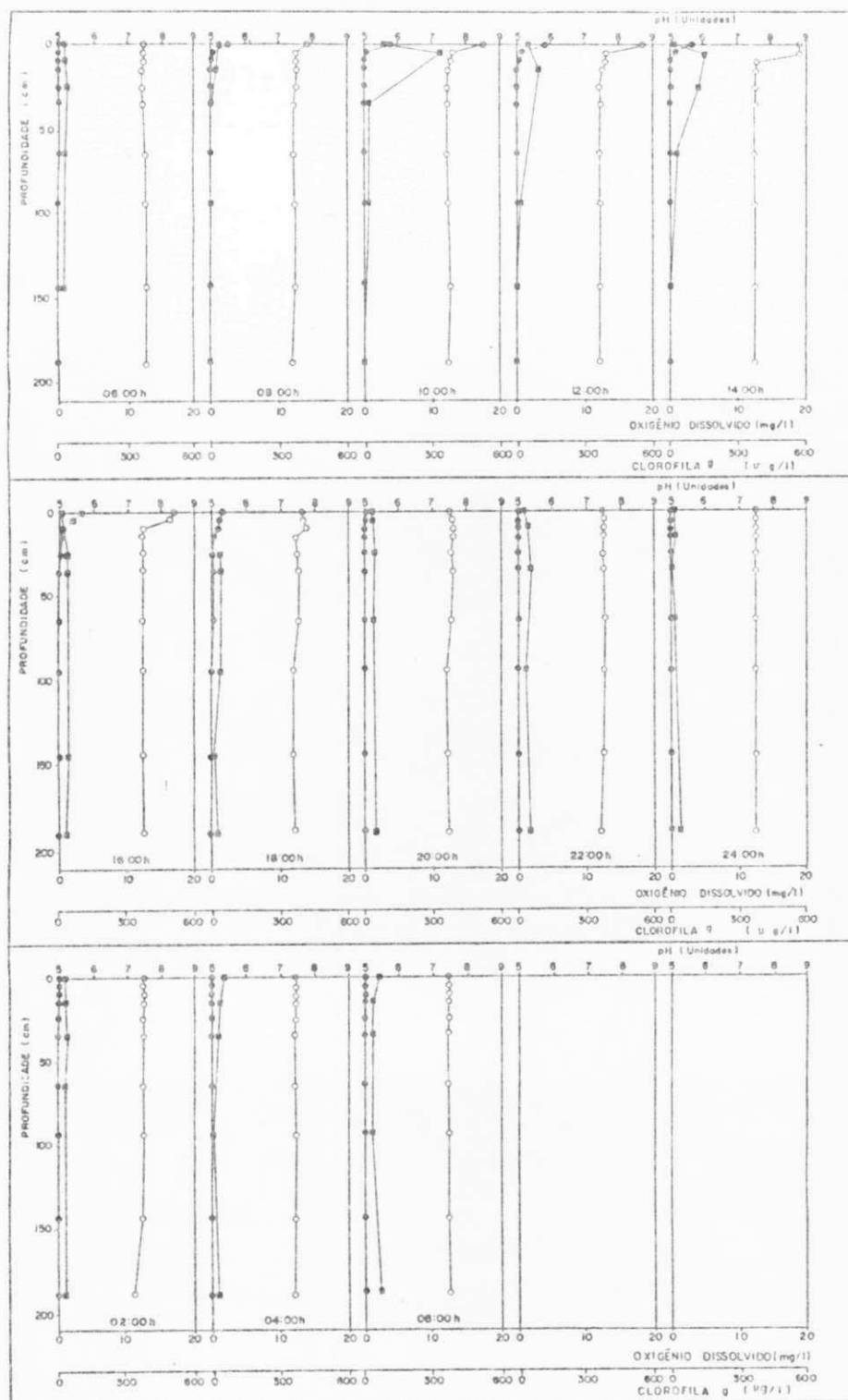


Figura 4.24 - Variações no pH (○), concentrações de oxigênio dissolvido (●) e clorofila *a* (■), durante um período de 24 horas, na coluna d'água da lagoa de maturação M7 (28-29/04/86).

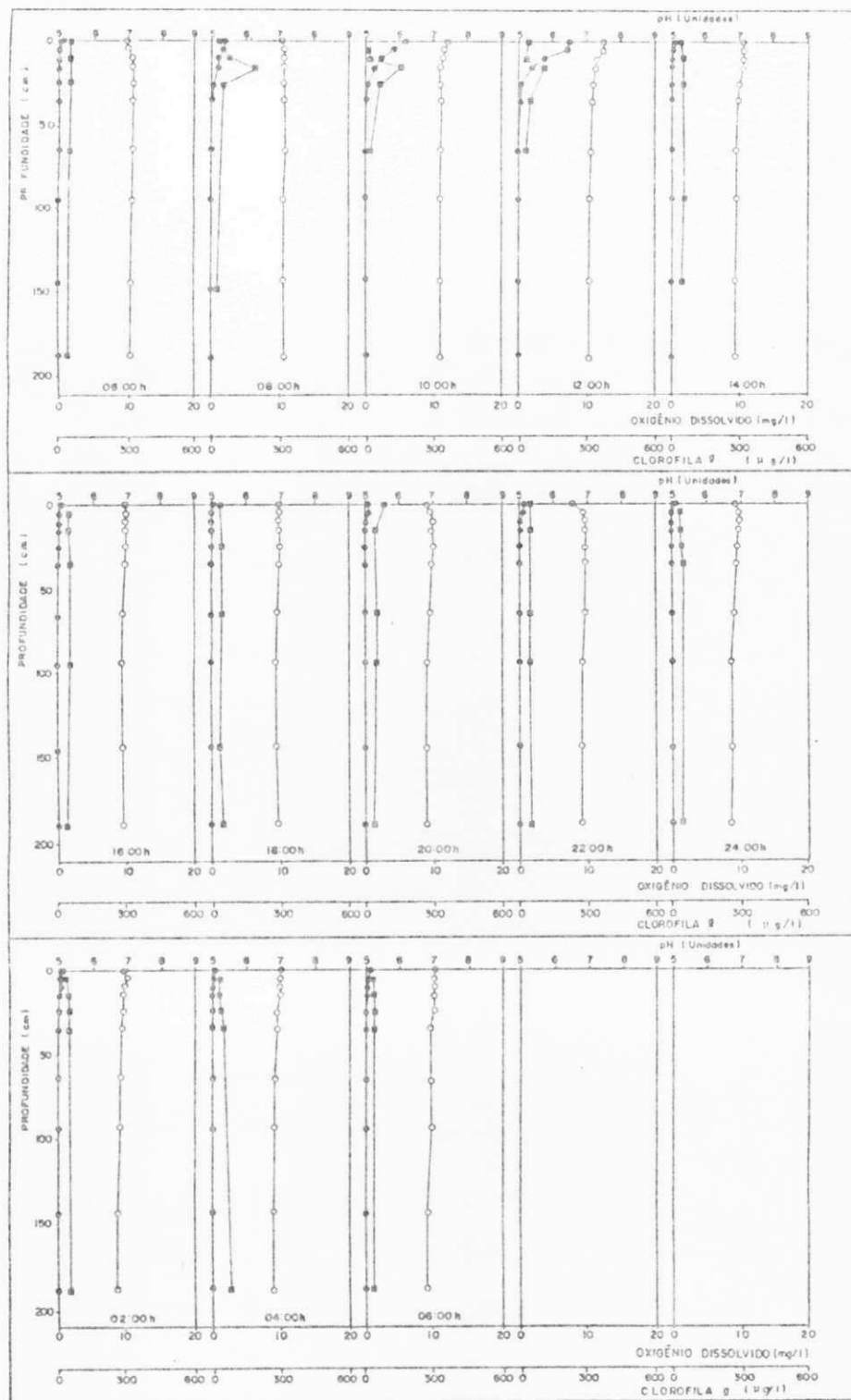


Figura 4.25 - Variações no pH ( $\circ$ ), concentrações de oxigênio dissolvido ( $\bullet$ ) e clorofila  $a$  ( $\blacksquare$ ), durante um período de 24 horas, na coluna d'água da lagoa de maturação M8 (05-06/02/86).

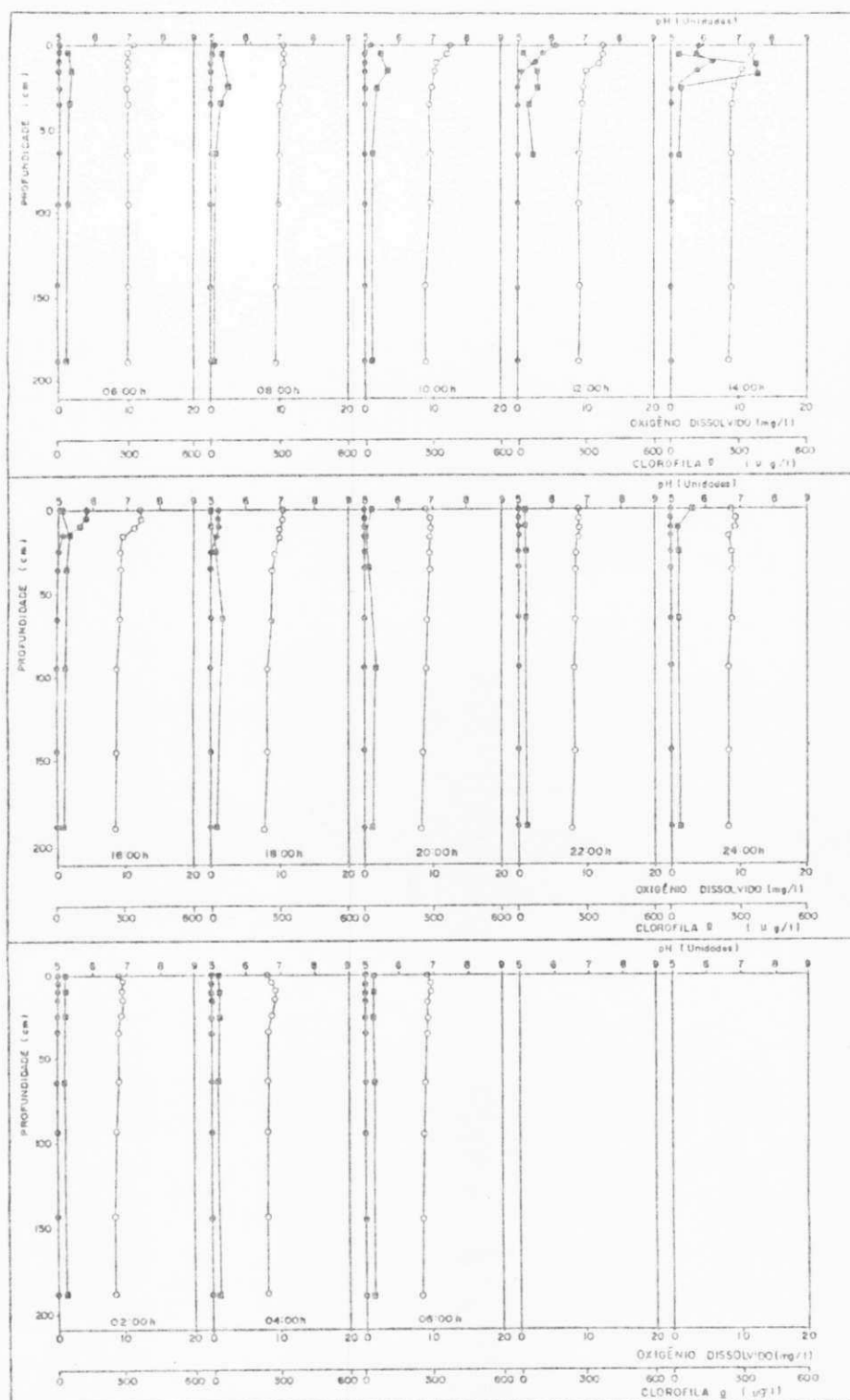


Figura 4.26 - Variações no pH (o), concentrações de oxigênio dissolvido (•) e clorofila *a* (■), durante um período de 24 horas, na coluna d'água da lagoa de maturação M8 (10-11/03/86).

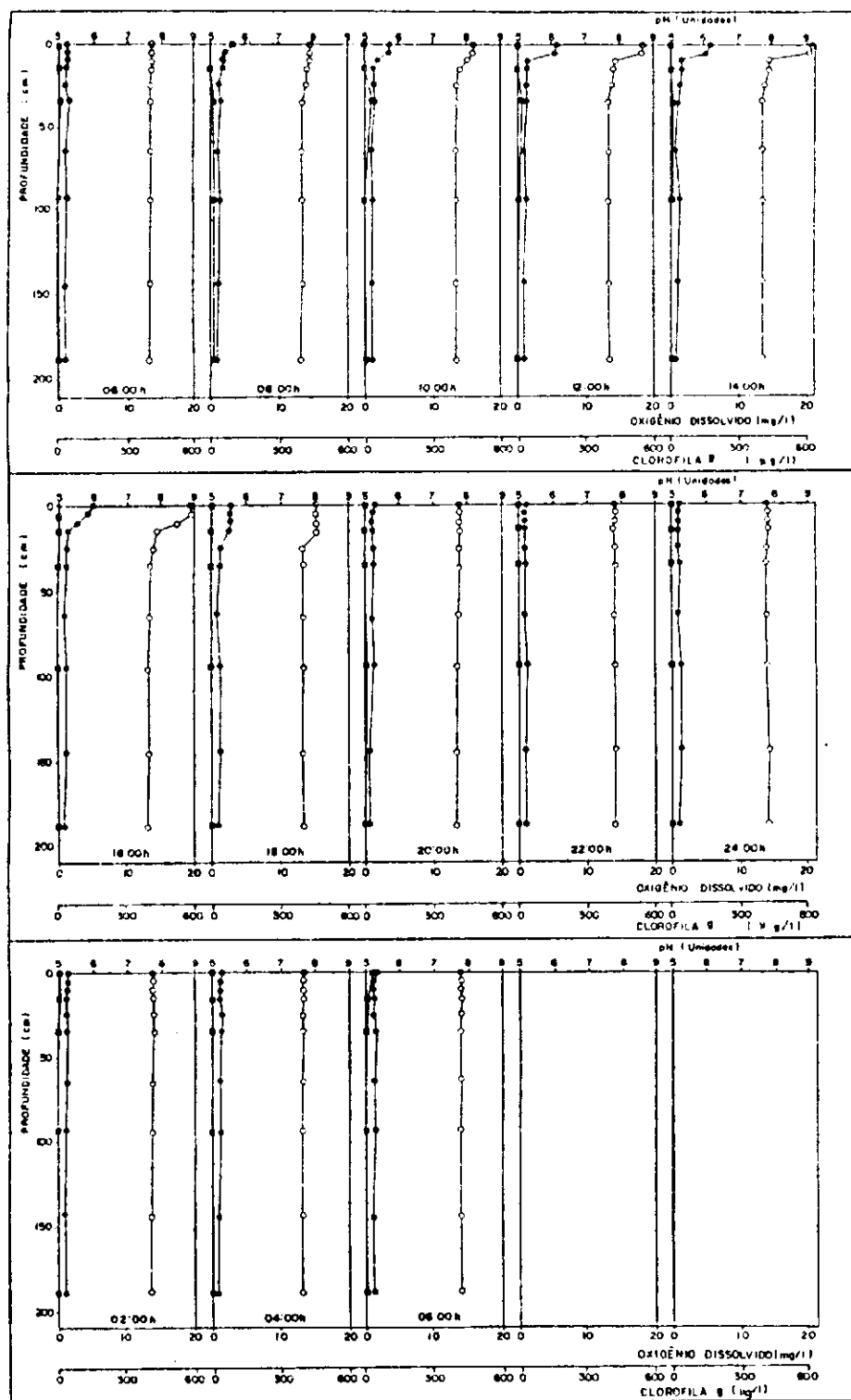


Figura 4.27 - Variações no pH (○), concentrações de oxigênio dissolvido (●) e clorofila *a* (■), durante um período de 24 horas, na coluna d'água da lagoa de maturação MR (23-24/04/86).

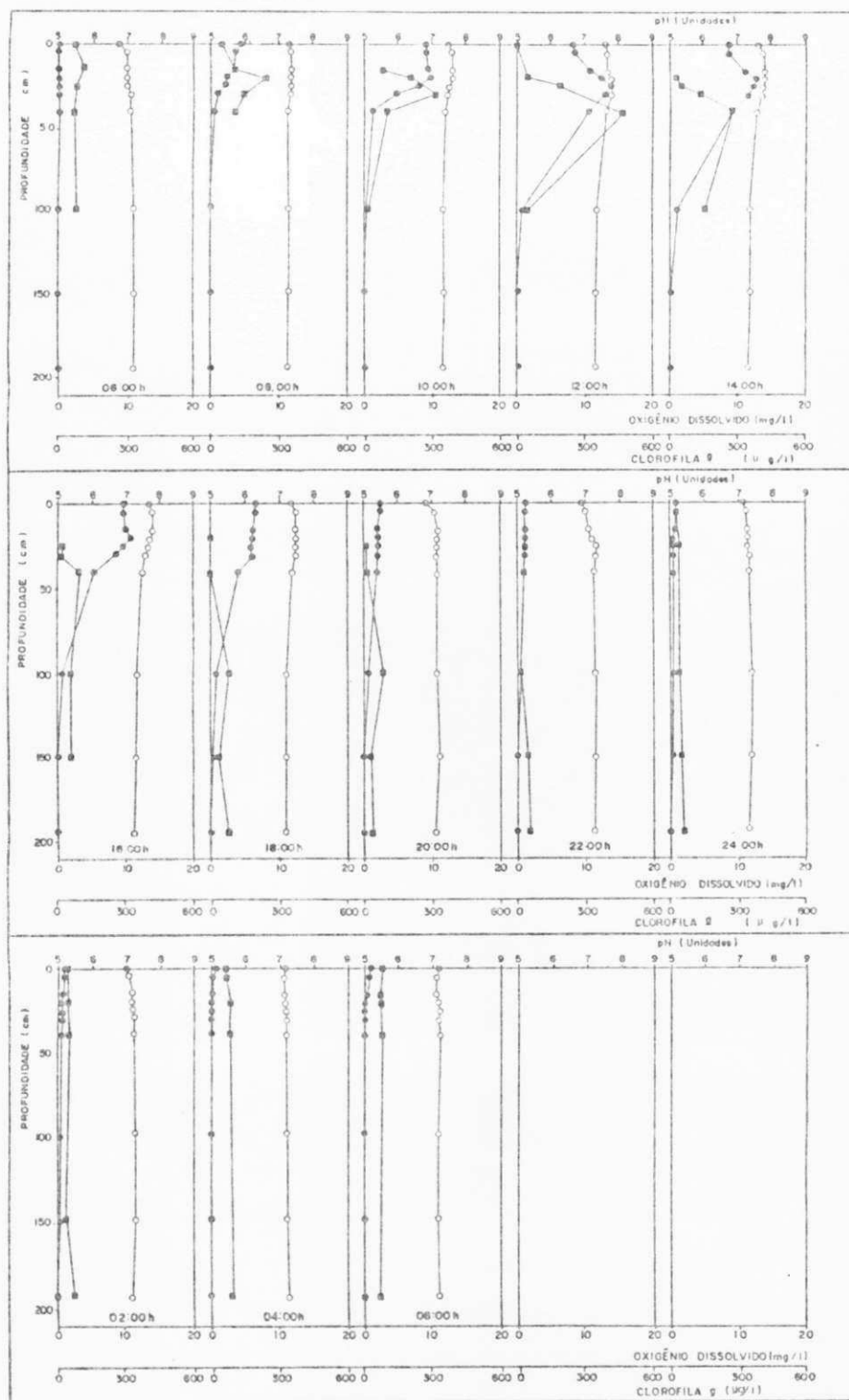


Figura 4.28 - Variações no pH (○), concentrações de oxigênio dissolvido (●) e clorofila *a* (■), durante um período de 24 horas, na coluna d'água da lagoa de maturação M9 (04-05/12/85).

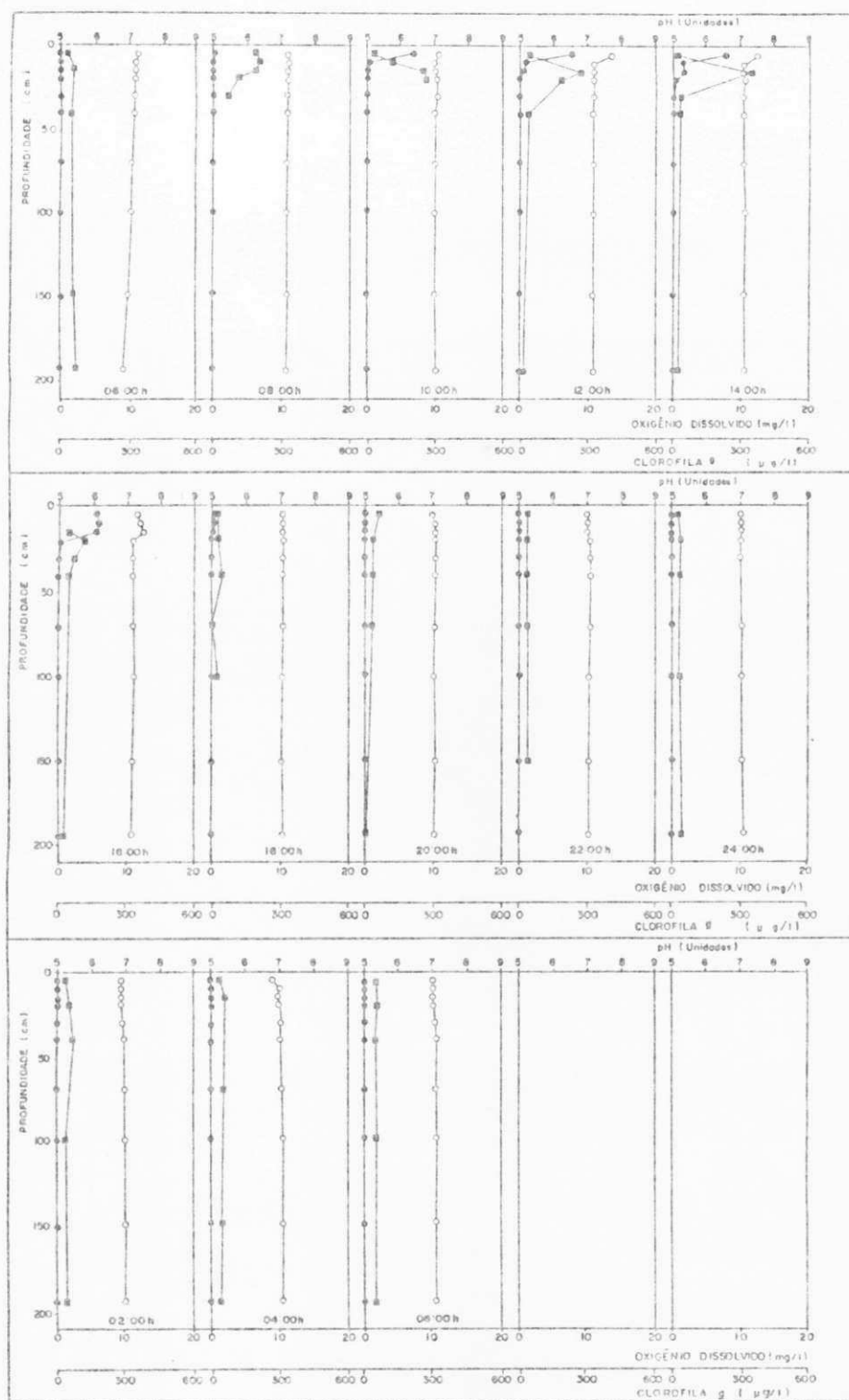


Figura 4.29 - Variações no pH (o), concentrações de oxigênio dissolvido (•) e clorofila a (■), durante um período de 24 horas, na coluna d'água da lagoa de maturação M9 (15-16/01/86).

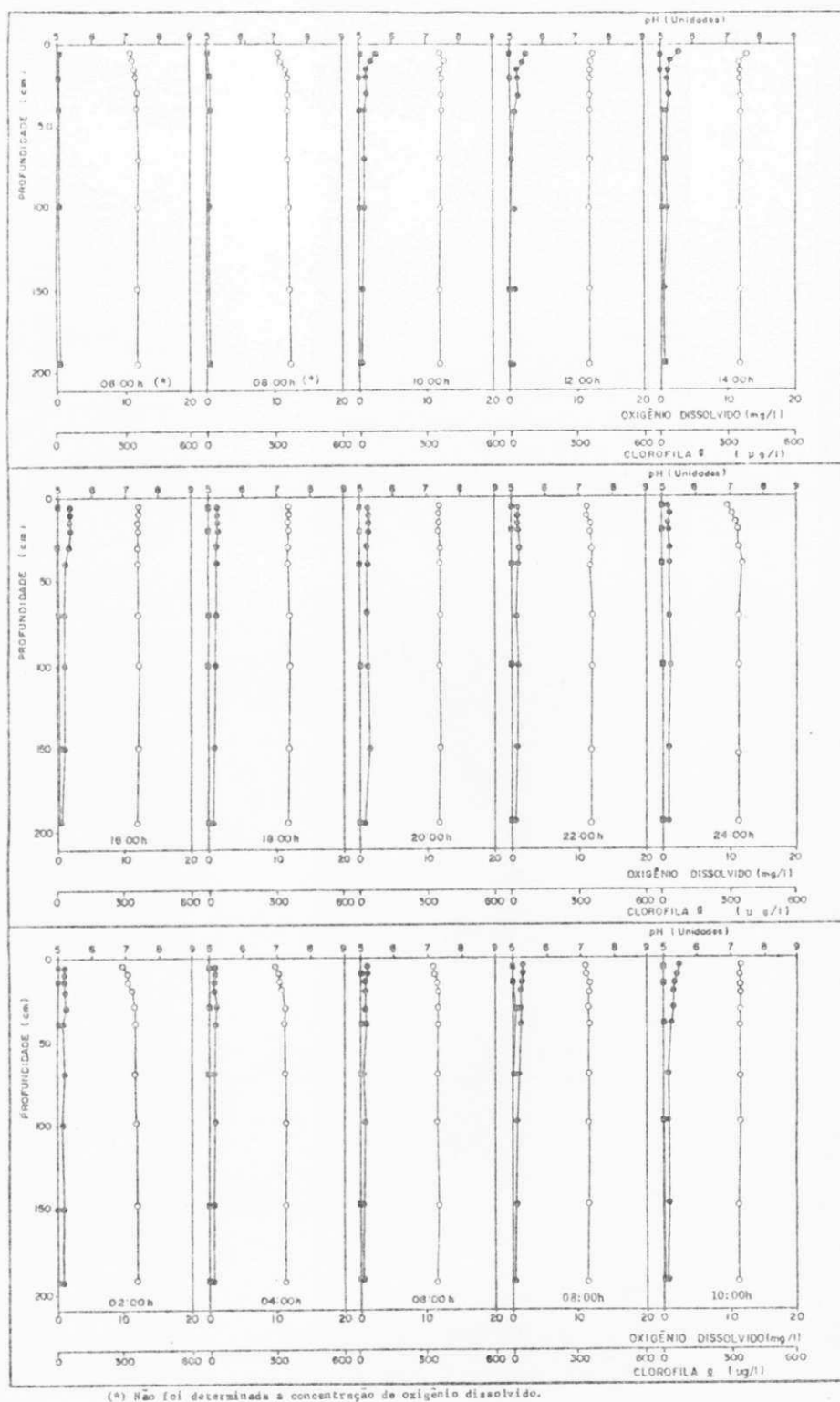
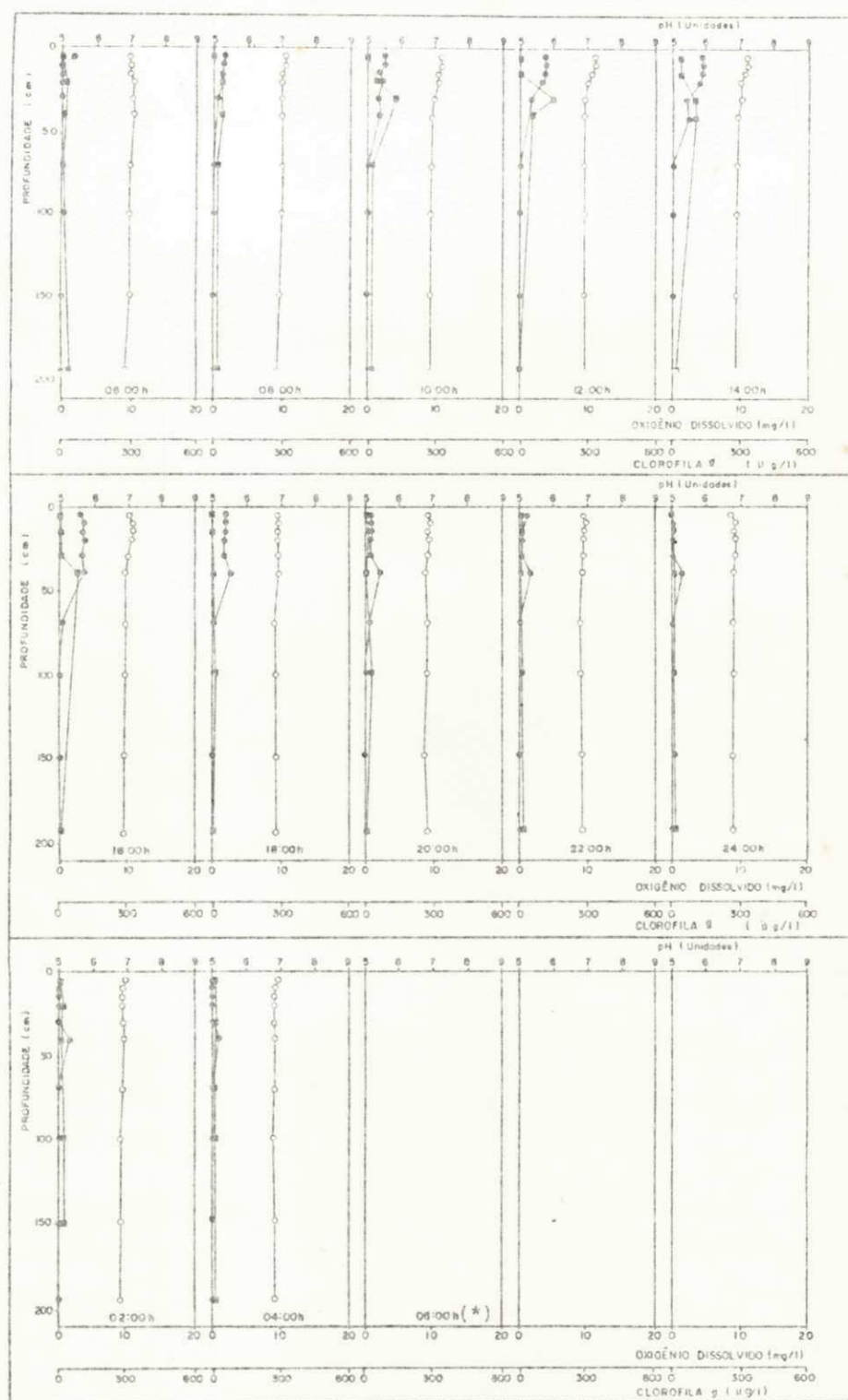


Figura 4.30 - Variações no pH (○), concentrações de oxigênio dissolvido (●) e clorofila *a* (■), durante um período de 24 horas, na coluna d'água da lagoa de maturação M9 (19-20/02/86).



(\*) Faltou Energia

Figura 4.31 - Variações no pH (o), concentrações de oxigênio dissolvido (•) e clorofila a (■), durante um período de 24 horas, na coluna d'água da lagoa de maturação M9 (14-15/03/86).

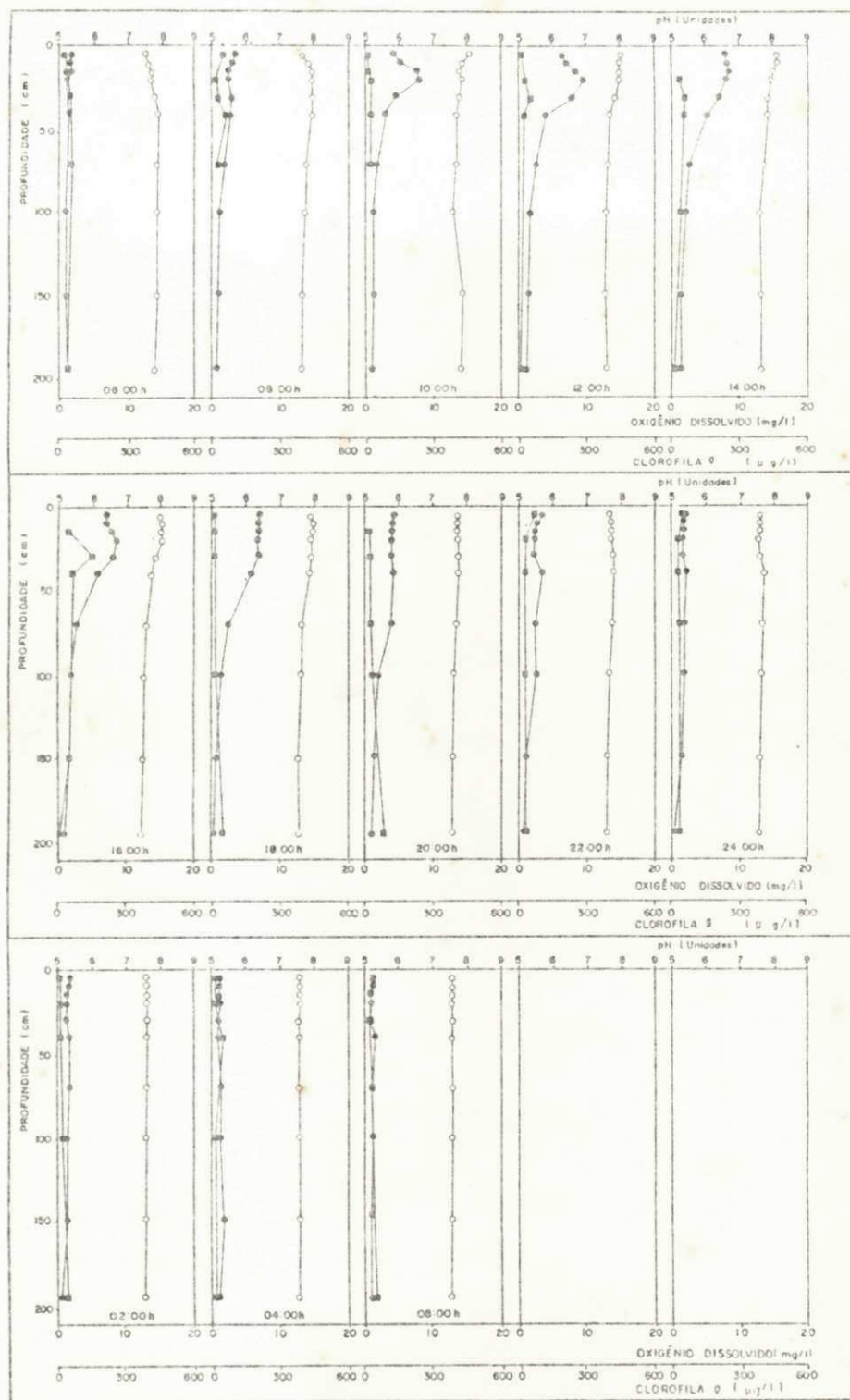


Figura 4.32 - Variações no pH (○), concentrações de oxigênio dissolvido (●) e clorofila *a* (■), durante um período de 24 horas, na coluna d'água da lagoa de maturação M9 (26-27/03/86).