

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
INSTITUTO DE BIOCÊNCIAS
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECOLOGIA**

Dissertação de Mestrado

**UTILIZAÇÃO DE SUBSTRATO ARTIFICIAL PARA
COLONIZAÇÃO PERIFÉRICA: SUBSÍDIO À REMOÇÃO DE
MICROORGANISMOS E NUTRIENTES NA ESTAÇÃO DE
TRATAMENTO DE ESGOTOS, LAMI, PORTO ALEGRE – RS.**

Lacina Maria Freitas Teixeira

Porto Alegre, março de 2003

**INSTITUTO DE BIOCÊNCIAS
INST. BIOCÊNCIAS**

**UTILIZAÇÃO DE SUBSTRATO ARTIFICIAL PARA
COLONIZAÇÃO PERIFÍTICA: SUBSÍDIO À REMOÇÃO DE
MICROORGANISMOS E NUTRIENTES NA ESTAÇÃO DE
TRATAMENTO DE ESGOTOS, LAMI, PORTO ALEGRE – RS.**

**Dissertação apresentada ao
Programa de Pós-Graduação em
Ecologia, do Instituto de Biociências da
Universidade Federal do Rio Grande do Sul, como
parte dos requisitos para obtenção do título de
Mestre em Ecologia.**

Orientador: Prof. Dr. Albano Schwarzbold

Banca examinadora:

**Prof. Dr. Luiz Olinto Monteggia
Profa. Dra. Maria Tereza Raya Rodriguez
Dra. Sandra M. Alves da Silva**

Porto Alegre, março de 2003

*“Se vi mais longe, foi porque
me apoiei no ombro de
gigantes.”*

Isaac Newton.

AGRADECIMENTOS

Ao professor Dr. Albano Schwarzbald pela disponibilidade, dedicada orientação científica e a confiança que depositou no meu trabalho.

À FAPERGS pelo financiamento do Projeto: "Estudo de Alternativas Tecnológicas para a Remoção de Nutrientes e Microorganismos de Efluentes Líquidos, como forma de Otimização da Gestão Pública de Tratamento de Esgotos", do qual este trabalho faz parte.

Ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia e ao Centro de Ecologia da UFRGS, pelos recursos disponibilizados e pela oportunidade de realização deste curso.

Aos membros titulares da banca examinadora, Prof. Dr. Luiz Olinto Monteggia, Profª. Dra. Maria Tereza Raya Rodriguez e Dra. Sandra M. Alves da Silva pelas valiosas sugestões a respeito desta pesquisa.

À Fundação ZooBotânica (FZB) do Rio Grande do Sul, na pessoa de seus diretores e pesquisadores que me acolheram e me proporcionaram o uso do laboratório de microscopia ótica e disponibilizaram acesso às inúmeras referências bibliográficas.

À Dra. Sandra Alves da Silva, Dra. Vera Regina Werner e Ms. Zulanira Meyer da Rosa, ficólogas da FZB, pelo incentivo carinhoso, acurado rigor científico e auxílio inestimável com que me presentearam na tarefa de identificação das algas.

Ao laboratorista do setor de ficologia da FZB, sr. George Rodrigues Cunha pela confecção das lâminas permanentes de diatomáceas.

Aos amigos Neusa, Alexandre (pai) e Alexandre (filho) pela confecção dos substratos artificiais utilizados nesta pesquisa.

Aos colegas e amigos Lilian e Enio Sosinski e Rafael Engelman Machado do PPG de Ecologia por suas contribuições na análise estatística multivariada.

Às amigas e colegas da sala de microscopia da FZB, Silvana Corrêa Rodrigues e Saionara Salomoni pelo socorro que me prestaram na identificação das algas.

À Flávia, ao Marcos e ao Rodrigo pelo auxílio nas coletas na ETE Lami, bem como pela ajuda nas análises laboratoriais e especialmente a Flavia pelo auxílio na computação gráfica

Aos meus colegas do Laboratório de Limnologia: Fabiana, Flávia, Lilian, Linda Naura, Marcos e Rodrigo pela amizade, intenso intercâmbio e alegre convívio.

Ao companheiro e amigo Irani Teixeira pela sua imprescindível colaboração, apoio e paciência com que me brindou ao longo deste tempo.

Aos meus filhos Tanussa, Renaro, Taiana e Taline pela compreensão constante, carinho e estímulo que sempre me dispensaram.

À minha mãe, Elia e à minha irmã Lisange pelo incentivo e constante motivação que me proporcionaram durante a realização deste trabalho.

Ao meu pai, aos parentes e amigos queridos que alcançaram outras dimensões da vida.

A todos os que de alguma forma, direta ou indiretamente, tenham participado deste trabalho.

MUTTO OBRIGADA !!!

RESUMO

São apresentados os resultados do desenvolvimento das comunidades de algas perifíticas sobre substratos artificiais em duas lagoas de estabilização na Estação de Tratamento de Esgotos (ETE) do Lami, em Porto Alegre, Rio Grande do Sul, Brasil.

Foram analisadas as mudanças na diversidade de espécies durante 8 semanas, entre outubro e dezembro de 2001, em três profundidades na coluna d'água, utilizando-se vários índices. O grupo de algas predominantes no substrato superior nas duas lagoas foi o das diatomáceas, enquanto que nas profundidades média e inferior as cianobactérias foram as espécies mais freqüentes e abundantes, tanto na lagoa facultativa 1 como na lagoa de maturação 2. Pelos resultados obtidos é possível que o substrato artificial de telas plástica utilizado neste experimento seja eficiente na remoção de nutrientes, tais como fósforo e nitrogênio. Pelo Índice Autotrófico verifica-se que as lagoas de estabilização são ambientes autotróficos, principalmente nos estratos superior e médio. Métodos estatísticos de análise multivariada foram realizados para descrever as relações entre as espécies algais no tempo e em diferentes profundidades, bem como para encontrar afinidades específicas. Os resultados indicam espécies e grupos dominantes, substituições de espécies, mudanças na densidade e diversidade específica das comunidades perifíticas nessas lagoas. Este estudo demonstrou que o tempo para o estabelecimento de comunidades do perifiton diminui com a profundidade. Na análise das algas perifíticas foram registrados 32 táxons distribuídos em 4 divisões.

Palavras-chaves: - perifiton - colonização - lagoas de estabilização - substratos artificiais.

ABSTRACT

This paper presents the results of periphyton communities developed on artificial substrates in two stabilization lake of Station Sewerage Treatment of Lami, Porto Alegre, Rio Grande do Sul, Brazil. Sampling occurred between October and December of 2001. The changes of species diversity at three depth in a vertical column of water during eight weeks were measured by use of several indices. Diatoms were the dominant algae in higher artificial substrates while in intermediate and inferior the cianobacterias were the most frequent and abundant species in the facultative 1 lake as much as of maturation 2. According to the results, is possible that the artificial substract is efficient on removing nutrients, like phosphorus and nitrogen. The autotrophic index showed that the stabilization lakes are autotrophic ambients, principally on the medium and superior stratum. Multivariate statistical methods were employed to describ the relationship between algal species in different time and depth, as well as to find out specific affinities. The results indicate a dominants groups and species, replacement of species, changes of species density, and specific diversity in the periphyton communities of theses lagoons. This study demonstrates that the time needed for the settlement of periphytic algae communities decreases with depth. A total number of 32 taxa arranged in four divisions were identified.

key-words: - periphyton - domestic waste - colonization - stabilization lakes - artificial substrates.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	01
2. OBJETIVOS	09
3. ÁREA DE ESTUDO	10
4. MATERIAL E MÉTODOS	12
5. RESULTADOS	19
5.1. Variáveis Climatológicas	19
5.2. Variáveis Físicas e Químicas da Água	19
5.3. Variáveis físicas, químicas e biológicas do perifíton	20
5.3.1. Peso Seco Sem Cinzas	20
5.3.2. Clorofila <i>a</i>	22
5.3.3. Índice Autotrófico	24
5.3.4. Fósforo Total	26
5.3.5. Nitrogênio Total	27
5.3.6. Análise Quali-quantitativa da Comunidade perifítica	29
5.3.7. Variação temporal da Colonização Perifítica na Lagoa Facultativa 1	43
5.3.8. Variação temporal da Colonização Perifítica na Lagoa de Maturação 2	46
5.4. Padrões de Distribuição Vertical do Perifíton em Substrato Artificial	48
5.5. Classificação e Ordenação das Espécies Perifíticas nas Lagoas de Estabilização	52
5.6. Testes de Aleatorização	57
6. DISCUSSÃO	58
6.1. Estrutura das Comunidades Perifíticas nas Lagoas de Estabilização e o Tempo de Colonização	58

6.2	A diversidade de Espécies e o Tempo de Colonização em Lagoas de Estabilização	59
6.3.	Nutrientes, Composição de Espécies e sua Relação com o Tempo de Colonização Perifítica em Substrato Artificial	60
7.	CONSIDERAÇÕES FINAIS	62
8.	PERSPECTIVAS	63
9.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	64
10.	ANEXOS	73

LISTA DE TABELAS

Tabelas		Página
1	Análises físicas e químicas da água – lagoa facultativa 1	19
2	Análises físicas e químicas da água – lagoa de maturação 2	20
3	Valores de Peso seco sem cinzas (PSSC) – unidade em mg.cm^{-2} – lagoa facultativa 1	21
4	Valores de Peso seco sem cinzas (PSSC) - unidade em mg.cm^{-2} – lagoa de maturação 2	21
5	Valores de Clorofila a – unidade em $\mu\text{g. cm}^{-2}$ – lagoa facultativa 1	22
6	Valores de Clorofila a – unidade em $\mu\text{g. cm}^{-2}$ – lagoa de maturação 2	23
7	Índice Autotrófico – lagoa facultativa 1	24
8	Índice Autotrófico – lagoa de maturação 2	24
9	Valores de Fósforo Total – unidade em $\mu\text{g. cm}^{-2}$ – lagoa facultativa 1	26
10	Valores de Fósforo Total – unidade em $\mu\text{g. cm}^{-2}$ – lagoa de maturação 2	26
11	Valores de Nitrogênio Total - unidade em $\mu\text{g. cm}^{-2}$ – lagoa facultativa 1	28
12	Valores de Nitrogênio Total - unidade em $\mu\text{g. cm}^{-2}$ – lagoa de maturação 2	28
13	Lista das espécies de algas perifíticas das lagoas facultativas 1 e de maturação 2	30
14	Distribuição quali-quantitativa da comunidade algal – lagoa facultativa 1 - (F2)	31
15	Distribuição quali-quantitativa da comunidade algal – lagoa facultativa 1 - (F5)	33
16	Distribuição quali-quantitativa da comunidade algal – lagoa facultativa 1 - (F7)	35
17	Distribuição quali-quantitativa da comunidade algal – lagoa de maturação 2 - (M2)	37
18	Distribuição quali-quantitativa da comunidade algal – lagoa de maturação 2 - (M5)	39
19	Distribuição quali-quantitativa da comunidade algal – lagoa de maturação 2 - (M7)	41
20	Padrões de distribuição vertical do perifiton – Índices – lagoa facultativa 1	49
21	Padrões de distribuição vertical do perifiton – Índices – lagoa de maturação 2	50

LISTA DE FIGURAS

Figura	Página
1. Vista parcial das lagoas de estabilização da ETE Lami	01
2. Alcance da estrutura vertical de comunidades perifíticas	05
3. Acumulação de células de algas bênticas no substrato e o processo de desenvolvimento do emaranhado perifítico	06
4. Área de Estudo: Mapa do Rio Grande do Sul; -Fotografia Aérea e Esquema das lagoas de estabilização da ETE Lami	10
5. Posição dos substratos artificiais nas lagoas de estabilização	12
6. Estrutura do substrato artificial	13
7. Método de coleta do perifíton	13
8. Substrato colonizado pelo perifíton	14
9. Peso seco sem cinzas ($\mu\text{g}/\text{cm}^2$) do perifíton da lagoa facultativa 1	22
10. Peso seco sem cinzas ($\mu\text{g}/\text{cm}^2$) do perifíton da lagoa de maturação 2	22
11. Valores de clorofila <i>a</i> ($\mu\text{g}/\text{cm}^2$) do perifíton da lagoa facultativa 1	23
12. Valores de clorofila <i>a</i> ($\mu\text{g}/\text{cm}^2$) do perifíton da lagoa de maturação 2	23
13. Valores de Índice Autotrófico da lagoa facultativa 1	25
14. Valores de Índice Autotrófico da lagoa de maturação 2	25
15. Valores de Fósforo Total ($\mu\text{g}/\text{cm}^2$) do perifíton da lagoa facultativa 1	27
16. Valores de Fósforo Total ($\mu\text{g}/\text{cm}^2$) do perifíton da lagoa de maturação 2	27
17. Valores de Nitrogênio Total ($\mu\text{g}/\text{cm}^2$) do perifíton da lagoa facultativa 1	29
18. Valores de Nitrogênio Total ($\mu\text{g}/\text{cm}^2$) do perifíton da lagoa de maturação 2	29
19. Variação temporal do percentual de colonização de algas perifíticas na lagoa facultativa 1 - profundidade F2	43

Figura	Página
20. Variação temporal do percentual de colonização de algas perifíticas na lagoa facultativa 1 - profundidade F5.....	44
21. Variação temporal do percentual de colonização de algas perifíticas na lagoa facultativa 1 - profundidade F7	
22. Variação temporal do percentual de colonização de algas perifíticas na lagoa de maturação 2 - profundidade M2.....	46
23. Variação temporal do percentual de colonização de algas perifíticas na lagoa de maturação 2 - profundidade M5.....	47
24. Variação temporal do percentual de colonização de algas perifíticas na lagoa de maturação 2 - profundidade M7.....	48
25. Dendrograma com análise de semelhança do percentual de abundância relativa das espécies – lagoa facultativa 1 – profundidade F2.....	52
26. Dendrograma com análise de semelhança do percentual de abundância relativa das espécies – lagoa facultativa 1 – profundidade F5.....	53
27. Dendrograma com análise de semelhança do percentual de abundância relativa das espécies – lagoa facultativa 1 – profundidade F7.....	54
28. Dendrograma com análise de semelhança do percentual de abundância relativa das espécies – lagoa de maturação 2 – profundidade M2.....	55
29. Dendrograma com análise de semelhança do percentual de abundância relativa das espécies – lagoa de maturação 2 – profundidade M5.....	56
30. Dendrograma com análise de semelhança do percentual de abundância relativa das espécies – lagoa de maturação 2 – profundidade M7.....	57
31. Microfotografias de algas da divisão Cyanophyta encontradas no material perifítico	75
32. Microfotografias de algas da divisão Heterokontophyta encontradas no material perifítico	77
33. Microfotografias de algas da divisão Heterokontophyta encontradas no material perifítico (lâminas permanentes)	79
34. Microfotografias de algas da divisão Chlorophyta encontradas no material perifítico	81

UTILIZAÇÃO DE SUBSTRATO ARTIFICIAL PARA COLONIZAÇÃO PERIFÉRICA: SUBSÍDIO À REMOÇÃO DE MICROORGANISMOS E NUTRIENTES NA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTOS, LAMI, PORTO ALEGRE – RS.

1. INTRODUÇÃO:

A água não é somente um requisito essencial para a sobrevivência humana, para a agricultura e animais domésticos, sendo também utilizada como receptor dos dejetos das populações humanas. Isto muito contribui para a crescente eutrofização dos ambientes aquáticos em geral, causando um enriquecimento artificial desses ecossistemas, o que produz mudanças na qualidade da água trazendo entre outras conseqüências, a redução do oxigênio dissolvido, perda das qualidades paisagísticas, aumento do custo de tratamento, morte extensiva de peixes e aumento das incidências de florações de microalgas e cianobactérias. O termo eutrofização, segundo Wetzel (1993) é sinônimo de aumento nas taxas de crescimento da biota. Um dos problemas mais freqüentes nos ecossistemas aquáticos é justamente a eutrofização por aporte excessivo de fósforo e nitrogênio (Carpenter *et al.* 1998).

A Estação de Tratamento de Esgotos (ETE) Lami, em funcionamento desde dezembro de 1992, foi projetada para assegurar condições de balneabilidade ao corpo receptor, Lago Guaíba, junto à praia do Lami, situado no extremo sul do município de Porto Alegre. (Facchin *et al.*, 2000). O esgoto é tratado nesta ETE pelo processo de Lagoas de Estabilização do tipo australiano (Fig.1)



Fig. 1 Vista parcial das lagoas de estabilização da ETE Lami. Ponto de amostragem F na lagoa facultativa 1. Ao fundo lagoa de maturação 1.

Estas lagoas recebem os efluentes domésticos da zona sul da cidade. A este esgoto é acrescido o lixiviado do Aterro Sanitário da Extrema, conciliando num processo integrado a reciclagem do efluente líquido do aterro sanitário com o esgoto afluente a ETE Lami (Facchin *et al.*, 2000). Trata-se, portanto, de ambientes aquáticos altamente eutróficos.

As lagoas de estabilização são consideradas como uma das técnicas mais simples de tratamento de esgotos e se constituem unicamente por processos naturais. São indicadas para as condições brasileiras devido ao clima tropical, favorável ao processo de estabilização da matéria orgânica, suficiente disponibilidade de área, operação simples e utilização de poucos equipamentos. (www.fec.unicamp.br).

O sistema australiano de lagoas de estabilização é constituído por lagoas anaeróbias, seguidas por lagoas facultativas e lagoas de maturação.

Lagoas Anaeróbias: são lagoas com profundidade de 3 a 5 m, cujo objetivo é diminuir ao máximo a presença de oxigênio para que a estabilização da matéria orgânica ocorra estritamente em condições anaeróbicas. A profundidade tem a finalidade de impedir que o oxigênio produzido pela camada superficial seja transmitido às camadas inferiores. Para garantir as condições de anaerobiose é lançado uma grande quantidade de efluente por unidade de volume da lagoa. (www.fec.unicamp.br).

Lagoas Facultativas: são lagoas com profundidade de 1,5 a 3 m. Neste tipo de lagoa ocorrem dois processos distintos: aeróbios e anaeróbios. Na camada superficial ocorrem os processos fotossintéticos realizados pelas algas onde há liberações de O₂ no meio. Nesta parte há o equilíbrio entre o consumo e a produção de O₂ e CO₂. Enquanto as bactérias produzem CO₂ e consomem O₂ através da respiração, as algas produzem O₂ e consomem CO₂ na realização da fotossíntese (www.fec.unicamp.br).

Lagoas de Maturação: são lagoas com profundidade de 0,8 a 1,5 m e sua principal função é remover patógenos devido a boa penetração de radiação solar, elevado pH e elevada concentração de oxigênio dissolvido (www.fec.unicamp.br).

Por mais eficientes que sejam os processos de estabilização em lagoas de maturação de estações de tratamento de esgotos, as mesmas são pouco eficientes na remoção mineral (especialmente nutrientes), transferindo o problema aos corpos receptores. Conforme Wetzel (1993) a sobrecarga de nutrientes implica em uma relação entre a quantidade de nutrientes que entra numa dada massa d'água e a resposta desta entrada. Tal aporte tem provocado, com grande frequência, o crescimento descontrolado de algas em lagoas de estabilização de Estações de Tratamento de Esgotos. Este fato tem acarretado uma grande preocupação às companhias de saneamento e entidades envolvidas no controle e gerenciamento dos recursos hídricos.

As toxinas algais conhecidas são originadas de três divisões taxonômicas: Pyrrophyta (dinoflagelados), Chrysophyta (fitoflagelados) e Cyanophyta (cianobactérias) (Moore, 1977).

Existem espécies tóxicas com ocorrência cosmopolita e são responsáveis ocasionais pela morte de peixes, animais aquáticos e domésticos e seres humanos. Uma série de pesquisas recentes atribuem à toxinas de cianobactérias, incidentes relacionados à saúde humana. Os grupos principais das cianobactérias nocivas se estendem por toda a variedade de formas e estruturas coloniais ou filamentosas, deixando bem claro que a síntese de cianotoxinas não está associada a um determinado tipo de caráter morfológico ou sequer evolutivo (Yunes, 1999).

A utilização de substratos artificiais constitui-se num grande avanço metodológico para a quantificação não somente da taxa de crescimento e da taxa de biomassa fixada, como também para a estimativa do metabolismo do perifíton, podendo ser utilizados para estudos comparativos entre diferentes cursos d'água e para estudos da eficiência da dinâmica de colonização pelo perifíton (Watanabe, 1990). A descrição dos principais tipos de substratos

artificiais com suas características e técnicas utilizadas podem ser encontradas em Cooke (1956); Sládeková (1962), Wetzel (1964), Castenholz (1960).

O termo perifíton foi utilizado pela primeira vez por Behning, em 1928, para definir as comunidades de algas que crescem em substratos artificiais. Conforme Sládeková (1962), o perifíton compreende a comunidade de organismos que vivem aderidos ou associados a diferentes substratos aquáticos, sendo classificado como perifíton verdadeiro, os organismos que apresentam estruturas especiais para a fixação e de pseudoperifíton, os organismos que não estão claramente associado ao substrato.

Wetzel (1983) define perifíton como uma comunidade complexa constituída por bactérias, fungos, algas, animais e detritos (orgânicos e inorgânicos) que se aderem a substratos (naturais ou artificiais), vivos ou mortos.

Estudos de comunidades perifíticas desenvolveram-se tanto em substratos naturais (Sládeková 1962; Wetzel 1965; Soares, 1981; Schwarzbald 1992; entre outros), como em substratos artificiais (Cooke 1956; Castenholz 1961; Cattaneo *et al* 1975; Panitz 1980; Ferragut 1999).

Panitz (1980) atribui como vantagens metodológicas em relação ao emprego de substratos artificiais a facilidade de trabalho, a eliminação de interferência de processos de respiração e excreção das plantas hospedeiras, a facilidade em acompanhar-se os estágios de colonização e sucessão e a possibilidade de utilização direta das amostras;

A utilização de substratos artificiais tem sido criticada principalmente pelo fato de certos organismos possuírem seletividade por um tipo de substrato. Tippet (1970) mostrou que existem diferenças entre substratos naturais e artificiais. Por outro lado, Sládeková (1962), e Pieczynska & Spodiniewska (1963) concluíram que a composição perifítica em substratos artificiais é similar qualitativamente à comunidade natural.

Um substrato artificial é um “hábitat vazio”, sujeito à colonização pelo perifíton, constituindo superfícies nuas e uniformes, que permitem estimativas quantitativas após a colonização. (Panitz 1980).

Um substrato artificial para ser considerado um “bom substrato”, deve servir para a fixação e crescimento de uma comunidade representativa de organismos, e também deve permitir uma coleta rápida e precisa e, preferencialmente, deve-se colocá-lo numa posição vertical (Neal *et al.* 1967).

Segundo Watanabe (1990) a utilização de substratos artificiais constitui-se num avanço metodológico para quantificação não somente da taxa de biomassa fixada como também para a estimativa do metabolismo do perifíton, podendo ser utilizado para estudos comparativos entre diferentes cursos d'água e para estudos da eficiência da dinâmica de colonização pelo perifíton.

Os tipos de substratos e as técnicas de exposição de substratos artificiais variam com os objetivos dos estudos, com o tipo de ambiente aquático e, com as características hidrológicas das massas de água onde se realiza a exposição. Por se tratar de estudos quantitativos, os substratos devem possuir formato que facilite medir sua área e, apresentar superfície de adesão que permita a remoção de todo o perifíton (Schwarzbald 1990).

Entre os principais atributos que tornam as algas perifíticas organismos ideais para empregar em investigações e monitoramento da qualidade da água, destacam-se: algas perifíticas são autótrofas e, portanto, constituem-se a base das cadeias alimentares dos ecossistemas aquáticos; por possuírem essa posição crítica, qualquer disrupção pode influenciar profundamente o resto das comunidades aquáticas; índices de poluição baseados na composição de diatomáceas têm sido mostrados ainda como mais precisos e com previsões mais válidas do que aquelas baseadas em protozoários e macroinvertebrados porque fornecem respostas mais diretas aos poluentes orgânicos (Panitz, 1980); algas perifíticas são sésseis e,

portanto, não podem evitar os poluentes potenciais através de migração ou outros meios e assim respondem às mudanças abióticas ocorridas na água (Lowe & Pan, 1996).

Algas perifíticas têm ciclos de vida relativamente curtos, algumas espécies podem se dividir mais de duas vezes, diariamente, o que proporciona respostas rápidas às mudanças nas condições ambientais, apresentando também a vantagem de eliminar a interferência do processo de fotossíntese, respiração e excreção de plantas hospedeiras (Chamixaes, 1991).

Organismos perifíticos colonizam muitos habitats de rios e lagos e têm sido utilizados como indicadores bióticos de características dos ambientes e para biomonitoramento. (Economou-Emili 1980; Whitton 1991, Rott 1991; Eloranta 1991; Coste *et al.* 1991; Lecoint *et al.* 1993 e outros).

A colonização e sucessão de organismos em substratos artificiais em ambientes aquáticos, são largamente usados para se avaliar o efeito de poluentes na biota, tanto de água doce, quanto de água salgada (Cairns & Dickson, 1972).

Para entender o fenômeno de colonização e sucessão temporal de organismos do perifíton sobre substratos artificiais ou naturais é imprescindível conhecer não só as estratégias de cada espécie, bem como a relação entre a abundância dos táxons presentes em diferentes momentos do processo e as variações dos principais parâmetros abióticos como transparência da água, temperatura, pH, oxigênio dissolvido e concentração de nutrientes (Tell & Mazzoni, 1996)

Sob o ponto de vista ecológico, independente do ecossistema em que ocorra, considera – se sucessão como sendo uma série de mudanças que envolvem a estrutura das espécies e processos da comunidade ao longo do tempo. Quando não é interrompida por forças externas, a sucessão é bastante direcional e, portanto, previsível. Ela resulta da modificação do ambiente físico pela comunidade e de interações de competição e coexistência entre as populações, embora os fatores abióticos determinem o padrão e a velocidade de sucessão, interferindo inclusive como fatores limitantes a essas mudanças (Odum, 1983). Segundo esse autor, características estruturais de uma comunidade, tais como diversidade específica, riqueza de espécies e uniformidade tenderão a valores altos em estados maduros de sucessão.

De modo geral, as espécies pioneiras que colonizam substratos artificiais são aquelas que possuem propágulos abundantes disponíveis na água, no local e no momento em que as superfícies são posicionadas ou se tornam disponíveis para a colonização (Stevenson, 1996).

Freqüentemente, segundo Odum (1983) as primeiras espécies alteram a natureza física ou química do substrato, o que facilita a invasão por outras espécies, mas também resistem a essas invasões, perdurando até serem substituídas por um melhor competidor.

Cattaneo *et al.* (1975) realizando experimentos com substratos artificiais em ambientes lóticos na Itália constataram pelos resultados obtidos de clorofila a, peso seco, percentagem de carbono e nitrogênio e utilizando alguns índices ecológicos, como o de diversidade, que no período de quatro semanas foram alcançados valores máximos para esses indicadores, considerando-se, portanto que a comunidade perifítica atingiu a maturidade em quatro semanas de colonização. Esse tempo ideal de colonização de quatro semanas foi confirmado por Lobo & Buselato-Toniolli (1985) que investigaram o tempo de exposição de um substrato artificial para o estabelecimento de comunidade perifítica no curso do rio Caí (RS).

Conforme Tuchman & Stevenson (1991) em um processo de colonização perifítica participam diatomáceas que formam talos, clorofíceas filamentosas e algas azuis-verdes, formando um verdadeiro dossel (fig. 2).

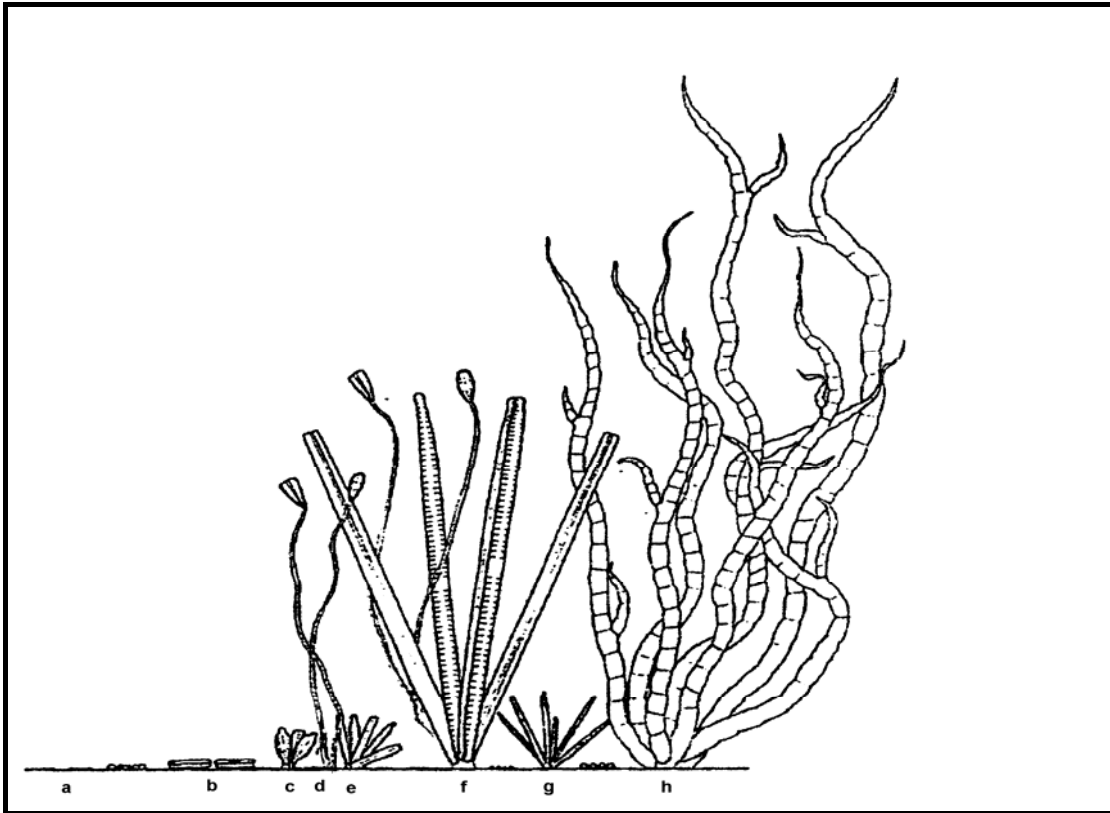


Fig. 2. Alcance da estrutura vertical em comunidade perifítica (retirado de Hoagland *et al.*(1982) com modificações). a – bactérias no substrato; b – *Navícula* sp; c – *Gomphonema parvulum*; d – *Gomphonema olivaceum*; e – *Fragilária* sp; f – *Synedra* sp; g – *Nitzschia* sp; h – *Stigeoclonium* sp.

Para Korte & Blinn (1983) na maioria dos emaranhados que se desenvolvem no perifíton dominam diatomáceas com células basais servindo de matriz para o desenvolvimento inicial do processo de colonização.

Como a densidade das células aumenta na matriz, os microhábitats internos são grandemente alterados, induzindo a uma série de eventos que culminam num desprendimento do emaranhado para fora do substrato. Por outro lado, o aumento da densidade das células dentro do emaranhado perifítico torna os recursos limitantes formando um gradiente, de forma que alta quantidade de luz e uma renovação mais rápida do suprimento de nutrientes ocorrem no dossel, enquanto que as células da base do emaranhado recebem pouca luz (Joergensen *et al.*, 1983; Kühl & Joergensen, 1992) e poucos nutrientes (Burkholde *et al.* 1990) (fig. 3).

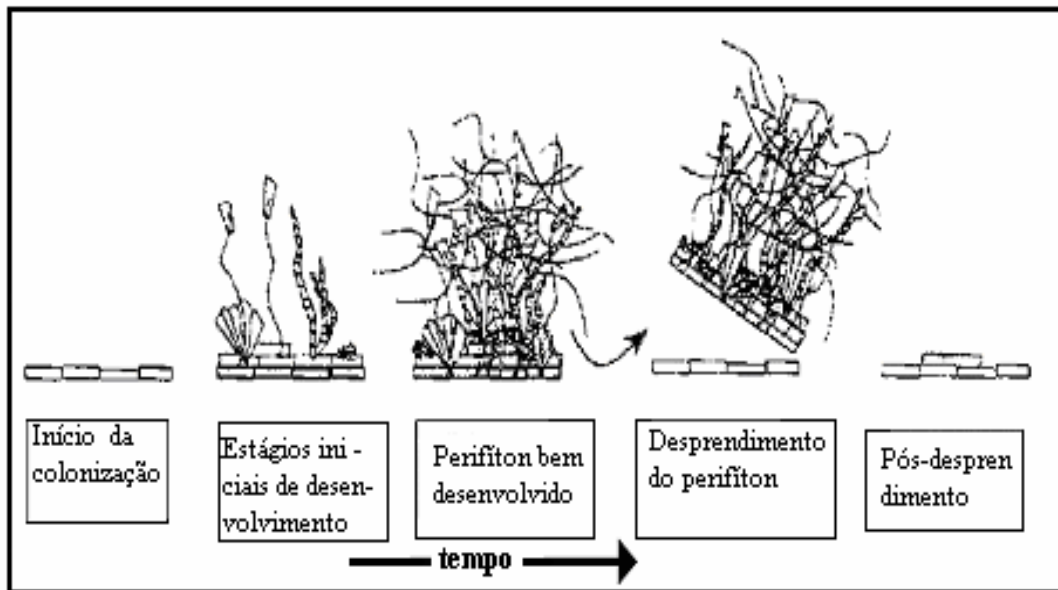


Fig. 3. Acumulação de células de algas bênticas no substrato e o processo de desenvolvimento do emaranhado perifítico. No início da colonização as células permanecem presas ao substrato pela base do emaranhado e se mantém até o fim do processo de desenvolvimento da comunidade. Após, ocorre o desprendimento do substrato. (Retirado de Tuchman & Stevenson, 1991).

A severidade e duração dos gradientes de recursos variará entre os habitats com a composição das espécies, com o nível de “apinhamento” das células dentro do emaranhado e com os regimes de distúrbios (Stevenson, 1996).

Uma resposta algal à diminuição da iluminação, pelo menos inicialmente, consiste em um aumento dos fotopigmentos que teoricamente permitirão que estas algas maximizem sua capacidade de seqüestrar a luz num ambiente escurecido (Hudon *et al.* 1983)

Medidas de clorofila, peso seco, análise taxonômica e contagem de algas perifíticas permitem quantificar as massas das populações fotossintetizantes em relação às demais populações, à massa total e, em parte, aos detritos agregados (Schwarzbold 1990).

Peso seco é o peso de toda a matéria viva de uma área ou volume em um tempo instantâneo dado. É um estoque num dado momento (“standing-stock”). (Schwarzbold, 1990). Produção é o peso de matéria orgânica formada durante um determinado intervalo de tempo, menos as perdas havidas durante o período. É, portanto, o incremento de biomassa ao longo de um período de tempo, mais as perdas havidas por respiração, excreção, morte, pastejo, etc. A matéria orgânica formada é o produto da fotossíntese (ou quimiossíntese) de maneira que os métodos utilizados na sua medição se apoiam em diferentes parâmetros que expressem esses estoques ou incrementos: contagem e volume celulares, pigmentos fotossintetizantes, peso fresco, peso seco, etc. (Schwarzbold 1990).

As medidas de clorofila são importantes na análise do perifíton, pois representam um forma de quantificação da massa de algas no perifíton total. Permitem estabelecer índices, como o Índice Autotrófico (IA), relacionando quantitativamente a massa autotrófica fotossinteticamente ativa com as demais massas representadas por bactérias, fungos, protozoários, pequenos animais, restos orgânicos em degradação e material mineral depositado (Schwarzbold 1990).

O fósforo é apontado como principal responsável pela eutrofização artificial dos ecossistemas. Na natureza o fósforo ocorre quase que exclusivamente como fosfato (PO_4^{3-}). O fosfato pode ser ciclado dentro de um sistema várias vezes, contribuindo no aumento da atividade biológica antes de ser removido do sistema por sedimentação. (Cardoso, 2001). O nível trófico de ecossistemas aquáticos pode ser estimado baseado na relação carga-nutriente que nos mostra a concentração resultante de fósforo. O limite da classificação trófica seria colocado entre 10 e 20 mg. m^{-3} de fósforo. Abaixo de 10 seria considerado oligotrófico e maior que 20, eutrófico (Vollenweider 1968).

O nitrogênio é um dos elementos mais importantes no metabolismo de ecossistemas aquáticos. O nitrogênio está presente nos ambientes aquáticos sob várias formas, por exemplo: nitrato (NO_3^-), nitrito (NO_2^-), amônia (NH_3), íon amônio (NH_4^+), óxido nitroso (N_2O), nitrogênio molecular (N_2), nitrogênio orgânico dissolvido (peptídeos, purinas, aminas, aminoácidos, etc.), nitrogênio orgânico particulado (bactérias, fitoplâncton, zooplâncton e detritos), etc. dentre as diferentes formas, o nitrato, juntamente com o íon amônio, assumem grande importância nos ecossistemas aquáticos, uma vez que representam as principais fontes de nitrogênio para os produtores primários (Esteves, 1998).

A velocidade dos processos orgânicos depende da temperatura da água que também afeta diretamente as taxas de renovação dos componentes celulares, diversos processos bioquímicos e a hidratação das células, de maneira que em diferentes temperaturas um mesmo tipo de organismo pode apresentar características distintas (Margalef 1983).

O Potencial Hidrogeniônico (pH) pode ser considerado uma das variáveis mais importantes para a caracterização dos ambientes aquáticos, ao mesmo tempo em que pode ser uma das variáveis mais difíceis de se interpretar devido ao grande número de fatores que podem influenciá-lo (Esteves, 1998).

As águas naturais exibem amplas variações em acidez, alcalinidade e pH. As concentrações dos compostos e íons na água, bem como as suas relações determinam o pH observado e a capacidade de tamponamento de um dado corpo d'água (Wetzel & Likens, 1990).

Segundo esses autores, o Oxigênio Dissolvido é uma das medidas mais freqüentemente utilizadas para a avaliação de ecossistemas aquáticos. Isto porque fornece importantes informações sobre as reações biológicas e bioquímicas na água e ainda acerca da capacidade de um corpo d'água receber matéria orgânica sem causar distúrbios. O oxigênio é um gás livremente dissolvido na água e pode ser adicionado da atmosfera ou mesmo produzido através da fotossíntese por organismos aquáticos e é utilizado tanto na respiração como também em reações químicas inorgânicas.

No perifíton medidas de clorofila, peso seco, análise taxonômica, contagem e biovolume de algas perifíticas permitem quantificar as massas das populações fotossintetizantes em relação às demais populações, à massa total e, em parte, aos detritos agregados (Schwarzbold 1990).

Uma das principais razões para avaliar a biomassa da comunidade do perifíton através da clorofila *a* é que a clorofila *a* é o único pigmento fotossintético comum a todos os grupos de algas (Round 1983) e assim representa bem a abundância total dos organismos fotossintéticos (Payne 1986; Biggs & Thomsen 1995; Pan & Lowe 1994).

Dentre os vários papéis do perifíton nos ecossistemas aquáticos destaca-se o de importante produtor primário (Sládeček & Sládeková, 1964; Brown & Austin, 1971; Wetzel, 1983). No gradiente terra-água é considerado o segundo maior produtor primário (Wetzel, 1993). Como a região de interface terra-água desempenha papel fundamental na dinâmica de nutrientes e na retenção de compostos, inclusive de origem alóctone, seu entendimento é de fundamental interesse em estudos de manejo e recuperação de ecossistemas (Ferragut 1999).

No Brasil somente no final da década de 70 houve um incremento efetivo nas pesquisas ecológicas com perifíton. O primeiro trabalho foi de Rocha (1979), seguindo-se os trabalhos de Panitz (1980) que analisou a variação temporal de aspectos estruturais do perifíton em diferentes substratos na Represa do Lobo, SP; Soares (1981) estudou a biomassa e produção primária do perifíton na Represa do Lobo, SP; Godinho-Orlandi & Barbieri (1983) analisaram a sucessão em substrato artificial, em um lago oligotrófico artificial, SP; Bicudo (1984) estudou o perifíton em seus aspectos ecológicos e taxonômicos no lago das Ninféias, SP; Lobo & Busellato-Toniolli (1985) avaliaram o tempo de exposição para o estabelecimento da comunidade em substrato artificial no rio Caí, RS.; Panosso (1990) analisou a fixação biológica do nitrogênio via perifíton agregado em substrato artificial na lagoa do Infernã, SP; Suzuki (1991) realizou um experimento investigando a relação entre fitoplâncton, zooplâncton e perifíton na lagoa do Infernã, SP; Esteves (1991) analisou a fixação de nitrogênio por algas perifíticas em raízes de *Eichhornia azurea* Kunth na Lagoa do Infernã, SP; Chamixaes (1991) analisou a variação espacial da biomassa das algas perifíticas relacionadas com as condições ambientais de pequenos rios da bacia hidrográfica do Ribeirão do Lobo (Itirapina, SP); Schwarzbald (1992) estudou a estrutura, diversidade, produção e estoque do perifíton de *Eichhornia azurea* Kunth na Lagoa do Infernã, São Carlos, SP; Moschini-Carlos (1996) analisou a estrutura e dinâmica da comunidade perifítica aderida em substrato artificial e natural em um reservatório brasileiro; Oliveira (1996) avaliou a ecologia do perifíton em substratos artificiais do Arroio Sampaio, Mato Leitão, RS.; Fernandes (1997) estudou a variação temporal da estrutura e dinâmica da comunidade perifítica em dois tipos de substratos, na Lagoa Imboacica, Macaé, RJ; Ferragut (1999) investigou o efeito do enriquecimento por nitrogênio e fósforo sobre a colonização e sucessão da comunidade de algas perifíticas, com biomanipulação em reservatório oligotrófico, SP.

A presente pesquisa faz parte de um projeto maior desenvolvido pelo Instituto de Pesquisas Hidráulicas (IPH), Setor de Saneamento Ambiental e o Centro de Ecologia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (RS), cujo título geral é: “Estudo de Alternativas Tecnológicas para a Remoção de Nutrientes e Microorganismos de Efluentes Líquidos, como forma de Otimização da Gestão Pública de Tratamento de Esgotos”. Constitui-se no primeiro estudo realizado com comunidades perifíticas em lagoas de estabilização de Estação de Tratamento de Esgotos.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo Geral

Oferecer subsídios à implantação de tecnologias alternativas de melhoria da eficiência de tratamento de esgotos por lagoas de estabilização.

2.2. Objetivos Específicos

- Acompanhar os estágios sucessionais de colonização perifítica sobre substratos artificiais;
- Levantar parâmetros para o dimensionamento da capacidade de remoção de algas e nutrientes por colonização perifítica;
- Medir a alteração da estrutura da comunidade de algas considerando o tempo de exposição de substratos artificiais em diferentes condições de estabilização de lagoas de tratamento de esgotos;
- Determinar os padrões de distribuição vertical das diferentes formas de agregação perifítica na coluna d'água utilizando substratos artificiais.

3. ÁREA DE ESTUDO

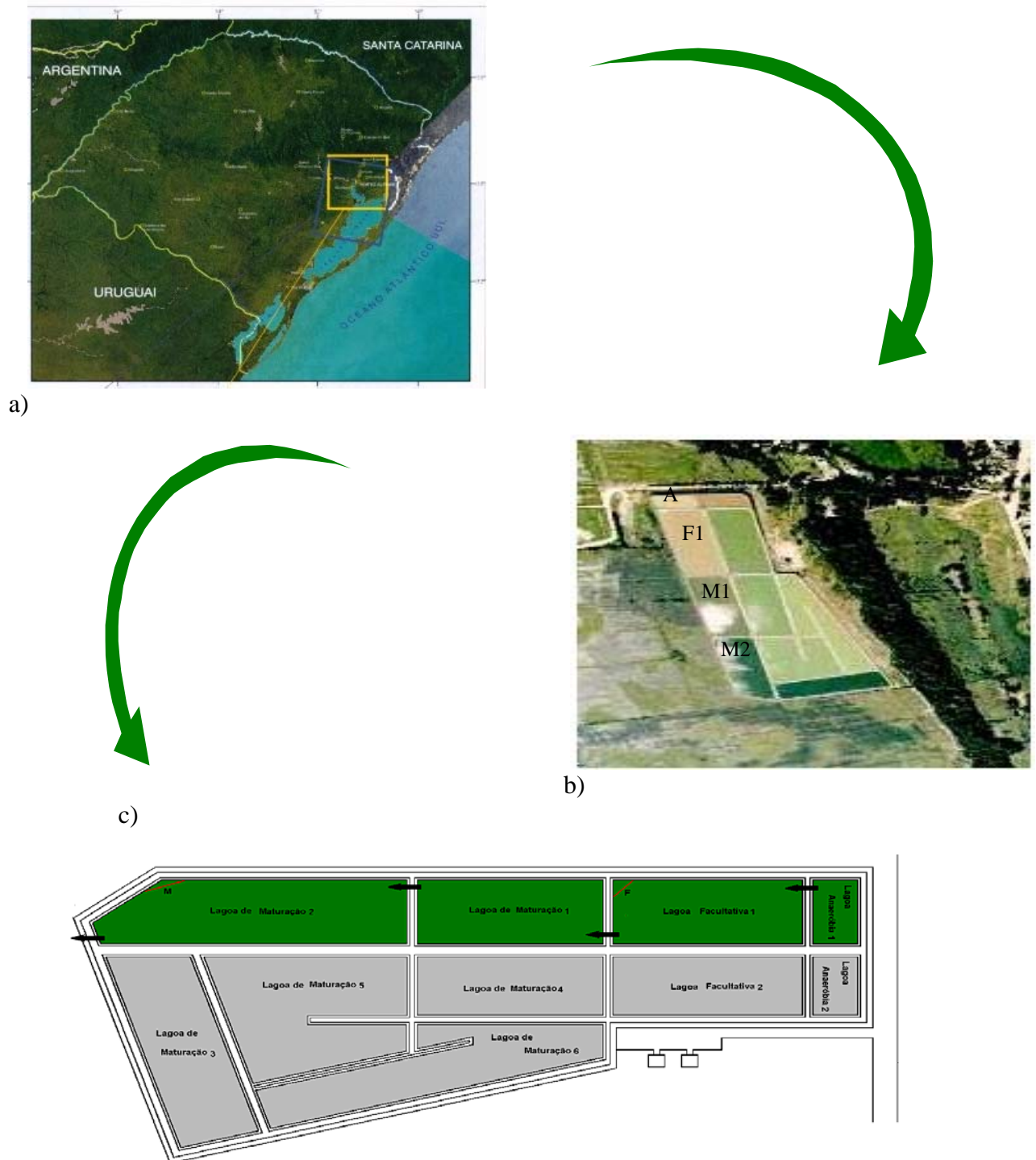
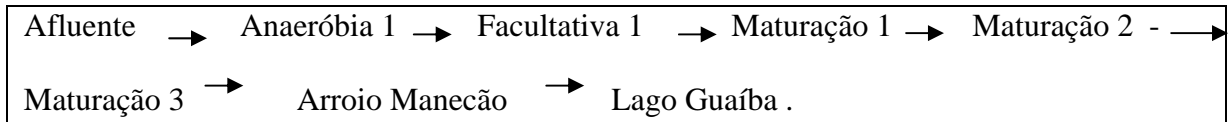


Fig. 4. a) Mapa do Rio Grande do Sul - (Fonte: Atlas Ambiental de Porto Alegre); b) Fotografia aérea das lagoas de estabilização ETE-Lami, Porto Alegre, evidenciando a degradação do esgoto e o incremento de algas nas lagoas de maturação, ocorrendo apenas nas lagoas do lado esquerdo: (A=lagoa anaeróbia; F1=lagoa facultativa 1; M1=lagoa de maturação1; M2=lagoa de maturação2; e c) esquema das lagoas (fonte: DMAE).

A ETE Lami localiza-se no bairro Lami, no extremo sul de Porto Alegre.

Esta estação de tratamento é composta por dois módulos similares, projetados para operação nas mesmas condições de vazão, que trabalham simultaneamente. Cada um dos módulos é constituído por cinco lagoas, dispostas em série: uma anaeróbia, uma facultativa e três de maturação.

O fluxo do afluente no Mód. 1 da ETE Lami é demonstrado no quadro 1:



(Retirado de Facchin *et al.*, 2000, com modificações) (fig. 4)

Caracterização das lagoas:

- Lagoa anaeróbia: Área= 1028m² Volume= 15000m³ Profundidade = 3m
 - Tempo de Detenção Hídrica (TDH) = 2,4 dias Vazão= 3084 m³/dia
 - Lagoa Facultativa: Área= 9600m² Volume= 14400m³ Profundidade = 1,5m
 - Tempo de Detenção Hídrica (TDH)= 15,5 dias Vazão= 3084 m³/dia
 - Lagoa de Maturação: Área= 10109m² Volume= 15163m³ Profundidade = 1,5m
 - Tempo de Detenção Hídrica (TDH)= 15,97 dias Vazão= 14400 m³/dia
- (Facchin,*et al.* 1998)

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1. Determinação dos pontos de amostragem

Para testar a colonização de substratos artificiais por organismos perifíticos em lagoas de Estabilização da ETE –Lami, Porto Alegre, Rio Grande do Sul (RS) foi escolhida a lagoa facultativa 1 (F1) por ser o local onde ocorrem processos de estabilização da matéria orgânica, tanto aeróbios quanto anaeróbios e a lagoa de maturação 2 (M2) por constituir-se do efluente de saída da ETE, indo desaguar diretamente no arroio Manecão, pois durante a realização desta pesquisa, a lagoa de maturação 3 estava desativada. O experimento constou de substratos artificiais de telas plásticas (tipo sombrite) que foram colocados na extremidade de saída de cada lagoa para a lagoa seguinte, considerando-se ponto F o local onde os substrato artificial foi colocado na lagoa facultativa 1 e ponto M em posição semelhante, na lagoa de maturação 2. principalmente, o fluxo de saída da água em direção à lagoa seguinte (fig.4). Na lagoa de maturação 2 (M2) as telas dos substratos foram colocadas em posição semelhante à F1, ponto M. (Fig. 5)



Fig. 5 Posição do substrato artificial nas lagoas.

4.2. Características do substrato

Os substratos artificiais constituíram-se de 8 unidades de tela plástica para cada lagoa, correspondendo uma unidade para cada semana de colonização,(10 de outubro a 05 de dezembro de 2001), medindo 18 cm por 75 cm, onde foram traçados com caneta especial, retângulos de larguras e alturas diferentes, de acordo com o tipo de análise a que se destinavam.. Foram colocados ao mesmo tempo, na Lagoa Facultativa (F1) e na Lagoa de Maturação (M2), nas seguintes alturas: F2 e M2 = 0 a 25 cm; F5 e M5 = 25 a 50 cm e F7 e M7= 50 a 75 cm (Fig. 6).



Fig. 6. Estrutura do substrato artificial.

A profundidade máxima de 75 cm na coluna d'água corresponde ao nível de extinção da luz (1%) nas lagoas segundo a equação de Kirk (1986). Para peso seco utilizou-se uma tira de tela de 10 cm X 25 cm e, para as demais análises (perifíton, clorofila *a*, Nitrogênio total e Fósforo total), de 2 cm X 25 cm nas três profundidades. Estes retângulos, em cada dia de coleta eram recortados e destacados da tela principal e condicionados conforme a exigência de cada análise. Os que se destinavam à comunidade perifítica foram colocados em frascos com 100 ml de formalina a 5%. Os de clorofila *a* em frascos enrolados em papel alumínio para evitar o contato com a luz, e colocados em isopor com gelo. Os demais foram colocados em frascos vazios, assépticos. A mínima alteração nas medidas era registrada e depois calculada a área de colonização da amostra.

Na preparação das amostras, a remoção da camada perifítica foi feita utilizando-se raspagens com escovas.



Fig. 7. Método de coleta do perifíton do substrato artificial.



Fig. 8. Substrato colonizado pelo perifíton.

4.3. Variáveis Climatológicas

Os dados climatológicos de temperatura do ar e precipitação pluviométrica foram obtidos do Oitavo Distrito de Meteorologia de Porto Alegre, RS, órgão vinculado ao Ministério de Agricultura e Reforma Agrária.

4.4. Variáveis Físicas e Químicas da Água

No início do experimento e em cada semana de coleta foi medido na água das duas lagoas a temperatura, o potencial hidrogeniônico utilizando-se um pHmetro WTH, pH 330 N/S 00420026. A medida de Oxigênio Dissolvido (OD) foi obtida utilizando-se um Oxímetro marca WTH modelo 320 e calculado o % de saturação de OD. A transparência da água foi obtida utilizando-se disco de Secchi.

4.5. Variáveis Biológicas

Do material perifítico obtido por raspagens do substrato foram realizadas no laboratório de Limnologia e no Laboratório do Centro de Ecologia da UFRGS, as análises de Peso Seco Sem Cinzas (PSSC), Clorofila *a* e Fósforo total. As análises de Nitrogênio total foram realizadas no laboratório do Instituto de Pesquisas Hidráulicas (IPH) da UFRGS.

4.5.1. Peso seco sem cinzas

Para a determinação do peso seco livre de cinzas (matéria orgânica) transferiu-se material raspado com filtragem em filtros de fibra de vidro com material perifítico previamente secado, os quais foram calcinados a 550° C , durante 2 horas em mufla. seguido de pesagem. Subtraiu-se o peso seco do material antes da calcinação do valor do peso após a calcinação. Os resultados foram expressos em mg/cm².

4.5.2. Clorofila *a*

Para medir a concentração de pigmentos fotossintetizantes, as amostras do material previamente raspado foram filtradas em filtros de membrana GF/F Watman, com Φ 47 mm . Para acelerar o tempo de filtragem, utilizou-se bomba de vácuo de até 0,3 atm . Usou-se

como solvente, acetona 90% . O extrato permaneceu em repouso por 24 horas, no escuro. A leitura de cada amostra foi feita em espectrofotômetro digital, modelo B 34211 marca Micronal, em comprimentos de onda de 665, 645nm e 750 nm, antes e após acidificação.

Para o cálculo de clorofila *a* foi utilizado o método monocromático de Lorenzen (1967) baseado na seguinte fórmula:

$$\text{Chl } a \text{ (}\mu\text{g/cm}^2\text{)} = \frac{(\text{K}) \cdot (\text{F}) \cdot (\text{E}_{665 \text{ o}} - \text{E}_{665 \text{ a}}) \cdot (\text{v})}{(\text{V}) \cdot (\text{Z})}$$

onde:

K = coeficiente de absorção da clorofila = 11,0 (fator baseado no coeficiente de absorção específica de clorofila *a* em acetona 90%.

F = fator de correção de absorbância = 2,43 (fator relativo à alteração na absorbância a 665nm para concentração de clorofila *a* determinado experimentalmente.

v = volume do extrato

E_{665 o} = antes da acidificação (665-750)

E_{665 a} = após acidificação (665-750)

V = área (cm²)

Z = largura da cubeta.

4.5.3. Índice Autotrófico (I.A)

É definido como sendo o quociente entre os valores de peso seco sem cinzas e os valores de clorofila *a* . O peso seco livre de cinzas representa o total da matéria orgânica do perifíton e a clorofila *a* representa a massa fotossintética. Segundo Schwarzbald *et.al.*, 1990, esta medida permite avaliar a natureza trófica da comunidade perifítica durante o processo sucessional, de modo que valores inferiores a 200 indicam uma condição autotrófica e valores superiores a 200 indicam condição mais heterotrófica (APHA, 1996).

$$\text{IA} = \frac{\text{peso seco livre de cinzas (}\mu\text{g. cm}^{-2}\text{)}}{\text{clorofila } a \text{ (}\mu\text{g. cm}^{-2}\text{)}}$$

4.5.4. Fósforo Total

A determinação foi realizada de acordo com o método da digestão ácida – cloreto estanoso, descrito no Standard Methods (1995).

4.5.5. Nitrogênio Total

O nitrogênio orgânico total foi determinado pelo método Kjeldahl, descrito no Standard Methods (1995).

4.5.6. Comunidade perifítica

Procedeu-se à separação da comunidade perifítica do substrato através de cuidadosa raspagem com escovas e água destilada.

Semanalmente, nos dias de coleta foram retiradas de cada lagoa, uma tira de tela plástica de 2cm X 25cm, totalizando uma superfície de 100 cm², considerando-se que a colonização ocorreu nas duas faces de cada substrato. As amostras retiradas dos substratos artificiais das lagoas F1 e M2, submetidas a 6, 13, 20, 27, 34, 41, 47 e 55 dias de colonização, correspondendo a três profundidades na coluna d'água (0 a 25 cm; 25 a 50 cm e 50 a 75 cm) diluídas e fixadas em 100ml de água destilada a 5% de formol.

A análise qualitativa e quantitativa do perifíton foi feita em microscópio invertido marca Zeiss com aumento de 400x. Nos caso de dúvida na identificação utilizou-se microscópio óptico Zeiss Axioplan com câmara fotográfica acoplada, com aumento até 1600x. Para o grupo das diatomáceas foram confeccionadas lâminas permanentes pelo método de Simonsen (1974), com modificações.

Utilizou-se a classificação geral de Hoeck *et al* (1995) para enquadrar as espécies dentro de divisões e classes.

Para cianobactérias, a identificação das espécies aos níveis de gênero e na medida do possível, de espécie, baseou-se nos trabalhos de Komárek & Anagnostidis (1986). Anagnostidis & Komárek (1986, 1988 e 1989). Para a identificação das Chlorophyta utilizou-se basicamente a classificação de Huber-Pestalozzi (1983), Sant'Anna (1984), Graham & Wilcox (2000). Para as diatomáceas, Huber-Pestalozzi (1942), Bourrely (1968), Kramer & Lange-Bertalot (1986/1988/1991) e Germain (1982).

A contagem das algas perifíticas realizou-se com a utilização de câmara de sedimentação de 2 ml (Utermöhl, 1958). Deixou-se um intervalo para sedimentação de, no mínimo, 2 horas para iniciar-se a contagem. As contagens foram feitas com réplica, considerando-se o número de indivíduos por amostra. Devido à elevada densidade de organismos foram realizadas, na maioria das amostras, diluições de 1:3 ou 1:6 e foram contados até que a espécie mais abundante atingisse no mínimo 100 indivíduos. Esse mínimo de 100 indivíduos da espécie dominante tem um erro inferior a 20%, com coeficiente de confiança de 95% (Lund *et al.*, 1958)

As contagens realizadas referiram-se apenas às algas perifíticas, por ser o foco de interesse deste trabalho, desconsiderando-se outras formas heterotróficas agregadas.

4.5.7. Densidade das algas perifíticas (Número de indivíduos por cm²)

Os resultados da análise quantitativa foram expressos em indivíduos/cm² (ind./cm²) e foram calculados de acordo com a fórmula de Wetzel & Likens, (1979), modificada por Schwarzbald (1992) seguindo a equação abaixo:

$$N = \frac{n \cdot V}{v} \cdot \frac{1}{S}$$

onde:

- N = número de células por cm²;
- n = número total de células contadas;
- V = volume da amostra com material raspado;
- v = volume dos campos contados;
- S = superfície do substrato, em cm².

4.5.8 Abundância

Foram consideradas espécies abundantes aquelas cuja ocorrência numérica supera o valor médio obtido ao dividir a densidade total de cada amostra pelo número de táxons na mesma. (Lobo & Leighton, 1986).

4.5.8. Dominância

Foram consideradas espécies dominantes aquelas cuja ocorrência numérica supera 50% do número total de indivíduos (densidade) em cada amostra (Lobo & Leighton, *op. cit.*).

4.5.10. Freqüência de ocorrência

Foram consideradas comuns as espécies que ocorrem em mais que 50% das amostras, freqüentes, aquelas que ocorrem entre 10% e 50% das amostras e raras, as que ocorrem abaixo de 10% (Lobo & Leighton, *op. cit.*).

4.5.11. Diversidade de espécies

Um método para verificar as relações mútuas entre o estado do hábitat e a biocenose existente é a análise da diversidade de espécies de uma comunidade (Pielou, 1975).

Segundo Odum (1983), características estruturais de uma comunidade, tais como: riqueza de espécies, diversidade específica e uniformidade, tenderão a valores altos em estados maduros da sucessão.

Conforme estabelece Schäfer (1984) os índices de diversidade não avaliam pela comparação de ocorrência de determinadas espécies em diferentes habitats, mas pelo grau de heterogeneidade de comunidades em consequência da diversificação das condições ambientais. Este autor estabelece que a aplicação deste índice baseia-se na hipótese de que os poluentes orgânicos empobrecem o meio provocando uma homogeneização das comunidades pelo favorecimento de algumas espécies melhor adaptadas ou mais resistentes às condições criadas pela poluição.

A diversidade de espécies foi estimada através do Índice de Diversidade de Shannon-Weanner (1963) e calculada através do Programa Divers: For Species Diversity Analises (Smith, 1993) com os resultados expressos em bits.ind.⁻¹.

4.5.12. Riqueza específica

A riqueza específica é representada pelo número de táxons presentes na amostra e foi calculada através do Programa Divers: For Species Diversity Analises (Smith, 1993), utilizando-se o Índice de Margalef (1958).

4.5.13. Equitabilidade

A equitabilidade (J') foi avaliada através da fórmula sugerida por Pielou (1966, apud Legendre & Legendre, 1983). O cálculo de equitabilidade foi feito utilizando-se o Programa Divers: For Species Diversity Analises (Smith, 1993) com o resultado expresso em porcentagem.

4.5.14. Análise Multivariada

Para a realização de análises multivariadas dos dados utilizou-se o software Multiv versão 2.1.1 (Pillar, 2000). A matriz de dados denominada “matriz completa A” foi composta para a lagoa facultativa 1, a partir de dados apresentados nas tabelas 15,16 e 17. Para a lagoa de maturação 2 utilizou-se os dados das tabelas 18, 19 e 20, onde:

$\mathbf{A} = \{ \mathbf{a}_{ij} \}$, sendo

i= variáveis (n° de indivíduos por cm²)

j= unidades amostrais (8 semanas)

A análise multivariada foi realizada nas seguintes etapas:

1. Agrupamento das unidades amostrais;
2. Medidas de semelhança (distância euclidiana);
3. Autoreamostragem (bootstrap): suficiência amostral e nitidez da estrutura de grupos;
4. Ordenação das unidades amostrais: - análise de coordenadas principais.

5. RESULTADOS

5.1. Variáveis Climatológicas

Os dados climatológicos foram obtidos do 8º Distrito de Meteorologia de Porto Alegre, RS.

5.1.1 Temperatura do ar

Os dados climatológicos foram obtidos do 8º Distrito de meteorologia de Porto Alegre, RS.

A temperatura média para o período de 11 de outubro a 05 de Dezembro de 2001 atingiu o valor mínimo de 17 °C (30/11) e máximo de 24 °C (20/10).

5.1.2 Precipitação pluviométrica

O período do experimento foi de 11/10/01 a 05/12/01 . Nas três primeiras semanas de outubro os registros de precipitação pluviométrica apresentaram baixa pluviosidade com um valor médio de 143,1 mm. O valor máximo de precipitação ocorreu no mês de novembro com uma precipitação total de 182,7 mm. Os cinco primeiros dias de dezembro caracterizaram-se por ausência de chuvas.

5.2. Variáveis físicas e químicas da água

Os resultados obtidos na análise da água, nos dias de coleta, com relação à temperatura da água, pH, transparência da água, oxigênio dissolvido e cálculo do percentual de saturação do oxigênio dissolvido estão apresentados na tabela 2 (lagoa facultativa 1) e na tabela 3 (lagoa de maturação 2).

Tab. 1. Análises físicas e químicas da água na lagoa facultativa 1 da ETE Lami, Porto Alegre, RS no período de 8 semanas de colonização dos substratos artificiais, obtidas na superfície da água (10 cm).

Tempo de Colonização (em semanas/data)	Temperatura água (°C)	pH	Transparência Secchi (cm)	Oxigênio Dissolvido (OD)	Saturação de Oxigênio (%)
1ª semana (17.10.01)	26	8.72	27	9.28	114
2ª semana (24.10.01)	24.6	8.44	21	9.7	117
3ª semana (31.10.01)	24.9	7.03	25	7.03	85
4ª semana (07.11.01)	25	7.12	23	1.80	21.8
5ª semana (14.11.01)	23.6	6.99	21	1.40	16
6ª semana (21.11.01)	25.7	7.63	28	4.55	56
7ª semana (27.11.01)	22.5	7.36	25	3.30	38
8ª semana (05.12.01)	23	7.30	—	1.30	15

Tab. 2. Análises físicas e químicas da água na lagoa de maturação 2 da ETE Lami, Porto Alegre, RS no período de 8 semanas de colonização dos substratos artificiais, obtidas na superfície da água (10 cm).

Tempo de Colonização (em semanas/data)	Temperatura água (°C)	pH	Transparência Secchi (cm)	Oxigênio Dissolvido (OD)	Saturação de Oxigênio (%)
1ª semana (17.10.01)	26.8	9.32	25	9.47	118
2ª semana (24.10.01)	24.4	9.58	29	9.00	114
3ª semana (31.10.01)	25.2	8.99	28	6.55	79
4ª semana (07.11.01)	25.2	9.13	26	6.32	76
5ª semana (14.11.01)	23.6	8.32	26	4.94	58
6ª semana (21.11.01)	25.9	9.37	29	5.70	60
7ª semana (27.11.01)	22.5	8.63	28	7.82	91
8ª semana (05.12.01)	22.8	7.6	—	5.70	66

As análises da água foram realizadas entre 10 e 14 horas. Na lagoa facultativa 1 (tab.1) observa-se pouca variação nas medidas de temperatura da água (22.5°C a 26°C). O pH variou de 7.03 na 3ª semana de colonização a 8.72 na 1ª semana.

As medidas de transparência da água pelo disco de Secchi revelam pouca penetração da luz, variando de 21 cm a no máximo 28 cm. A partir da 3ª semana verificou-se uma variação decrescente de OD e conseqüentemente do % de saturação do oxigênio.

Na lagoa de maturação 2 (tab.2) os menores valores registrados da temperatura da água foram na 7ª semana de colonização (22.5°C) e o maior valor na 1ª semana (26.8°C). O pH variou de 7.6 na última semana de colonização a 9.58 na 2ª semana. As medidas de transparência da água revelam uma variação de 25 cm, na 1ª semana a 29 cm na 6ª semana. Os valores de OD foram relativamente elevados na 1ª e 2ª semana de colonização, calculando-se um percentual de saturação de oxigênio de 118% e 114%, respectivamente. A partir da 3ª semana de colonização houve decréscimo nos valores de OD, com leves oscilações, conforme demonstrado na tab.2.

Comparando-se os resultados obtidos nas duas lagoas de estabilização verifica-se que em todas as variáveis analisadas (temperatura da água, pH, transparência da água e OD) a lagoa de maturação 2 registrou valores mais elevados.

5.3. Variáveis físicas, químicas e biológicas obtidas no perifíton

5.3.1 Peso seco sem cinzas (PSSC)

De acordo com os resultados de peso seco sem cinzas obtidos do perifíton na lagoa facultativa 1 e apresentados na tabela 3 e figura 9, o substrato F2, colocado a uma profundidade de 0 a 25 cm na coluna d'água apresentou da 1ª a 7ª semana pouca variação (2,2 µg/cm² a 2,9 µg/cm²) e na 8ª semana teve seu pico máximo (138 µg/cm²).

O substrato F5, colocado em profundidade intermediária em relação à incidência luminosa (25 a 50 cm) apresentou valores de PSSC que oscilaram entre 1,24 $\mu\text{g}/\text{cm}^2$ a 4,6 $\mu\text{g}/\text{cm}^2$ até a 7ª semana de colonização. Na 8ª semana apresentou o valor elevado de PSSC de 3510 $\mu\text{g}/\text{cm}^2$. Comportamento semelhante ocorreu no substrato F7 colocado a 50 até 75 cm da superfície, onde os valores de PSSC foram até a 5ª semana inferiores aos dos substratos mantidos nas camadas superiores, elevando-se na 6ª e 7ª semana (55,0 $\mu\text{g}/\text{cm}^2$ e 3,6 $\mu\text{g}/\text{cm}^2$, respectivamente). De acordo com CronK & Mistch (1994) in Moschini (1996) a presença de perifíton pode servir como indicador da disponibilidade de nutrientes na coluna d'água, uma vez que a biomassa perifítica responde às concentrações de nutrientes.

Na lagoa de maturação 2 (tab. 4 e fig. 8) os valores de PSSC em M2 apresentou o menor valor na 2ª semana de colonização perifítica (0,88 $\mu\text{g}/\text{cm}^2$) e o maior valor na 8ª semana (18,0 $\mu\text{g}/\text{cm}^2$). Em M5 o PSSC apresentou pouquíssima variação, de 0,44 $\mu\text{g}/\text{cm}^2$ na 2ª semana a 7,2 $\mu\text{g}/\text{cm}^2$ na 8ª semana. Em M7 a variação dos valores de PSSC foram um pouco maiores, apresentando um valor mínimo de 0,1 $\mu\text{g}/\text{cm}^2$ na 2ª semana e o valor máximo de 36,0 $\mu\text{g}/\text{cm}^2$ na 4ª semana de colonização.

Tab. 3. Peso seco sem cinzas (PSSC) $\mu\text{g}/\text{cm}^2$ em substratos artificiais, na lagoa facultativa 1, em três profundidades (F2= 0 a 25 cm); (F5= 25 a 50 cm) e (F7= 50 a 75 cm), em oito semanas de colonização.

Profundidade / semanas	1ª	2ª	3ª	4ª	5ª	6ª	7ª	8ª
F2 0 a 25 cm	2,2	1,4	0,9	2,1	2,9	4,0	2,9	138,0
F5 25 a 50 cm	1,24	1,4	4,3	3,6	4,1	4,0	4,6	351,0
F7 50 a 75 cm	0,92	0,44	2,4	0,45	6,6	55,0	3,6	202,0

Tab.4. Peso seco sem cinzas (PSSC) ($\mu\text{g}/\text{cm}^2$) em substratos artificiais, na lagoa de maturação 2, em três profundidades (M2= 0 a 25 cm); (M5= 25 a 50 cm) e (M7= 50 a 75 cm), em oito semanas de colonização.

Profundidade / semanas	1ª	2ª	3ª	4ª	5ª	6ª	7ª	8ª
M2 0 a 25 cm	1,5	0,88	0,9	1,3	2,2	12,0	3,6	18,0
M5 25 a 50 cm	1,3	0,44	0,5	0,8	0,8	1,6	5,2	7,2
M7 50 a 75 cm	0,76	0,1	0,2	36,0	0,5	1,3	3,3	5,1

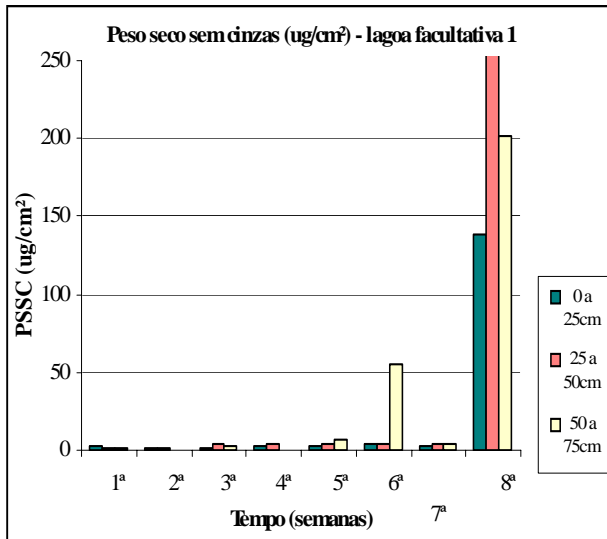


Fig. 9. Peso seco sem cinzas (PSSC) ($\mu\text{g}/\text{cm}^2$) do material perifítico da lagoa facultativa 1, relativo ao período de três semanas em três profundidades diferentes (F2 = 0 a 25 cm; F5=25 a 50 cm; F7=50 a 75 cm).

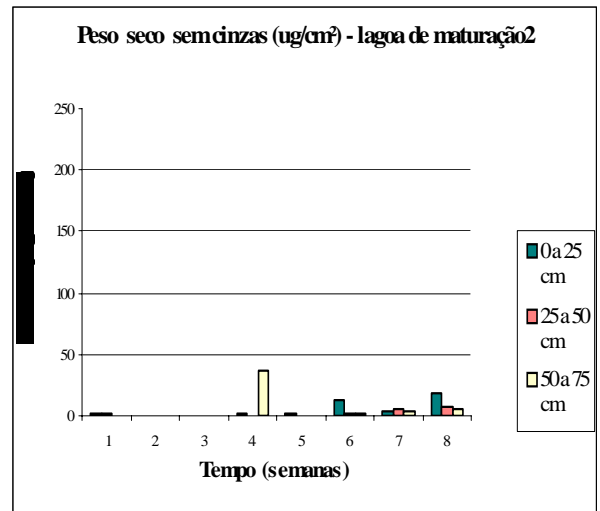


Fig. 10. Peso seco sem cinzas (PSSC) ($\mu\text{g}/\text{cm}^2$) do material perifítico da lagoa de maturação 2, relativo ao período de três semanas em três profundidades

5.3.2. Clorofila *a*

Os resultados para as concentrações de clorofila *a*, expressos em $\mu\text{g}/\text{cm}^2$, do perifíton da lagoa facultativa 1 estão apresentados na tabela 5 e figura 11 e da lagoa de maturação 2, na tabela 6 e figura 12.

Tab. 5. Clorofila *a* ($\mu\text{g}/\text{cm}^2$) - lagoa facultativa 1 - (F 1) - 8 semanas

Profundi- dade/ semanas	1ª	2ª	3ª	4	5ª	6ª	7ª	8ª
F2 0 a 25cm	—	0,147	0,286	0,31	0,371	0,5271	1,372	2,628
F5 25 a 50cm	—	0,12	0,0588	0,283	0,2486	0,2524	0,624	1,648
F7 50 a 75cm	0,0775	—	0,0214	0,083	0,179	0,2153	0,5234	2,673

Tab. 6 - Clorofila *a* ($\mu\text{g}/\text{cm}^2$) - lagoa de maturação 2 - (M2) - 8 semanas

Profundi- dade	1 ^a	2 ^a	3 ^a	4 ^a	5 ^a	6 ^a	7 ^a	8 ^a
M2 0 a 25cm	0,246	0,447	0,356	0,24	0,174	0,698	1,704	4,098
M5 25 a 50cm	0,189	0,289	0,2673	—	0,1523	0,646	1,332	2,851
M7 50 a 75cm	0,058	0,002	0,088	0,152	0,1951	0,245	1,938	15,681

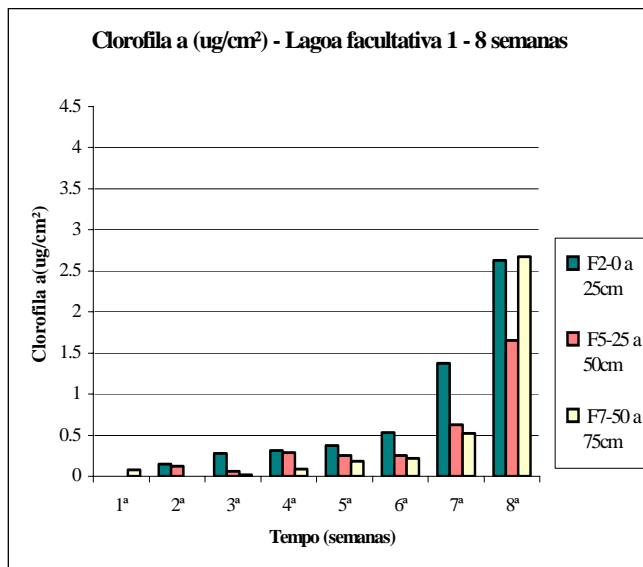


Fig. 11. Valores de clorofila *a* ($\mu\text{g}/\text{cm}^2$) do perifíton da lagoa facultativa 1, em três profundidades (F2= 0 a 25 cm; F5= 25 a 50 cm; F7= 50 a 75cm)

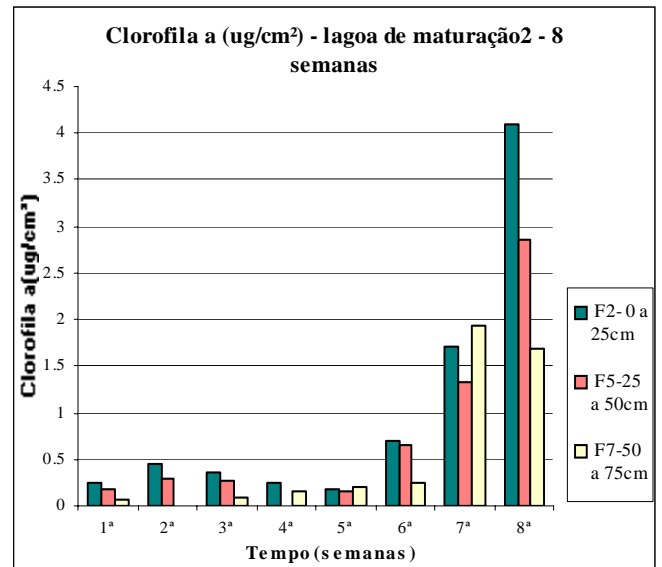


Fig. 12. Valores de clorofila *a* ($\mu\text{g}/\text{cm}^2$) da lagoa de maturação 2, do perifíton da lagoa de maturação 2, em três profundidades (M2= 0 a 25 cm; M5= 25 a 50 cm; M7= 50 a 75cm).

Na lagoa facultativa 1 os valores de clorofila *a* foram aumentando gradativamente desde a 2^a semana ($0,147\mu\text{g}/\text{cm}^2$), quando efetivamente se iniciou as análises do substrato superior colocado na coluna d'água (F2= 0 a 25 cm de profundidade) até o valor máximo de $2,628\mu\text{g}/\text{cm}^2$ na 8^a semana.

No substrato intermediário (F5= 25 a 50 cm de profundidade) os valores de clorofila *a* foram crescendo a partir da 2^a semana, mas não de forma gradativa, havendo uma redução

neste valor na 3ª semana, aumentando na 4ª semana (0,283 µg/cm²) e após apresentando uma variação de 0,248 µg/cm² na 5ª semana, alcançando 1,648 µg/cm² na 8ª semana.

Nas três profundidades analisadas na lagoa de maturação 2 constatou-se que houve maior concentração de pigmentos fotossintetizantes na camada superior do substrato (M2) em todas as semanas de colonização, variando de 0,246 µg/cm² na primeira semana a 4,098 µg/cm² de clorofila *a* na 8ª semana, caracterizando a contínua colonização de algas perifíticas. Em escala menor também houve um aumento gradativo de colonização perifítica nos estratos médio (M5) e inferior (M7) do substrato.

5.3.3. Índice Autotrófico (IA)

Os Índices Autotróficos do perifíton da lagoa facultativa 1 estão registrados na tabela 7 e figura 13. (Nesta tabela não estão presentes os valores correspondentes a F2 e F5 da 1ª semana e F7 da 2ª semana por perda das amostras de clorofila *a*. O mesmo aconteceu em relação à profundidade M5 da lagoa de maturação 2- Tab.8).

Como razão entre matéria orgânica total e a clorofila das algas do perifíton, o Índice Autotrófico é um indicador de condições sucessionais da colonização e adesão dos substratos por organismos ou por materiais orgânicos dissolvidos na água, num determinado intervalo de tempo.

Tab. 7 Valores dos índices autotróficos do perifíton em substrato artificial, da lagoa facultativa 1 referentes a 8 semanas de colonização perifítica.

Profundidade / semanas	1ª	2ª	3ª	4ª	5ª	6ª	7ª	8ª
F2	----	9,88	3,153	1,69	8,04	7,13	2,16	1,39
F5	----	11,83	72,602	12,88	16,53	16,15	7,34	3,51
F7	11,91	-----	111,83	5,50	36,69	254,34	6,98	2,02

Tab. 8. Valores dos índices autotróficos do perifíton em substrato artificial, da lagoa de maturação2 referentes a 8 semanas de colonização perifítica.

Profundidade / semanas	1ª	2ª	3ª	4ª	5ª	6ª	7ª	8ª
M2	5,97	1,96	2,71	5,61	12,67	17,04	2,13	4,54
M5	6,89	1,52	2,02	-----	5,73	2,49	3,97	2,52
M7	12,89	50,01	2,74	239,89	2,81	5,15	1,71	0,33

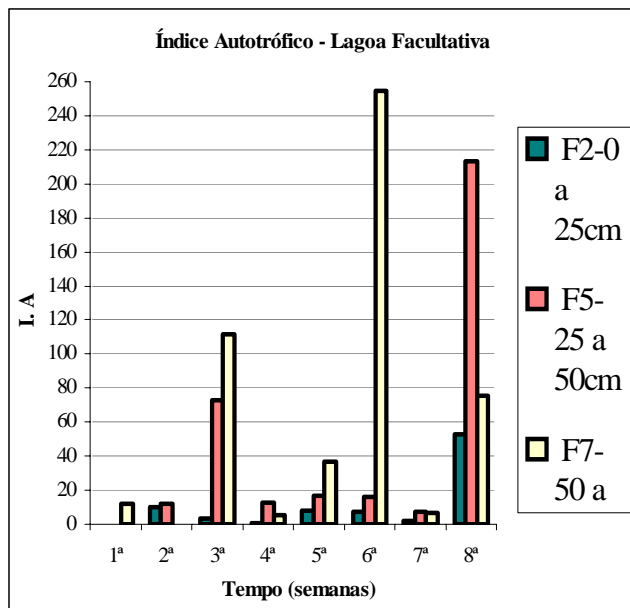


Fig. 13. Valores de Índice Autotrófico da lagoa facultativa 1 obtidos em 8 semanas de colonização perifítica em três profundidades (F2 = 0 a 25cm; F5= 25 a 50cm; F7= 50 a 75 cm).

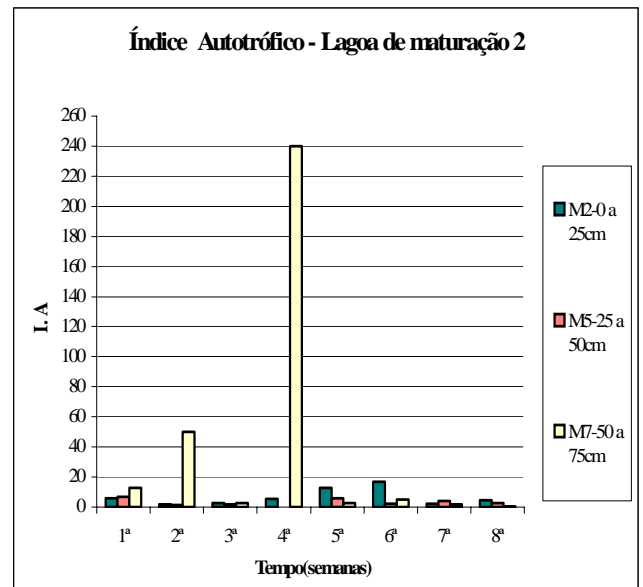


Fig. 14. Valores de Índice Autotrófico da lagoa de maturação 2 obtidos em colonização perifítica em três profundidades (M2= 0 a 25cm; M5=25 a 50cm; M7=50 a 75 cm).

Pelos índices observados verifica-se que o ambiente da lagoa facultativa 1 da ETE Lami é predominantemente autotrófico, principalmente no substrato F2, onde apresentou o valor mínimo de 0,69 na 4ª semana e o valor máximo de 9,88 da 2ª semana e no substrato F5 cujo valor mínimo é de 3,51 na 8ª semana e o valor máximo é de 72,602 na 3ª semana. A profundidade F7 apresentou grande variação de IA, com valor mínimo de 2,02 na 8ª semana até um valor máximo de 254,34 na 6ª semana caracterizando uma condição heterotrófica.

Na lagoa de maturação 2 (fig. 14) o índice autotrófico de M2 apresentou uma variação de 2,13 na 7ª semana e 17,04 na 6ª semana. Em M5 a variação foi de 1,52 na 2ª semana (valor mínimo) e 6,89 na 1ª semana. Em M7 o valor mínimo de IA ocorreu na 8ª semana com um índice de 0,33 e o máximo na 4ª semana atingindo um índice de 239, característica de ambiente heterotrófico.

5.3.4. Fósforo Total

Os resultados de Fósforo Total do material perifítico da lagoa facultativa estão apresentados na tabela 9 e fig.15 e da lagoa de maturação 2 na Tab. 10 e fig.16 e estão expressos em $\mu\text{g}/\text{cm}^2$.

Tab. 9. Valores de Fósforo Total obtido do material perifítico ($\mu\text{g}/\text{cm}^2$) da lagoa facultativa 1 durante 8 semanas de colonização.

Profundidade / semanas	1 ^a	2 ^a	3 ^a	4 ^a	5 ^a	6 ^a	7 ^a	8 ^a
F2	0,312	1,0	1,0	2,125	2,575	2,5	1,625	2,625
F5	0,323	0,131	2,525	2,525	2,65	2,65	2,605	2,625
F7	0,237	0,027	0,475	0,475	2,55	2,55	2,525	2,6

Tab. 10. Valores de Fósforo Total obtido do material perifítico ($\mu\text{g}/\text{cm}^2$) da lagoa de maturação 2 durante 8 semanas de colonização.

Profundidade / semanas	1 ^a	2 ^a	3 ^a	4 ^a	5 ^a	6 ^a	7 ^a	8 ^a
M2	0,135	0,05	0,062	2,375	2,5	2,5	2,875	3,25]
M5	0,25	0,047	0,112	0,475	2,525	2,65	3	2,875
M7	0,162	0,022	0,075	0,5	1,374	2,55	2,875	2,575

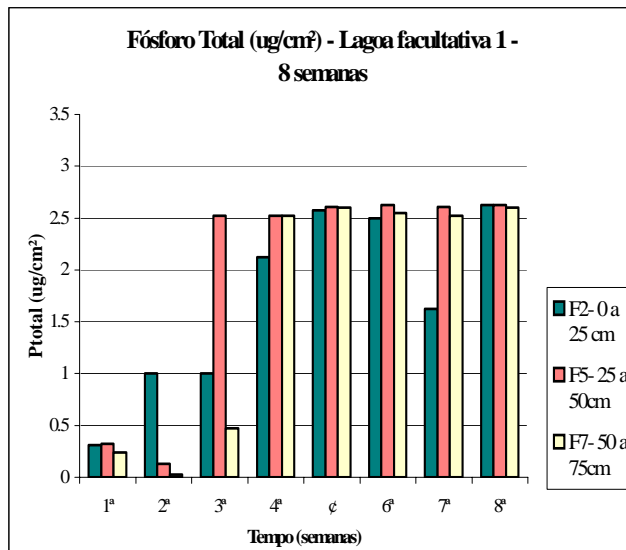


Fig. 15. Valores de Fósforo Total (Ptotal) em $\mu\text{g}/\text{cm}^2$ do material perifítico da lagoa facultativa em 8 semanas de colonização, em três profundidades (F2=0 a 25cm; F5=25 a 50cm; F7=50 a 75cm).

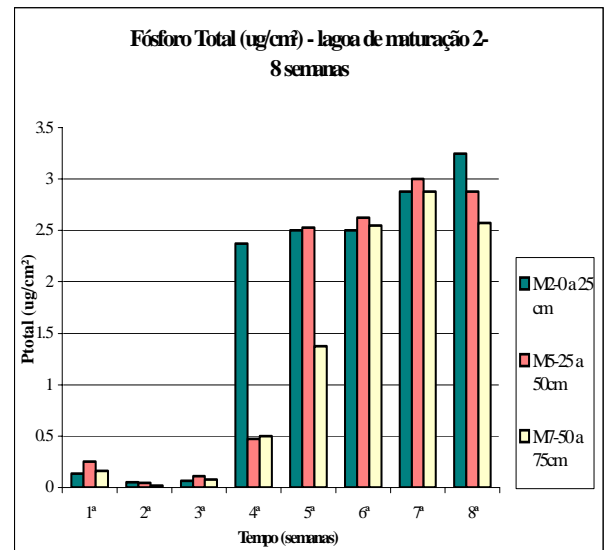


Fig. 16 Valores de Fósforo Total $\mu\text{g}/\text{cm}^2$ do material perifítico da lagoa de 1 maturação 2 em 8 semanas de colonização em três profundidades (M2=0 a 25cm; M5=25 a 50 cm; M7=50 a 75cm)

Os valores de fósforo total na lagoa facultativa 1 apresentam-se elevados a partir da 4ª semana de colonização, mantendo-se em torno de $2,5 \mu\text{g}/\text{cm}^2$ até o final do período de colonização perifítica nas três profundidades testadas. Na lagoa de maturação 2 o nível de fósforo total atinge o valor de $2,55 \mu\text{g}/\text{cm}^2$ nas duas profundidades menores (M2 e M5) a partir da 5ª semana com leve aumento gradativo nas três profundidades a partir da 6ª semana, principalmente em M2 que chega a atingir $3,25 \mu\text{g}/\text{cm}^2$ na 8ª semana. Em relação ao fósforo total não são necessárias mais do que o tempo de seis semanas para dimensionar a capacidade de remoção de algas e nutrientes.

5.3.5. Nitrogênio Total

Os valores obtidos pelas análises do perifíton da lagoa facultativa 1 em relação ao Nitrogênio Total estão tabulados na Tabela 11 e figura 17 e da lagoa de maturação 2, na tabela 12 e figura 18. Estão expressos em $\mu\text{g}/\text{cm}^2$.

Tab. 11. Valores de Nitrogênio Total ($\mu\text{g}/\text{cm}^2$) do perifíton da lagoa facultativa 1 obtidos em 8 semanas de colonização em substrato artificial, em três profundidades (F2= 0 a 25 cm; F5= 25 a 50 cm; F7= 50 a 75 cm)

Profundidade	1 ^a	2 ^a	3 ^a	4 ^a	5 ^a	6 ^a	7 ^a	8 ^a
	17/10	24/10	31/10	07/11	14/11	21/11	27/11	05/12
F2 0 a 25 cm	60,04	87,49	154,40	212,72	130,38	361,875	269,33	157,83
F5 25 a 50 cm	130,29	212,72	214,44	300,22	239,07	137,24	192,14	171,55
F7 50 a 75 cm	61,845	138,96	171,56	259,04	283,06	325,95	181,84	252,18

Tab. 12 Valores de Nitrogênio Total ($\mu\text{g}/\text{cm}^2$) do perifíton da lagoa de maturação 2 obtidos em 8 semanas de colonização em substrato artificial, em três profundidades (M2= 0 a 25 cm; M5= 25 a 50 cm; M7= 50 a 75 cm)

Profundidade	1 ^a	2 ^a	3 ^a	4 ^a	5 ^a	6 ^a	7 ^a	8 ^a
	17/10	24/10	31/10	07/11	14/11	21/11	27/11	05/12
M2 0 a 25 cm	24,02	6	38,60	64,76	150	85,77	168,12	291,64
M5 25 a 50 cm	60,04	17,15	25,73	73,76	112,08	92,64	248,75	157,83
M7 50 a 75 cm	18,11	5,14	30,02	37,74	43,89	78,91	319,09	259,05

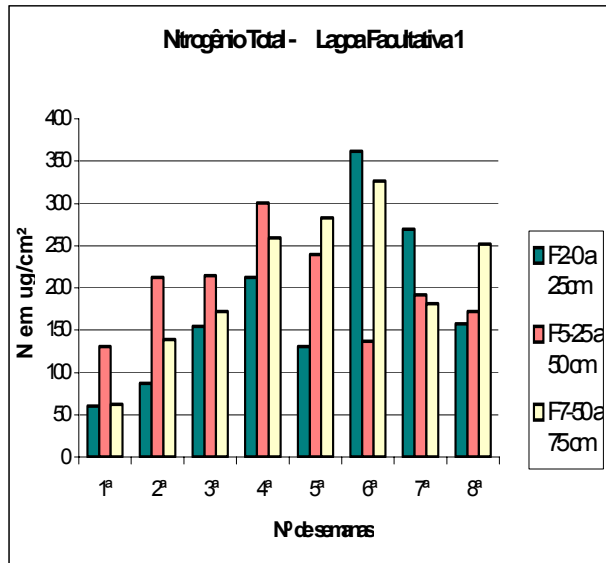


Fig.17. Valores de Nitrogênio Total (NT) em $\mu\text{g}/\text{cm}^2$ na lagoa facultativa 1 durante 8 semanas de colonização em três profundidades (F2=0 a 25 cm; F5=25 a 50 cm; F7=50 a 75cm)

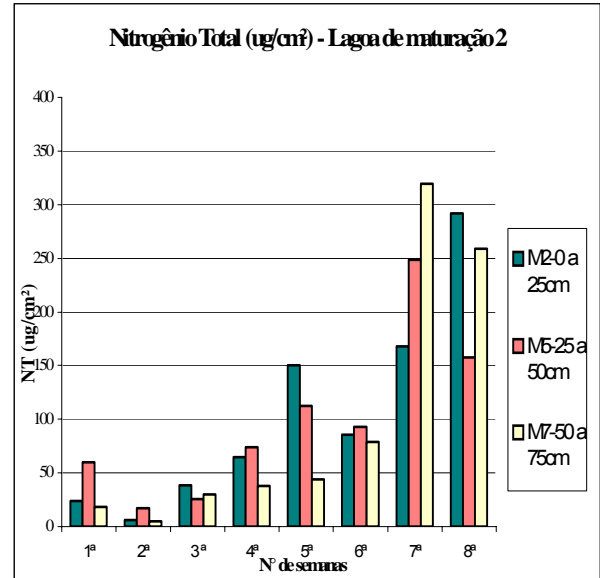


Fig.18. Valores de Nitrogênio Total (NT) em $\mu\text{g}/\text{cm}^2$ na lagoa de maturação 2 durante 8 semanas de colonização perifítica em três profundidades (M2=0 a 25cm; M5=25 a 50cm; M7=50 a 75cm)

Em relação ao Nitrogênio total obtido dos substratos retirados das três profundidades nas duas lagoas de colonização verifica-se que a lagoa facultativa 1 apresenta índices gradativos de aumento nas três profundidades nas três profundidades até a 4ª semana, com leve decréscimo em F2 e F5 na 5ª semana, atingindo o pico máximo na 6ª semana, onde em F2 atingiu $361,87 \mu\text{g}/\text{cm}^2$ decrescendo na 7ª semana ($269,33 \mu\text{g}/\text{cm}^2$) e na 8ª semana ($157,83 \mu\text{g}/\text{cm}^2$).

Na lagoa de maturação 2 o incremento de Nitrogênio total, considerando o tempo de colonização, foi menor do que na F1 até a 6ª semana, atingindo altos índices de Nitrogênio total na 7ª semana onde em M5 atingiu o valor de $248,76 \mu\text{g}/\text{cm}^2$ e em M7= $319,09 \mu\text{g}/\text{cm}^2$ e atingindo o valor máximo na profundidade M2 apenas na 8ª semana ($291,18 \mu\text{g}/\text{cm}^2$). Essas diferenças de valores de Nitrogênio total nas duas lagoas de estabilização evidenciam diferentes condições no estágio de colonização perifítica.

5.3.6. Análise Qualitativa e Quantitativa da Comunidade Perifítica

A comunidade perifítica da lagoa facultativa 1 da ETE Lami, nas 8 semanas de colonização dos substratos artificiais colocados em três profundidades: F2, F5 e F7 esteve composta por 37 táxons pertencentes a 4 divisões de algas, sendo que 7 pertencem à divisão Cyanophyta, classe Cyanophyceae; 14 à divisão Heterokontophyta, exclusivamente da classe Bacillariophyceae (diatomáceas); 16 à divisão Chlorophyta, classes Chlorophyceae e Zignematophyceae e um táxon pertencente à divisão Cryptophyta, classe Cryptophyceae.

A listagem das espécies e abreviaturas das algas perifíticas encontradas nas lagoas facultativa 1 e de maturação 2 estão registradas na tabela 13.

As análises quali-quantitativas da comunidade perifítica da lagoa facultativa 1 estão registradas nas tabelas 14 (F2); 15 (F5) e 16 (F7) e da lagoa de maturação 2 nas tabelas 17 (M2); 18 (M5) e 19 (M7).

Tab13. Lista de espécies de algas perifíticas das lagoas facultativa¹ e de maturação² da ETE Lami.

Abreviatura:	Táxons
Divisão Cyanophyta	
Classe Cyanophyceae	
CRH	<i>Chroococcus turgidus</i> (Kützing) Nageli
HEL	<i>Heteroleibleinia kuetzingii</i> (Schmidle) Campère
MET	<i>Merismopedia tenuissima</i> Lemmermann
PHF	<i>Phormidium formosum</i> (Bory ex Ganont) Anagnostidis et Komárek
PLC	<i>Planktolyngbya contorta</i> (Lemmermann) Anagnostidis et Komárek
SYA	<i>Synochococcus</i> sp.
W OR	cf. <i>Woronochinia</i> sp.
Divisão Hetrokontophyta	
Classe Bacillaruophyceae	
ACL	<i>Achnanthes minutissima</i> Kützing
CYN	<i>Cymbella minuta</i> Hilse ex Rabh.
GAT	<i>Gomphonema acuminatum</i> var. <i>turris</i> (Ehr.) Wolle
GOA	<i>Gomphonema angustatum</i> (Kütz.) Rabenhorst
GAU	<i>Gomphonema augur</i> Ehr.
GVT	<i>Gomphonema augur</i> Ehr. var. <i>turris</i> (Ehr.) Lange-Bertalot
GOG	<i>Gomphonema gracile</i> Ehr.
GOM	<i>Gomphonema minutissimum</i> Greville
GOP	<i>Gomphonema parvulum</i> Kützing
NIP	<i>Nitzschia palea</i> (Kützing) W. Smith
PIG	<i>Pinnularia gibba</i> Ehr. var. <i>linearis</i> Hustedt
PIL	<i>Pinnularia lundii</i> Hustedt
SYU	<i>Synedra ulna</i> Ehrenberg
Divisão Cryptophyta	
Classe Cryptophyceae	
CRY	<i>Cryptomonas</i> sp
Divisão Chlorophyta	
Classe Zygnematophyceae	
COG	<i>Cosmarium granatum</i> Brébisson ex. Ralfo
COL	<i>Cosmarium laeve</i> Rabenhorst
Classe Chlorophyceae	
GOP	<i>Golenkinia paucispina</i> W. & G. S. West
KIO	<i>Kirchneriella obesa</i> (W. West) Schmidle
MOM	<i>Monoraphidium minutum</i> (Näg.) Kom. Legn.
MOS	<i>Monoraphidium subclavatum</i> Nyg.
MOT	<i>Monoraphidium tortile</i> (W. & G.S. West) Kom.–Legn
SCA	<i>Scenedesmus acuminatus</i> (Lagerh.) Chod.
SAM	<i>Scenedesmus acuminatus</i> var. <i>maximus</i> Uherk.
SCO	<i>Scenedesmus opoliensis</i> P. Richt.
SCP	<i>Scenedesmus pseudoopoliensis</i> Hortob.
SCQ	<i>Scenedesmus quadricauda</i> (Turp.) Bréb.
SQB	<i>Scenedesmus quadricauda</i> (Trup.) Bréb var. <i>bicaudatus</i> Hansg.
SQM	<i>Scenedesmus quadricauda</i> (Trup.) Bréb var. <i>maximum</i> W. & G. S. West
SCI	<i>Schroederia indica</i> Philipose
STI	<i>Stigeoclonium</i> sp

Tab. 14 . Distribuição Qualitativa e Quantitativa da comunidade algal da lagoa facultativa 1, profundidade F2 = 0 a 25 cm; Período de colonização: 11/10 a 05/12/01; N = nº de indivíduos por cm² (. 10³); % = percentual de abundância relativa das espécies.

F2 Semanas / datas de coleta	1 ^a 17/10		2 ^a 24/10		3 ^a 31/10		4 ^a 07/11		5 ^a 14/11		6 ^a 21/11		7 ^a 27/11		8 ^a 05/12	
	N	%	N	%	n	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%
Cyanophyta																
<i>Chroococcus turgidus</i>											55	4	40	4	3	0,2
<i>Heteroleibleinia kuetzingii</i>																
<i>Merismopedia tenuissima</i>	37	8	110	14	101	14	97	11	71	6	169	12	116	15	97	10
<i>Phormidium formosum</i>													78	6	46	4
<i>Planktolyngbya contorta</i>	131	28	201	26	292	32	345	37	374	33	361	24	255	25	201	19
<i>Synochococcus</i> sp															15	1
cf. <i>Woronochinia</i> sp													46	4	136	14
Sub-total	169	36	311	40	393	46	442	49	445	39	586	40	535	54	498	49
Heterokontophyta																
<i>Achnanthes minutissima</i>	3	0,5													3	0,3
<i>Cymbella minuta</i>	9	2	31	4	6	1	6	1	3	0,3	3	0,3	3	0,3		
<i>Gomphonema acum. var. turris</i>	12	3	6	1	6	1	3	0,4	3	0,3	63	4	15	1	15	1
<i>Gomphonema angustatum</i>							3	0,4			44	3			25	2
<i>Gomphonema augur</i>					3	0,4										
<i>Gomphonema augur var. turris</i>	25	5			7	1	9	1					12	1	21	2
<i>G. omphonema gracile</i>	25	5	40	5	42	5	55	6	270	24	173	12	88	7	82	8
<i>Gomphonema minutissima</i>	12	3													3	0,3
<i>Gomphonema parvulum</i>	180	39	272	36	44	10	320	35	355	32	471	32	225	20	198	18
<i>Nitzschia palea</i>	3	1	37	5	94				9	1	26	2	43	4	31	3
<i>Pinnularia lundii</i>							3	0,4	15	1	26	2				
Sub-total	270	57	386	50	158	18	399	44	655	58	807	55	386	34	378	35
Cryptophyta																
<i>Cryptomonas</i> sp	6	1					46	5	9	1	29	2	55	5	37	3

(continua)

(Continuação da tabela 14.)

F2 Semanas / datas de coleta	1 ^a 17/10		2 ^a 24/10		3 ^a 31/10		4 ^a 07/11		5 ^a 14/11		6 ^a 21/11		7 ^a 27/11		8 ^a 05/12	
	N	%	N	%	n	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%
Espécies																
Chlorophyta																
Classe Zygnematophyceae																
<i>Cosmarium granatum</i>	12	3	29	4					15	1	11	1			18	2
<i>Cosmarium laeve</i>									3	0,3	29	2	25	2		
Classe Chlorophyceae																
<i>Monoraphidium minutum</i>					2	0,2										
<i>Monoraphidium subclavatum</i>	12	3	25	3	20	3					3	0,3			6	0,5
<i>Monoraphidium tortille</i>			3	0,4			12	1					3	0,3	3	0,3
<i>Scenedemus acum. var. maxima</i>					2	0,2	3	0,4								
<i>Scenedesmus quadricauda</i>															9	1
<i>Scenedesmus quad. var. bicaudata</i>													9	1		
<i>Scenedesmus quadr. var. maximum</i>			3	0,4									15	2	12	1
<i>Schroederia indica</i>			18	2												
<i>Stigeoclonium sp</i>													9	1	92	8
Sub-total	24	6	78	10	24	3	15	2	18	1	43	3	61	6	140	13
TOTAL	467	100	775	100	575	100	902	100	1127	100	1465	100	1037	100	1053	100

Tab. 15 . Distribuição Qualitativa e Quantitativa da comunidade algal da lagoa facultativa 1, profundidade F5 = 25 a 50 cm; Período de colonização: 11/10 a 05/12/01; N = nº de indivíduos por cm² (. 10³); % = percentual de abundância relativa das espécies.

F5	Semanas / datas de coleta		1 ^a		2 ^a		3 ^a		4 ^a		5 ^a		6 ^a		7 ^a		8 ^a	
	17/10		24/10		31/10		07/11		14/11		21/11		27/11		05/12			
Espécies	N	%	N	%	n	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%
Cyanophyta																		
<i>Chroococcus turgidus</i>											6	1	3	1			6	1
<i>Heteroleibleinia kuetzingii</i>											18	3	28	3				
<i>Merismopedia tenuissima</i>	34	15	15	4	2	1	14	4	190	24	114	20	252	27	90	19		
<i>Phormidium formosum</i>													49	5	15	3		
<i>Planktolyngbya contorta</i>	34	15	37	10	73	83	240	65	488	63	259	46	272	28	283	55		
<i>Synochococcus</i> sp													6	1				
cf. <i>Woronochinia</i> sp											21	3	89	16	25	3		
Sub-total	68	30	52	14	75	84	254	69	705	91	483	85	632	66	394	78		
Heterokontophyta																		
<i>Achnanthes minutissima</i>													3	0,3				
<i>Cymbella minuta</i>	15	7	12	4	1	1	5	1	5	1	12	2	1	1				
<i>Gomphonema acum. var. turris</i>	25	11	6	2			1	0,3	6	1					7	1		
<i>Gomphonema angustatum</i>			2	0,5									3	0,3				
<i>Gomphonema augur</i>													9	1	2	0,3		
<i>Gomphonema augur var. turris</i>			18	5							3	0,5	46	5	2	0,3		
<i>Gomphonema gracile</i>	40	17	46	13	4	4	20	5	21	3	49	9	40	4	7	1		
<i>Gomphonema minutissima</i>	6	3					6	2										
<i>Gomphonema parvulum</i>	61	27	178	51	8	9	72	20	25	3	12	2	165	16	31	6		
<i>Nitzschia palea</i>	3	1							5	1			56	5	18	4		
<i>Pinnularia lundii</i>															2	0,3		
Sub-total	150	65	262	75	13	14	104	28	62	5	76	14	323	22	70	13		
Cryptophyta																		
<i>Cryptomonas</i> sp	12	1	34	10			12	3	6	1	3	0,5	25	3	2	0,3		

(continua)

(Continuação da tabela 15)

F5	Semanas / datas de coleta		1 ^a		2 ^a		3 ^a		4 ^a		5 ^a		6 ^a		7 ^a		8 ^a	
			17/10		24/10		31/10		07/11		14/11		21/11		27/11		05/12	
Espécies	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%
Chlorophyta																		
Classe Zygnematophyceae																		
<i>Cosmarium granatum</i>	28	3															2	0,3
<i>Cosmarium laeve</i>					1	1												
Classe Chlorophyceae																		
<i>Monoraphidium subclavatum</i>									3	1			12	1				
<i>Scenedemus acum. var. maxima</i>													3	0,3	6	1		
<i>Scenedesmus quadricauda</i>													3	0,3	2	0,3		
<i>Scenedesmus quad. var. bicaudata</i>															17	3		
<i>Scenedesmus quad. var. maximum</i>															12	1		
<i>Schroederia indica</i>			3	1									6	1	12	1		
<i>Stigeoclonium sp</i>											3	1	37	5				
Sub-total	28	3	3	1	1	1			3	1	3	1	61	8	39	6		
1 TOTAL	230	100	323	100	88	100	369	100	776	100	565	100	1041	100	531	100		

Tab. 16 . Distribuição Qualitativa e Quantitativa da comunidade algal da lagoa facultativa 1, profundidade F7 = 50 a 75 cm; Período de colonização: 11/10 a 05/12/01; N = nº de indivíduos por cm² (. 10³); % = percentual de abundância relativa das espécies.

F7	Semanas / datas de coleta		1 ^a 17/10		2 ^a 24/10		3 ^a 31/10		4 ^a 07/11		5 ^a 14/11		6 ^a 21/11		7 ^a 27/11		8 ^a 05/12	
	N	%	N	%	n	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%
Cyanophyta																		
<i>Chroococcus turgidus</i>											15	2	9	2	1	1	8	1
<i>Heteroleibleinia kuetzingii</i>											12	1						
<i>Merismopedia tenuissima</i>	30	18	2	5	3	1	38	18	233	27	169	30	393	43	216	24		
<i>Phormidium formosum</i>															11	1		
<i>Planktolyngbya contorta</i>	20	12	8	19	190	93	145	72	539	64	334	61	319	34	376	42		
<i>Synochococcus</i> sp															13	2		
cf. <i>Woronochinia</i> sp										9	1	17	3	92	10	202	23	
Sub-total	50	30	10	24	193	94	183	90	808	95	529	96	805	88	826	91		
Heterokontophyta																		
<i>Achnanthes minutissima</i>	3	2									6	1						
<i>Cymbella minuta</i>	2	1									3	1						
<i>Gomphonema acum. var. turris</i>	6	5	1	1	1	0,5	6	1	6	1	3	0,4						
<i>Gomphonema angustatum</i>																		
<i>Gomphonema augur var. turris</i>			9	9													13	2
<i>Gomphonema gracile</i>	20	12	4	3	3	1	5	1	12	2	5	1						
<i>Gomphonema minutissima</i>			1	1													5	1
<i>Gomphonema parvulum</i>	52	33	11	44	6	3	8	4	3	0,4	6	1	6	1	26	3		
<i>Nitzschia palea</i>											6	1	6	1	18	2		
<i>Pinnularia lundii</i>			1	1														
Sub-total	87	53	27	59	10	5	19	6	39	7	17	3	24	3	44	6		
Cryptophyta (<i>Cryptomonas</i> sp)	2	1	2	4	5	2							3	0,3	5	1		

(Continuação da tabela 16)

F7	Semanas / datas de coleta		1 ^a		2 ^a		3 ^a		4 ^a		5 ^a		6 ^a		7 ^a		8 ^a	
			17/10		24/10		31/10		07/11		14/11		21/11		27/11		05/12	
Espécies	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%
Chlorophyta																		
Classe Zygnematophyceae																		
<i>Cosmarium granatum</i>																	2	0,3
<i>Cosmarium laeve</i>	2	1			3	1												
Classe Chlorophyceae																		
<i>Monoraphidium minutum</i>									3	0,5								
<i>Monoraphidium subclavatum</i>	11	9	2	5			1	1					3	0,3	7	2		
<i>Scenedemus acum. var. maxima</i>							7	3					5	1	3	0,3		
<i>Scenedesmus quadricauda</i>															3	0,3		
<i>Scenedesmus quad. var. bicaudata</i>	2									3	0,5			3	0,3	2	0,3	
<i>Scenedesmus quad. var. maximum</i>		1	1	1											5	1		
<i>Schroederia indica</i>												3	1	6	1	3	0,3	
<i>Stigeoclonium sp</i>													28	3				
Sub-total	17	11	5	6	3	1	8	4	6	1	8	2	43	6	22	5		
TOTAL	155	100	42	100	211	100	210	100	853	100	554	100	875	100	897	100		

Tab. 17 . Distribuição Qualitativa e Quantitativa da comunidade algal da lagoa de maturação 2, profundidade M2 = 0 a 25 cm; Período de colonização: 11/10 a 05/12/01; N = nº de indivíduos por cm² (. 10³); % = percentual de abundância relativa das espécies.

M2	Semanas / datas de coleta		1 ^a		2 ^a		3 ^a		4 ^a		5 ^a		6 ^a		7 ^a		8 ^a	
			17/10		24/10		31/10		07/11		14/11		21/11		27/11		05/12	
Espécies	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%
Cyanophyta																		
<i>Chroococcus turgidus</i>	2	0,5										26	1	13	1	2	0,2	
<i>Heteroleibleinia kuetzingii</i>													5	0,3	3	0,3		
<i>Merismopedia tenuissima</i>	258	51	455	39	175	29	1031	30	208	14	658	29	630	32	508	58		
<i>Phormidium formosum</i>			4	0,3			20	1							17	3		
<i>Planktolyngbya contorta</i>	11	2	15	1	32	5	117	4	459	30	196	9	204	10	205	26		
<i>Synochococcus</i> sp											12	0,5	6	0,3				
cf. <i>Woronochinia</i> sp											7	0,3	8	0,4	11	2		
Sub-total	271	54	473	40	207	34	1168	35	667	44	929	40	872	43	746	90		
Heterokontophyta																		
<i>Achnanthes minutissima</i>	28	5	442	37			2040	60					625	32	102	20		
<i>Cymbella minuta</i>	22	4	7	1	2	0,3							5	0,3				
<i>Gomphonema acum. var. turris</i>	20	4			62	10					33	0,3	5	0,3				
<i>Gomphonema gracile</i>	57	11	2	0,2	40	7	23	1			74	1,5	25	1	3	0,5		
<i>Gomphonema minutissima</i>	6	1	2	0,2	31	5			22	1			3	0,4				
<i>Gomphonema parvulum</i>	63	12	169	14	232	36	44	2	770	51	1011	44	343	18	16	3		
<i>Nitzschia palea</i>	7	1,5	6	0,5							4	0,2	16	1	2	0,3		
<i>Pinnularia gibba var. linearis</i>			2	0,2			7	0,2			2	0,1						
<i>Pinnularia lundii</i>							7	0,2			2	0,1						
<i>Pinnularia subcaptata</i>							3	0,1	4	0,2			1	0,1				
<i>Synedra ulna</i>			6	0,5	6	0,5	2	0,1			2	0,1						
Sub-total	203	39	647	55	373	60	2126	64	796	52	1148	48	1023	52	123	23		
Cryptophyta																		
<i>Cryptomonas</i> sp			4	0,3													1	0,1

(continua)

(Continuação da tabela 17)

M2	Semanas / datas de coleta		1 ^a		2 ^a		3 ^a		4 ^a		5 ^a		6 ^a		7 ^a		8 ^a	
			17/10		24/10		31/10		07/11		14/11		21/11		27/11		05/12	
Espécies	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%
Chlorophyta																		
Classe Zygnematophyceae																		
<i>Cosmarium granatum</i>					3	0,5												
<i>Cosmarium laeve</i>	15		44	4	1	0,1	2	0,1	2	0,1	8	0,4			2	0,3		
Classe Chlorophyceae																		
<i>Golenkinia pauscipina</i>		3													2	0,3		
<i>Monoraphidium minutum</i>	4		2	0,2	6	2	9	0,3	2	0,1	22	1	13	0,7	4	0,6		
<i>Monoraphidium subclavatum</i>	6		7	0,6	25	4	25	1	28	2	24	1	42	2	7	1		
<i>Monoraphidium tortille</i>	2						28	1					13	0,7				
<i>Scenedesmus acuminatus</i>	1		1	0,1						11	0,7				6	1		
<i>Scenedesmus acum. var. maxima</i>		0,7										1	0,1	3	0,2			
<i>Scenedesmus pseudoopoliensis</i>		0,4								2	0,1	7	0,4					
<i>Scenedesmus quadricauda</i>	7		4	0,3					21	0,6	7	0,5			5	0,3	12	2
<i>Scenedesmus quadr. var. maximum</i>		0,2												3	0,3			
<i>Schroederia indica</i>		1						2	0,1	6	0,3	4	0,3					
<i>Stigeoclonium sp</i>												15	0,6	8	0,4	1	0,1	
Sub-total	34	7	58	5	35	6	87	4	56	4	85	4	88	4	33	6		
TOTAL	508	100	1186	100	615	100	3381	100	1519	100	2275	100	1983	100	903	100		

Tab. 18 . Distribuição Qualitativa e Quantitativa da comunidade algal da lagoa de maturação 2, profundidade M5 = 25 a 50 cm; Período de colonização: 11/10 a 05/12/01; N = nº de indivíduos por cm² (. 10³); % = percentual de abundância relativa das espécies.

M5	Semanas / datas de coleta		1 ^a		2 ^a		3 ^a		4 ^a		5 ^a		6 ^a		7 ^a		8 ^a	
			17/10		24/10		31/10		07/11		14/11		21/11		27/11		05/12	
Espécies	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%
Cyanophyta																		
<i>Chroococcus turgidus</i>					2	0,6	1	0,4			6	0,6	34	3				
<i>Heteroleibleinia kuetzingii</i>							20	9							26	4		
<i>Merismopedia tenuissima</i>	109	50	282	69	111	51	101	47	274	53	454	44	436	44	470	61		
<i>Phormidium formosum</i>											31	3	23	2	53	7		
<i>Planktolyngbya contorta</i>	9	4	5	1	7	3	16	8	42	9	126	12	234	24	119	17		
<i>Synochococcus</i> sp											5	0,4	1	0,1				
cf. <i>Woronochinia</i> sp											31	3	9	1	21	4		
Sub-total	118	54	287	70	120	54	137	65	316	62	653	63	737	74	689	92		
Heterokontophyta																		
<i>Achnanthes minutissima</i>	6	3	15	4							21	2	44	4	1	0,1		
<i>Cymbella minuta</i>	9	4	3	0,7			2	1										
<i>Gomphonema acum.</i>	13	6	3	0,7			3	1,5	11	2	15	1,5			1	0,1		
<i>Gomphonema angustatum</i>			7	2														
<i>G. augur</i> var. <i>turris</i>			2	0,5					15	2,8			8	1				
<i>Gomphonema gracile</i>	13	6	7	1	18	8	7	3	61	12	87	8	87	9				
<i>Gomphonema minutissima</i>	4	1,7							2	0,4			3	0,2				
<i>Gomphonema parvulum</i>	37	17	68	17	76	35	31	14	29	7	11	1	27	3	4	0,5		
<i>Nitzschia palea</i>	2	1	2	0,5							12	1	13	1,2	8	1,3		
Sub-total	84	39	107	27	92	43	43	20	118	24	146	14	182	18	14	2		
Cryptophyta																		
<i>Cryptomonas</i> sp			3	0,7			1	0,5										

(continua)

(Continuação da tabela 18)

M5	Semanas / datas de coleta		1ª		2ª		3ª		4ª		5ª		6ª		7ª		8ª	
			17/10		24/10		31/10		07/11		14/11		21/11		27/11		05/12	
Espécies	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%
Chlorophyta																		
Classe Zygnematophyceae																		
<i>Cosmarium granatum</i>					2	1												
<i>Cosmarium laeve</i>			4	1	2	1	7	3	11	2	3	0,3						
Classe Chlorophyceae																		
<i>Golenkinia paucipina</i>	4	1,7																
<i>Monoraphidium minutum</i>			2	0,5							12	1	3	0,2	5	0,6		
<i>Monoraphidium subclavatum</i>	9	4	5	1			16	8	29	7	28	3	29	3	16	2		
<i>Monoraphidium tortille</i>													5	0,5	7	1		
<i>Scenedesmus acuminatus</i>	1	0,4			1	0,4												
<i>Scenedesmus acum. var. maxima</i>											1	0,1	2	0,2	2	0,2		
<i>Scenedesmus opoliensis</i>							2	1	7	5								
<i>Scenedesmus pseudoopoliensis</i>					3	1,3	2	1										
<i>Scenedesmus quadricauda</i>	2	1	1	0,2			5	2,5			43	4	8	1	15	2		
<i>Scenedesmus quadr. var. maximum</i>			1	0,2							28	3						
<i>Schroederia indica</i>										2	0,4						2	0,2
<i>Stigeoclonium sp</i>										21	4	120	12	29	3	1	0,1	
Sub-total	16	7	12	3	8	4	32	15	70	14	235	14	76	8	48	6		
TOTAL	217	100	408	100	220	100	213	100	504	100	1034	100	995	100	751	100		

Tab. 19 . Distribuição Qualitativa e Quantitativa da comunidade algal da lagoa de maturação 2, profundidade M7 = 50 a 75 cm; Período de colonização: 11/10 a 05/12/01; N = nº de indivíduos por cm² (. 10³) ; % = percentual de abundância relativa das espécies.

M7	Semanas / datas de coleta		1 ^a		2 ^a		3 ^a		4 ^a		5 ^a		6 ^a		7 ^a		8 ^a	
			17/10		24/10		31/10		07/11		14/11		21/11		27/11		05/12	
Espécies	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%
Cyanophyta																		
<i>Chroococcus turgidus</i>					1	0,5	7	1,7			19	1,4	2	0,2				
<i>Heteroleibleinia kuetzingii</i>									6	0,3	8	0,5	3	0,3	44	3		
<i>Merismopedia tenuissima</i>	76	55	424	90	284	81	237	57	1046	67	588	50	554	58	856	55		
<i>Phormidium formosum</i>											38	3	27	3	73	5		
<i>Planktolynghya contorta</i>	1	1	22	4,5	36	10	119	28	346	22	293	23	236	25	420	26		
<i>Synochococcus</i> sp									15	1	3	0,3						
cf. <i>Woronochinia</i> sp									16	1	18	1,7	21	2	26	16		
Sub-total	77	56	446	94	321	92	363	87	1429	91	968	92	843	89	1419	90		
Heterokontophyta																		
<i>Achnanthes minutissima</i>	4	2,6	1	0,2					12	0,8					5	0,3		
<i>Cymbella minuta</i>	4	2,6			3	0,7	7	1,7			8	0,5						
<i>G. acuminatum</i> var. <i>turris</i>	1	1			3	0,7	4	1										
<i>Gomphonema gracile</i>	29	23	3	0,7	5	1,5	7	1,7			11	1	18	2	5	0,3		
<i>Gomphonema minutissima</i>					4	1												
<i>Gomphonema parvulum</i>	4	2,6	3	0,7	11	3	6	1,3	15	1,1	3	0,3						
<i>Nitzschia palea</i>			3	0,5							3	0,3	34	3				
Sub-total	42	32	10	2	26	7	24	6	27	2	25	2	52	5	10	1		

(continua)

(Continuação da tabela 19)

M7	Semanas / datas de coleta		1 ^a		2 ^a		3 ^a		4 ^a		5 ^a		6 ^a		7 ^a		8 ^a	
			17/10		24/10		31/10		07/11		14/11		21/11		27/11		05/12	
Espécies	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%
Chlorophyta																		
Classe Zygnematophyceae																		
<i>Cosmarium granatum</i>	2	1,3	2	0,3	1	0,3												
<i>Cosmarium laeve</i>			2	0,3			4	1										
Classe Chlorophyceae																		
<i>Golenkinia paucipina</i>	1	1	1	0,2							3	0,2						
<i>Monoraphidium minutum</i>							5	1,3	16	1			15	2	25	2		
<i>Monoraphidium subclavatum</i>	9	6,5	9	2	3	0,7	11	2,6	26	1,6	8	0,7	18	2	21	1,5		
<i>Monoraphidium tortille</i>									9	0,6					28	2		
<i>Scenedesmus acuminatus</i>													3	0,3	3	0,2		
<i>Scenedesmus acum. var. maxima</i>	4	2,6	1	0,2											1	0,1		
<i>Scenedesmus opoliensis</i>			1	0,2														
<i>Scenedesmus pseudoopoliensis</i>			1	0,2														
<i>Scenedesmus quadricauda</i>	2	1,3	3	0,5			2	0,4			24	2	6	0,6	56	4		
<i>Scenedesmus quadr. var. maximum</i>							7	1,7	9	0,6	21	1,9			7	0,4		
<i>Stigeoclonium</i> sp									56	3			9	1				
Sub-total	18	12	18	4	4	1	29	7	116	7	56	5	44	6	141	9		
TOTAL	137	100	474	100	351	100	416	100	1572	100	1049	100	939	100	1570	100		

De acordo com a distribuição qualitativa e quantitativa da comunidade de algas perifíticas que colonizaram os substratos artificiais nas três profundidades testadas e que estão apresentadas nas tabelas 14 a 19, constata-se que as maiores densidades de algas perifíticas foram registradas no estrato superficial (0 a 25 cm de profundidade) nas duas lagoas e em ambas ocorreram na 6ª semana de colonização. Na lagoa facultativa 1 o valor em F2 foi de 1465.929 e na lagoa de maturação 2 em M2 foi registrada uma densidade de 2.275.368. As menores densidades foram registradas na lagoa facultativa 1, no estrato intermediário do perifíton (F5) na 2ª semana atingindo uma densidade de 42.276. Na lagoa de maturação 2 as menores densidades foram registradas na profundidade M5, na 1ª semana de colonização com valores de 215.376 e na profundidade M7, também na 1ª semana de colonização, totalizando uma densidade algal nesse estrato, de 137.241. Esses baixos índices nos substratos F5, F7, M5 e M7 são devido a menor transparência da água, conforme foi constatado pelas medidas de transparência da água efetuada por disco de Secchi, onde na lagoa facultativa 1 atingiu o máximo de 28 cm (tabela 1) e na lagoa de maturação 2 atingiu o máximo de 29 cm (tabela 2), evidenciando que em sistemas hipertróficos com baixa transparência as algas concentram-se na superfície.

5.3.7. Variação Temporal da Colonização Perifítica na lagoa facultativa 1

A contribuição das espécies abundantes ao longo do tempo de colonização perifítica nas três profundidades do substrato artificial (F2; F5;F7) na lagoa facultativa 1 está representada nas figuras 19; 20 e 21, baseadas nos dados das tabelas 14 ,15 e 1

. A variação temporal da colonização algal na lagoa de maturação 2 nas três profundidades (M2;M5;M7) está representada nas figuras 22; 23 e 24, baseadas nos dados das tabelas 17, 18 e 19.

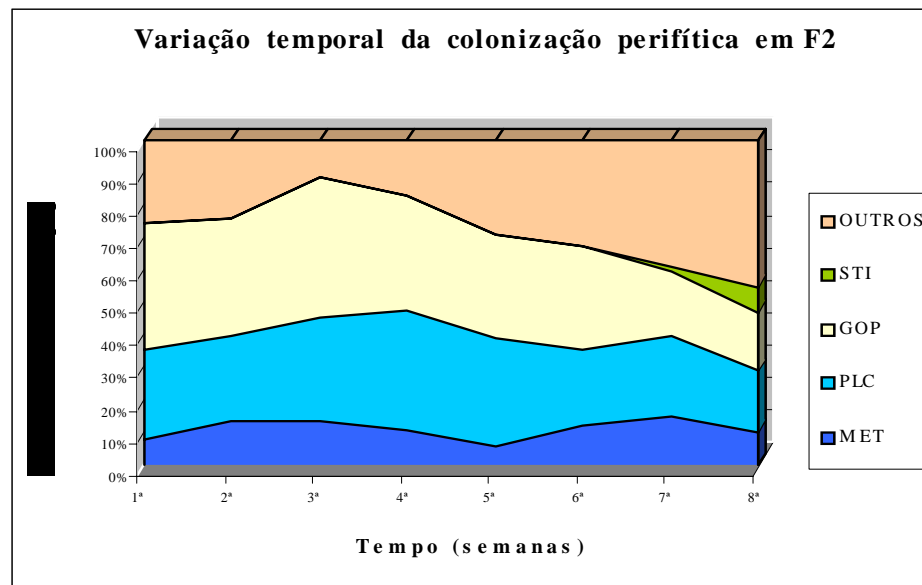


Fig. 19. Variação temporal da porcentagem de colonização de algas perifíticas no substrato superior (F2) da lagoa facultativa 2. Período de colonização: 11/10/2001 a 05/12/2001. MET=*Merismopedia tenuissima*; PLC= *Planktolyngbya contorta*; GOP= *Gomphonema parvulum*; STI=*Stigeoclonium* sp; OUTROS= as demais algas, menos abundantes, incluindo o total de Cyanophyta, Heterokontophyta, Cryptophyta e Chlorophyta.

Observa-se substituição de espécies e alteração da abundância relativa da comunidade perifítica com a seqüência das semanas de colonização. Para Odum (1983), a sucessão envolve mudanças na estrutura de espécies e processos da comunidade ao longo do tempo. Esta afirmativa se confirma pelas oscilações no percentual de abundância das algas perifíticas observadas no substrato superior colocado de 0 a 25 cm verticalmente na coluna d'água (F2). Destacaram-se entre as cianofíceas a espécie *Planktolyngbya contorta*, que apresenta uma abundância relativa crescente até a 4ª semana (26 a 37%) oscilando em valores em torno de 20% para novamente apresentar um pico de 25% de abundância relativa na 7ª semana, caindo para 19% na 8ª semana. A cianofíceas *Merismopedia tenuissima* representa um percentual de pouca variação, entre 8% e 14%, apresentando um declínio na 5ª semana (6%) e logo depois apresenta nova variação de 12% a 24%. A espécie dominante é a diatomácea *Gomphonema parvulum* que apresenta desde a 1ª semana de colonização um elevado percentual de abundância relativa (39%), decai ligeiramente na 2ª, apresenta um pico máximo na 3ª semana (43%), se mantém em torno de 32% nas três semanas consecutivas e decresce acentuadamente nas duas últimas semanas até 18%. A Chlorophyta *Stigeoclonium* sp inicia a colonização do substrato quando a comunidade perifítica já está madura, a partir da 6ª semana de colonização, com um percentual de abundância relativa de 8%.

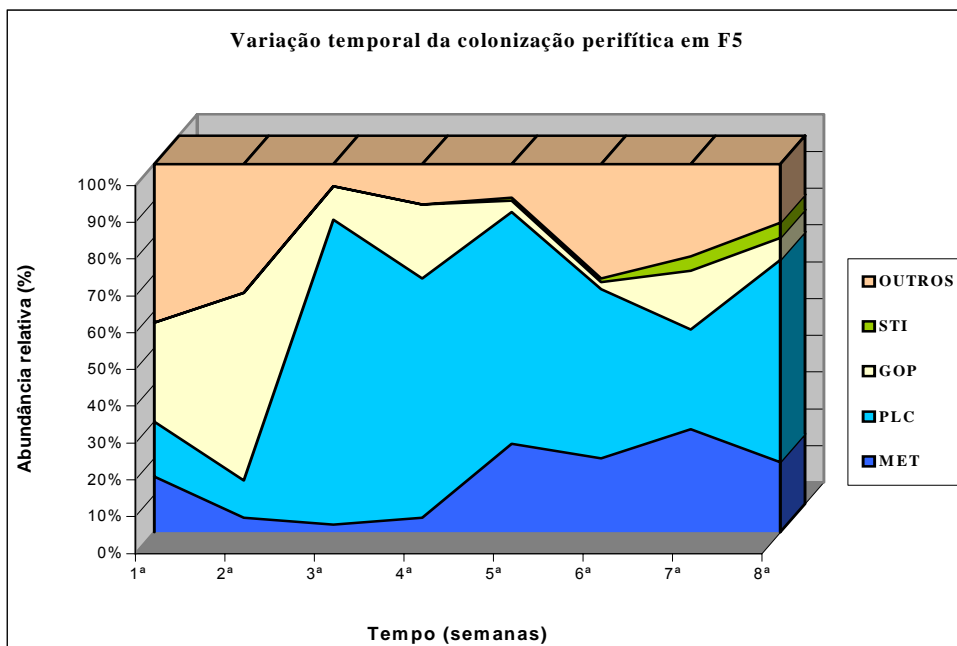


Fig. 20. Variación temporal da porcentagem de colonização de algas perifíticas no substrato médio (F5) da lagoa facultativa 2. Período de colonização: 11/10/2001 a 05/12/2001. . MET=*Merismopedia tenuissima*; PLC= *Planktolyngbya contorta*; GOP= *Gomphonema parvulum*; STI=*Stigeoclonium* sp; OUTROS= as demais algas, menos abundantes, incluindo o total de Cianophyta, Heterokontophyta, Cryptophyta e Chlorophyta.

No substrato médio (F5), 25cm a 50 cm de profundidade na coluna d'água , onde como se pode constatar na tabela 15, com reduzida transparência da água, a cianobactéria

Planktolyngbya contorta nas duas semanas iniciais de colonização iniciam com baixo percentual e alcançam 83% na 3ª semana decaindo levemente com uma variação de 65% na 4ª semana até 27% na 7ª semana e novamente aumentando o seu percentual de abundância. *Merismopedia tenuissima* iniciou o processo de colonização com valores reduzidos de abundância e manteve-se até a 4ª semana, onde apresentou um incremento um pouco maior na sua abundância. Em F5 a diatomácea *Gomphonema parvulum* apresentou um incremento na sua colonização apenas da 1ª a 2ª semana (de 27% a 51%). A partir da 3ª semana há uma redução acentuada atingindo um mínimo de apenas 2% na 6ª semana de colonização, ampliando para 16% na 7ª semana e novamente decrescendo na última semana de colonização. A clorofita *Stigeoclonium* sp já aparece a partir da 5ª semana de colonização, com sua capacidade de prender-se ao substrato devido aos seus filamentos presos a uma base prostrada. (Fig. 34 em Anexos).

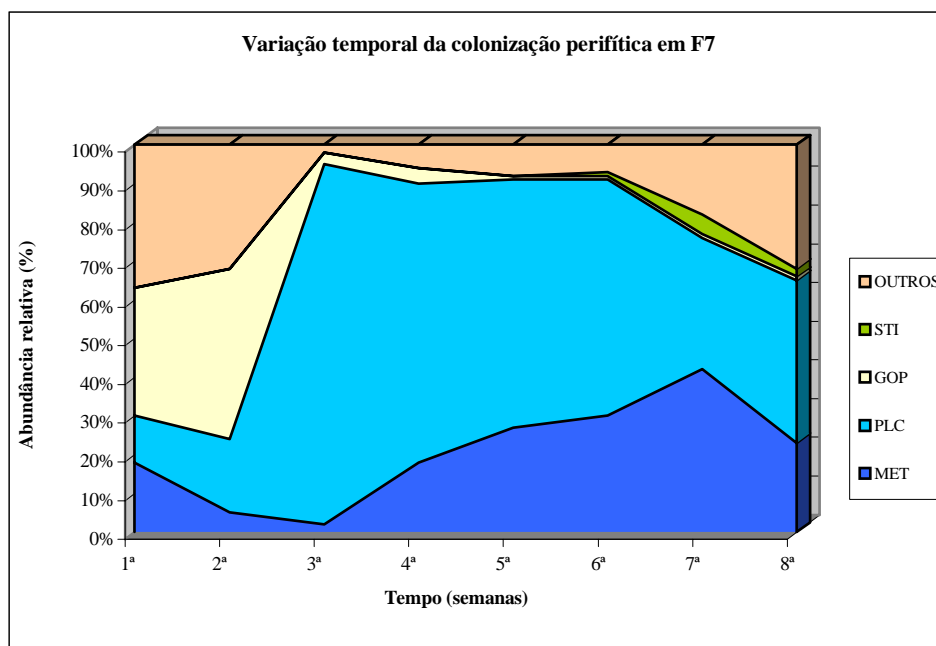


Fig. 21. Variação temporal da porcentagem de colonização de algas ríficas no substrato inferior (F7) da lagoa facultativa 2. Período de colonização: 11/10/2001 a 05/12/2001. MET=*Merismopedia tenuissima*; PLC=*Planktolyngbya contorta*; GOP=*Gomphonema parvulum*; STI=*Stigeoclonium* sp; OUTROS= as demais algas, menos abundantes, incluindo o total de Cyanophyta, Heterokontophyta, Cryptophyta e Chlorophyta.

Observa-se em F7 (fig. 21) nas duas primeiras semanas a dominância da diatomácia *Gomphonema parvulum*, mas a partir da 3ª semana, as cianobactérias passam a dominar mais de 90% da área do substrato colonizada pelo perifíton. *Planktolyngbya contorta* é a cianobactéria com maior abundância relativa da 4ª semana até a 6ª. Na 7ª e 8ª semana observa-se a dominância da cianobactéria *Merismopedia tenuissima*. A partir da 6ª semana a clorofita *Stigeoclonium* sp está representada com até 8% de abundância relativa, confirmando a maturidade do processo sucessional na colonização perifítica.

5.3.8. Variação Temporal da Colonização Perifítica na lagoa de maturação 2

A variação temporal da colonização algal na lagoa de maturação 2 nas três profundidades (M2;M5;M7) está representada nas figuras 22; 23 e 24.

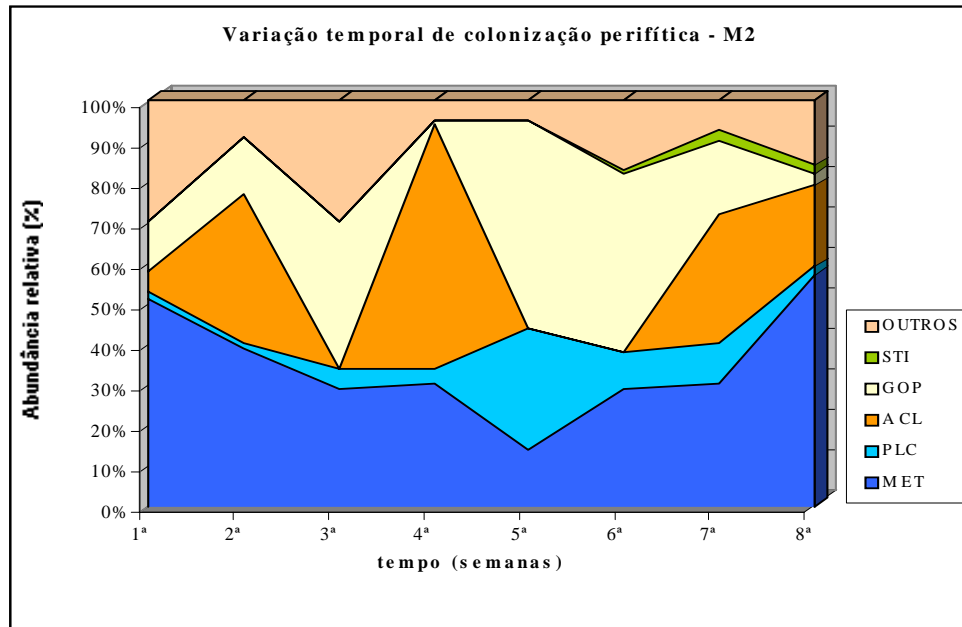


Fig. 22. Variação temporal da porcentagem de colonização de algas perifíticas no substrato superior (M2) da lagoa de maturação 2. Período de colonização: 11/10/2001 a 05/12/2001. MET=*Merismopedia tenuissima*; PLC= *Planktolyngbya contorta*; ACL= *Achnanthes minutissima*; GOP= *Gomphonema parvulum*; STI=*Stigeoclonium* sp; OUTROS= as demais algas, menos abundantes, incluindo o total de Cyanophyta, Heterokontophyta, Cryptophyta e Chlorophyta.

Na camada mais superficial da coluna d'água (0 a 25cm de profundidade) na lagoa de maturação 2 (M2) verifica-se, conforme fig. 22, oscilações na presença e densidade de diatomáceas. *Achnanthes minutissima* apresenta um crescimento exponencial até a 2ª semana chegando a 37% de abundância relativa, cai a zero na 3ª semana e reaparece na 4ª semana com 60% de abundância relativa. Na 5ª e 6ª semana desaparece completamente e ressurge estabilizando-se na 7ª e 8ª semana com 32% e 20%, respectivamente de abundância relativa. A medida que *Achnanthes minutissima* desaparece *Gomphonema parvulum* ocupa o espaço, tornando-se na 5ª e 6ª semana de colonização, a espécie dominante com 54% e 44%, respectivamente, de abundância relativa.

Merismopedia tenuissima inicia o processo de colonização perifítica como a cianobactéria dominante (51% de abundância relativa) vai decrescendo gradualmente até atingir o valor mínimo de 14% na 5ª semana e a partir da 6ª semana reassume seu papel de cianobactéria mais abundante, aumentando gradualmente sua abundância relativa, indo de 29% a 57% de abundância relativa, na última semana de colonização perifítica deste substrato.

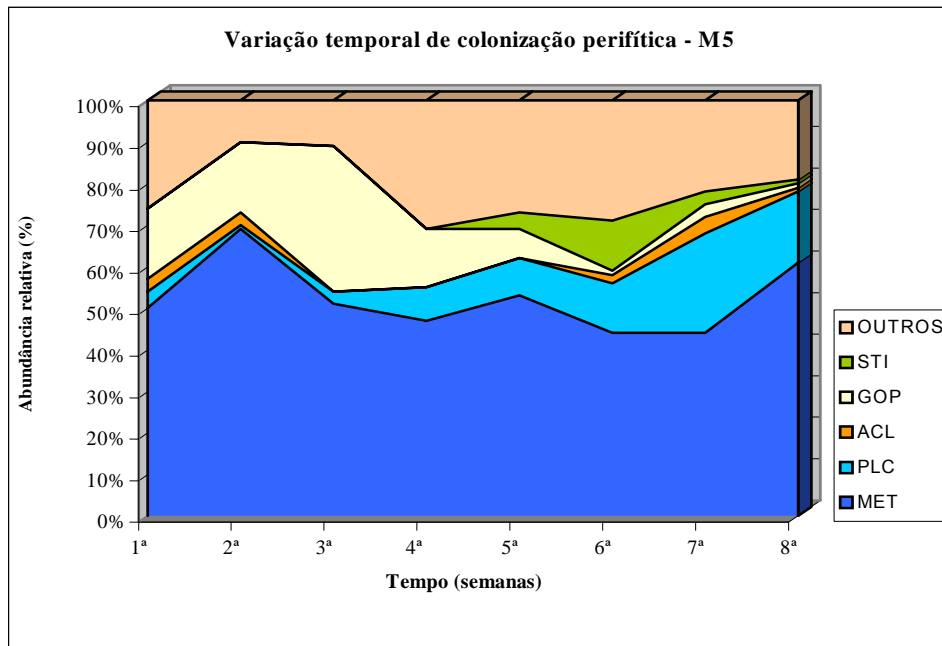


Fig. 23. Variação temporal da porcentagem de colonização perifítica no substrato inferior (M5) da lagoa de maturação 2. Período de colonização: 11/10/2001 a 05/12/2001. MET=*Merismopedia tenuissima*; PLC=*Planktolyngbya contorta*; ACL=*Achnanthes minutissima*; GOP=*Gomphonema parvulum*; STI=*Stigeoclonium* sp; OUTROS= as demais algas, menos abundantes, incluindo o total de Cyanophyta, Heterokontophyta, Cryptophyta e Chlorophyta.

Observa-se no substrato de profundidade intermediária (M5) a dominância desde a 1ª semana de colonização da cianobactéria *Merismopedia tenuissima* com leve decréscimo na 5ª e 6ª semana, quando há um aumento que varia entre 12% e 9% de *Planktolyngbya tenuissima*. Em relação as diatomácias *Gomphonema parvulum* surge com a mesma abundância relativa na 1ª e 2ª semana (17%) na 3ª semana atinge 35% e começa a decrescer daí em diante. *Achnanthes minutissima* inicia o processo de colonização no substrato com abundância relativa em torno de 3%, desaparece da 3ª a 5ª semana retornando com baixo percentual (2%) a partir da 6ª semana. *Stigeoclonium* sp inicia o processo de colonização quando a comunidade perifítica encontra-se num processo de maior maturidade, a partir da 5ª semana e atinge um percentual relevante de abundância relativa na 6ª semana (12%).

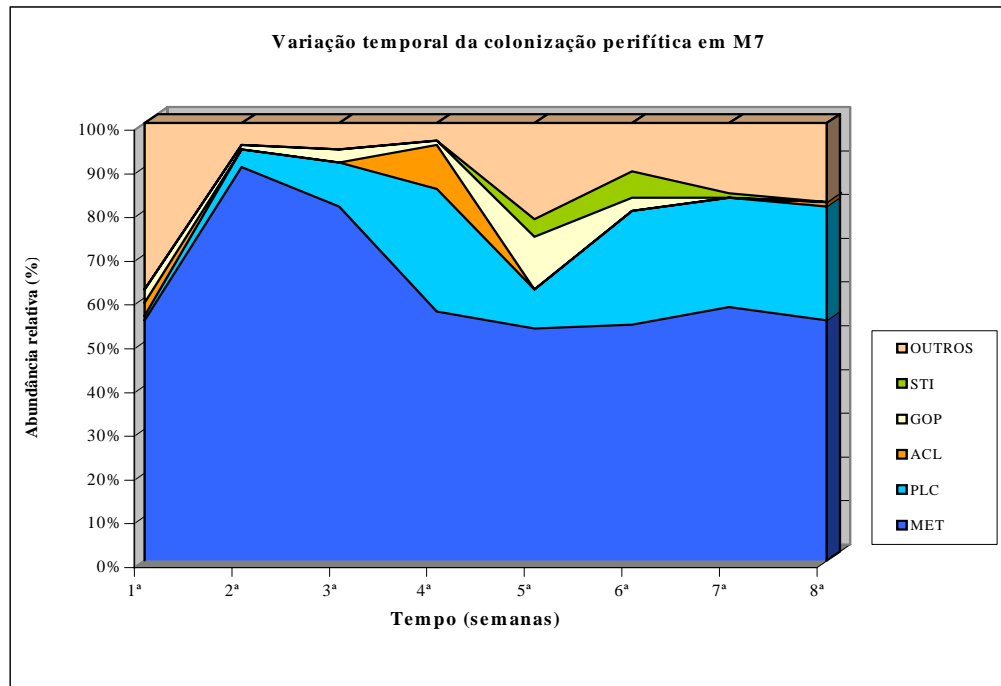


Fig. 24. Variação temporal da porcentagem de colonização perifítica no substrato inferior da coluna d'água (M7), de 50 a 75 cm de profundidade, da lagoa de maturação 2. Período de colonização: 11/10/2001 a 05/12/01. MET=*Merismopedia tenuissima*; PLC=*Planktolyngbya contorta*; ACL=*Achnanthes minutissima*; GOP=*Gomphonema parvulum*; STI=*Stigeoclonium* sp; OUTROS= as demais algas, menos abundantes, incluindo o total de Cyanophyta, Heterokontophyta, Cryptophyta e Chlorophyta.

Verifica-se em M7, estrato inferior na coluna d'água, com baixa incidência luminosa, a grande proliferação de *Merismopedia tenuissima* alcançando no início da colonização (2ª semana) 90% de abundância relativa, decrescendo até a 4ª semana, com 57% e a partir daí, se estabiliza no perifíton como a cianobactéria dominante nesse estrato.

Planktolyngbya contorta inicia o processo de colonização com níveis muito baixos, 1% de abundância relativa na 1ª semana e a partir da 4ª semana se estabiliza com valores de abundância relativa de 28% a 26% na 8ª semana.

Entre a 4ª e 5ª semana inicia-se a colonização perifítica pela Chlorophyceae *Stigeoclonium* sp.

5.4. Padrões de distribuição vertical do perifíton em substrato artificial – ETE Lami – Índices

Na tabela 20 estão representados os Índices de Diversidade Específica, de Riqueza de espécies e de Equitabilidade, do perifíton da lagoa facultativa 1 e na tabela 21 estes mesmos índices referentes à colonização perifítica na lagoa de maturação 2.

Tab. 20. **Lagoa Facultativa1**–Período de exposição do substrato artificial: 10/10/2001 a 05/12/01

Data/ colonização	dias	Profund.	S	N	H'	R ₁	J
17/10 6 dias	F2	12	466.728	1,77925	1,61394	0,71602	
	F5	9	230.294	1,94016	1,30949	0,71602	
	F7	5	155.475	1,76220	1,57424	0,76531	
24/10 13 dias	F2	14	775.481	1,82934	1,77045	0,69318	
	F5	10	351.483	1,69631	1,36968	0,73670	
	F7	11	42.276	1,75056	1,83742	0,73004	
31/10 20 dias	F2	11	575.476	1,40605	1,34891	0,58637	
	F5	11	88.083	0,64089	0,97135	0,35769	
	F7	5	210.336	0,35355	0,66461	0,21967	
07/11 27 dias	F2	13	902.247	1,69872	2,13956	0,59957	
	F5	8	369.496	1,13410	1,06328	0,54539	
	F7	7	225.633	0,89489	0,94092	0,45988	
14/11 34 dias	F2	11	1.126.916	1,48749	1,29919	0,62033	
	F5	11	776.465	1,04490	0,95561	0,50249	
	F7	15	853.628	1,01096	1,61739	0,39414	
21/11 41 dias	F2	14	1.465.929	1,93880	1,67134	0,73466	
	F5	11	564.993	1,51273	1,14177	0,68859	
	F7	10	554.241	1,04424	1,28802	0,45351	
27/11 47 dias	F2	17	1.037.468	2,31533	2,49514	0,77287	
	F5	21	1.040.927	2,27288	2,62342	0,74655	
	F7	13	875.125	1,33415	1,61122	0,52015	
05/12 55 dias	F2	21	1.053.220	2,48692	2,82750	0,79315	
	F5	19	504.458	1,44665	1,88971	0,53420	
	F7	15	897.365	1,47597	1,57405	0,57544	

Legenda: F2 = 0 a 25 cm; F5 = 25 a 50 cm; F7 – 50 a 75 cm; S = nº de espécies; N = nº de indivíduos /cm²; H' = Índice de Diversidade de Shannon & Weaner (1963); R₁ = Índice de Riqueza (Margalef, 1958); J = Equitabilidade (Pielou, 1975, 1977); (Smith, 1993).

Na lagoa facultativa 1 verifica-se menor índice de diversidade na 3ª semana de colonização, em F7, com 0,35355 bits. ind.⁻¹, com o menor número de espécies (S=5). Isto pode ser verificado pelo baixo índice de equitabilidade registrado nesta amostra (0,21967) evidenciando a dominância de uma única espécie, *Planktolyngbya contorta* com 93% de abundância relativa, sendo as demais numericamente pouco representativas. O maior índice de diversidade foi registrado na 8ª semana de colonização, em F2, com 2,48692 bits.ind.cm⁻¹, local onde também foi registrado o maior índice de equitabilidade (0,79315), com uma representatividade de 21 espécies, nesta amostra.

Tab. 21. **Lagoa de Maturação 2**– Período de exposição do substrato artificial:
10/10/2001 a 05/12/01

Data/ dias de colonização	Profund.	S	N	H'	R ₁	J'
17/10 6 dias	M2	16	508.441	1,72750	1,75387	0,65459
	M5	13	217.376	1,75991	1,82859	0,68614
	M7	12	137.241	1,16016	1,69892	0,48382
24/10 13 dias	M2	19	1.186.364	1,54565	2,17247	0,52494
	M5	16	408.041	1,15949	2,08560	0,41820
	M7	14	473.902	0,49319	1,61351	0,19228
31/10 20 dias	M2	13	615.459	1,72683	1,55146	0,69493
	M5	9	220.141	1,16175	0,91254	0,59702
	M7	10	351.313	0,72602	1,04699	0,34914
07/11 27 dias	M2	16	3.381.174	1,15513	1,98163	0,39231
	M5	14	213.419	1,55610	1,86308	0,60668
	M7	12	416.205	1,17821	1,53290	0,49135
14/11 34 dias	M2	13	1.519.335	1,19549	1,15178	0,51919
	M5	12	504.146	1,43551	1,19790	0,65333
	M7	12	1.572.424	1,09653	1,81713	0,39549
21/11 41 dias	M2	19	2.275.368	1,52507	1,58185	0,57788
	M5	18	1.034.497	2,01598	2,10199	0,71155
	M7	17	1.049.398	1,05071	1,67026	0,39814
27/11 47 dias	M2	19	1.983.412	1,82216	2,49373	0,58950
	M5	18	995.156	1,55570	1,67850	0,58949
	M7	13	939.310	1,22000	1,34652	0,50878
05/12 55 dias	M2	17	903.312	1,49448	2,37365	0,50756
	M5	16	751.408	1,23681	2,18036	0,42791
	M7	14	1.570.222	1,29625	1,57190	0,49118

Legenda: F2 = 0 a 25 cm; F5 = 25 a 50 cm; F7 = 50 a 75 cm; S = nº de espécies; N = nº de indivíduos /cm²; H' = Índice de Diversidade de Shannon & Weaner (1963); R₁ = Índice de Riqueza (Margalef, 1958); J' = Equitabilidade (Pielou, 1975, 1977); (Smith, 1993).

Fazendo-se uma análise comparativa do Índice de Diversidade (H) nas três profundidades de exposição do substrato artificial, ao longo do tempo de colonização, na lagoa facultativa 1 (tab. 20), constata-se que, com exceção da 1ª semana, H' em F2 foi sempre superior à F5 e F7, evidenciando maior diversidade na camada mais iluminada da coluna d'água. Em F5, com exceção da 2ª e última semana de colonização teve sempre maior índice de diversidade que em F7, demonstrando que a medida que a penetração da luz diminui na coluna d'água, também diminui a diversidade.

O menor índice de diversidade foi registrado na 3ª semana de colonização, em F7, com 0,35355 bits. ind.cm⁻¹, com menor número de espécies (S=5). Isto pode ser verificado pelo baixo índice de equitabilidade registrado nesta amostra (0,21967) evidenciando a dominância de uma única espécie, *Planktolyngbya contorta* com 93% de abundância relativa (tab.16), sendo as demais numericamente pouco representativas. O maior índice de diversidade foi registrado na 8ª semana de colonização, em F2, com 2,48692 bits.ind. cm⁻¹, local onde também foi registrado o maior índice de equitabilidade (0,79315) com uma representatividade de 21 espécies nesta amostra.

Na lagoa de maturação 2 (tab. 21) o menor índice de diversidade registrado ocorreu na 2ª semana em M7 com 0,49319 bits.ind.cm⁻¹, com S=14, coincidindo com o menor índice de equitabilidade também neste estrato (J'=0,19228). Justifica-se este baixo índice pela dominância da cianobactéria *Merismopedia tenuissima* com 90% de abundância relativa (tab.19). O maior índice de diversidade verificado nesta lagoa foi obtido no estrato médio (M5) na 6ª semana, com H' = 2,01598 bits. ind. cm⁻¹, com 18 espécies diferentes nesta amostra, embora esteja evidente a dominância da cianobactéria *Merismopedia tenuissima* com 44% de abundância relativa (tab.18) houve um equilíbrio entre as diatomáceas e as clorofíceas, ambas apresentando 14 % de abundância relativa.

Isto ocorreu devido ao aparecimento da clorofícea *Stigeoclonium* sp, atingindo 12% de abundância relativa (tab. 18), a qual se estabelece em comunidades perifíticas mais estáveis.

5.5. Classificação e Ordenação das Espécies Perifíticas nas Lagoas de Estabilização

Os resultados da análise de agrupamento das espécies perifíticas, considerando-se as 8 semanas de colonização no substrato artificial da lagoa facultativa 1, estão resumidos nos dendrogramas apresentados nas seguintes figuras: fig. 25, F2= 0 a 25 cm de profundidade; fig.26, F5= 25 cm a 50 cm de profundidade e fig.27, F7= 50 a 75 cm de profundidade.

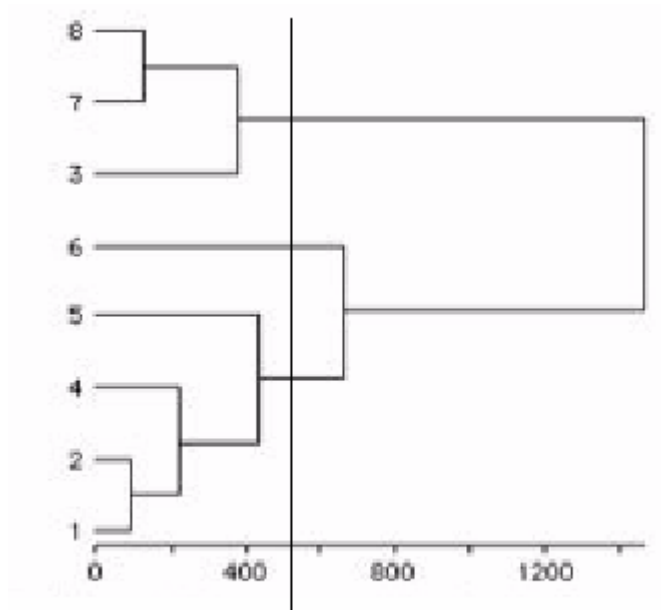


Fig. 25. Dendrograma da análise de semelhança com distância euclidiana pelo método da soma dos quadrados, com os dados quantitativos do perifíton em % de abundância relativa, na profundidade F2 da lagoa facultativa 1. Os n^{os} representam as semanas de colonização.

Legenda: 1 = 1^a semana (11/10 a 17/10/01) 5 = 5^a semana (11/10 a 14/11/01)
 2 = 2^a semana (11/10 a 17/10/01) 6 = 6^a semana (11/10 a 21/11/01)
 3 = 3^a semana (11/10 a 31/10/01) 7 = 7^a semana (11/10 a 27/11/01)
 4 = 4^a semana (11/10 a 07/11/01) 8 = 8^a semana (11/10 a 05/12/01).

A fig. 25 referente à profundidade F2, na lagoa facultativa 1, demonstra a formação de 3 grupos nítidos. O primeiro agrupa a 1^a, 2^a, 4^a e 5^a semana devido ao equilíbrio existente entre o percentual de abundância relativa de cianobactérias e diatomáceas.

O 2^o grupo está representado pela 3^a, 7^a e 8^a semana que se caracteriza pelo percentual mais elevado de abundância relativa da cianobactéria *Planktolyngbya contorta*.

O 3^o grupo está representado pela 6^a semana onde a diatomácea *Gomphonema parvulum* é dominante.

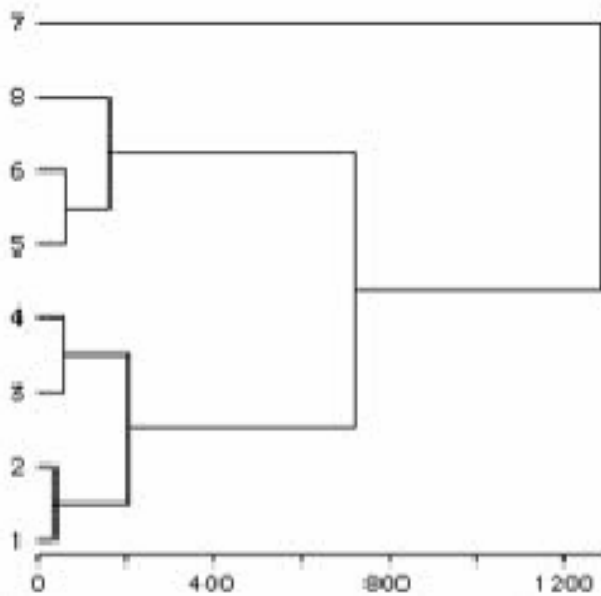


Fig. 26. Dendrograma da análise de semelhança com distância euclidiana pelo método da soma dos quadrados, com os dados quantitativos do perifíton em % de abundância relativa, na profundidade F5 da lagoa facultativa 1. Os n^{os} representam as semanas de colonização.

Legenda: 1 = 1^a semana (11/10 a 17/10/01) 5 = 5^a semana (11/10 a 14/11/01)
 2 = 2^a semana (11/10 a 17/10/01) 6 = 6^a semana (11/10 a 21/11/01)
 3 = 3^a semana (11/10 a 31/10/01) 7 = 7^a semana (11/10 a 27/11/01)
 4 = 4^a semana (11/10 a 07/11/01) 8 = 8^a semana (11/10 a 05/12/01).

A fig. 26 referente à profundidade F5, na lagoa facultativa 1, demonstra a formação de 4 grupos nítidos. O grupo 1 abrange a 1^a e 2^a semanas que se caracterizam pela dominância da diatomácea *Gomphonema parvulum*, sendo que nesse grupo a diatomácea *Gomphonema gracile* aparece como a segunda espécie com maior percentual de abundância relativa nessa profundidade. O grupo 2 está representado pela 3^a e 4^a semanas que se caracterizam pela dominância quase exclusiva das cianobactérias, principalmente *Planktolyngbya contorta*. O grupo 3 contém a 5^a, 6^a e 8^a semanas, onde o percentual de abundância de diatomáceas foi muito reduzido e ocorreu o aparecimento de novas espécies de cianobactérias. O grupo 4 está representado pela 7^a semana que se caracteriza pelo aparecimento da Chlorophyceae *Stigeoclonium* sp.

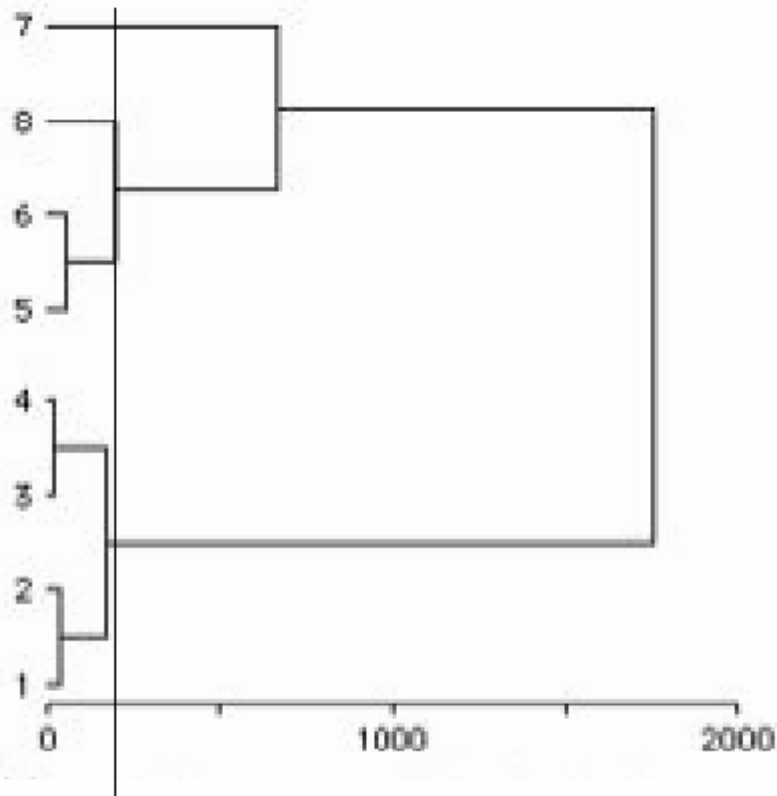


Fig. 27. Dendrograma da análise de semelhança com distância euclidiana pelo método da soma dos quadrados, com os dados quantitativos do perifíton em % de abundância relativa, na profundidade F7 da lagoa facultativa 1. Os n^{os} representam as semanas de colonização.

Legenda: 1 = 1^a semana (11/10 a 17/10/01) 5 = 5^a semana (11/10 a 14/11/01)
 2 = 2^a semana (11/10 a 17/10/01) 6 = 6^a semana (11/10 a 21/11/01)
 3 = 3^a semana (11/10 a 31/10/01) 7 = 7^a semana (11/10 a 27/11/01)
 4 = 4^a semana (11/10 a 07/11/01) 8 = 8^a semana (11/10 a 05/12/01).

A fig. 27 referente à profundidade F7, na lagoa facultativa 1, demonstra a formação de 4 grupos nítidos. O grupo 1 abrange a 1^a, 2^a, 3^a e 4^a semanas que se caracterizam pelo percentual muito reduzido de Chlorophyceae. O grupo 2 está representado pela 5^a e 6^a semanas que se caracterizam pela dominância quase exclusiva das cianobactérias. O grupo 3 abrange a 7^a semana, onde ocorre um substituição de diatomáceas por Chlorophyceae. O grupo 4 está representado pela 8^a semana, a qual se caracteriza pelo aparecimento da cianobactéria *Woronochinia* sp, com expressivo percentual de abundância.

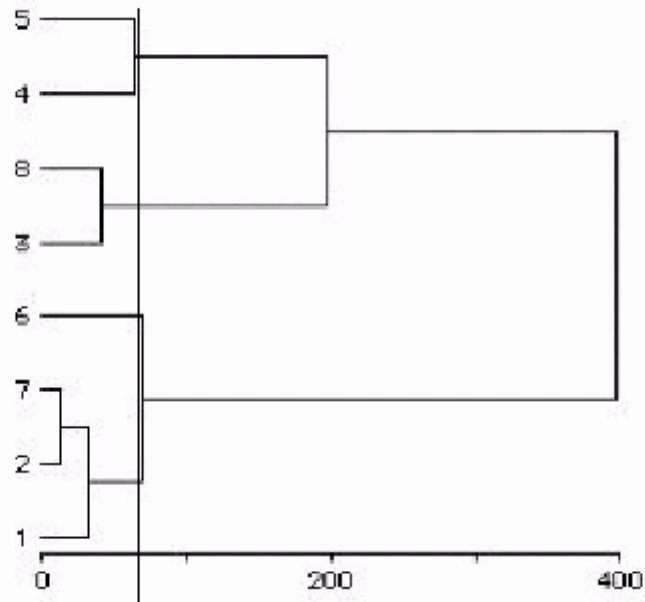


Fig. 28. Dendrograma da análise de semelhança com distância euclidiana pelo método da soma dos quadrados, com os dados quantitativos do perifíton em % de abundância relativa, na profundidade M2 da lagoa de maturação 2. Os n^{os} representam as semanas de colonização.

Legenda: 1 = 1^a semana (11/10 a 17/10/01) 5 = 5^a semana (11/10 a 14/11/01)
 2 = 2^a semana (11/10 a 17/10/01) 6 = 6^a semana (11/10 a 21/11/01)
 3 = 3^a semana (11/10 a 31/10/01) 7 = 7^a semana (11/10 a 27/11/01)
 4 = 4^a semana (11/10 a 07/11/01) 8 = 8^a semana (11/10 a 05/12/01).

A fig. 28 referente à profundidade M2 na lagoa de maturação 2, demonstra a formação de 4 grupos nítidos. O grupo 1 abrange a 1^a, 2^a, e 7^a semanas que se caracterizam por uma distribuição equilibrada no percentual de abundância relativa entre cianobactérias e diatomáceas. O grupo 2 está representado pela 3^a e 8^a semanas que se caracterizam pela dominância de uma única espécie. O grupo 3 abrange a 4^a e 5^a semana, onde ocorre a dominância exclusiva de diatomáceas. O grupo 4 está representado pela 6^a semana, a qual se caracteriza pela dominância de *Gomphonema parvulum*.

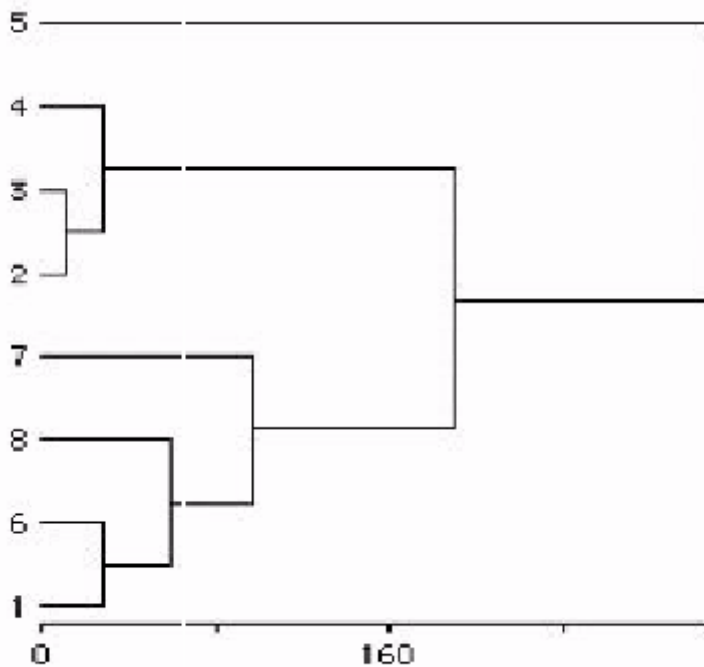


Fig. 29. Dendrograma da análise de semelhança com distância euclidiana pelo método da soma dos quadrados, com os dados quantitativos do perifíton em % de abundância relativa, na profundidade M5 da lagoa de maturação 2. Os n^{os} representam as semanas de colonização.

Legenda: 1 = 1^a semana (11/10 a 17/10/01) 5 = 5^a semana (11/10 a 14/11/01)
 2 = 2^a semana (11/10 a 17/10/01) 6 = 6^a semana (11/10 a 21/11/01)
 3 = 3^a semana (11/10 a 31/10/01) 7 = 7^a semana (11/10 a 27/11/01)
 4 = 4^a semana (11/10 a 07/11/01) 8 = 8^a semana (11/10 a 05/12/01)

A fig. 29 referente à profundidade M5 na lagoa de maturação 2, demonstra a formação de 4 grupos nítidos. O grupo 1 abrange a 1^a, 6^a, e 8^a semanas que se caracterizam pelo aparecimento de outras espécies de cianobactérias. O grupo 2 está representado pela 2^a, 3^a e 4^a semanas que se caracterizam pela dominância de uma única espécie de cianobactéria *Merismopedia tenuissima*. O grupo 3 abrange a 5^a semana, onde ocorre o equilíbrio entre espécies de diatomáceas e de Chlorophyceae com mesmo valor de abundância relativa (14%). O grupo 4 está representado pela 7^a semana, a qual se caracteriza pela abundância relativa expressiva da Chlorophyceae *Stigeoclonium* sp.

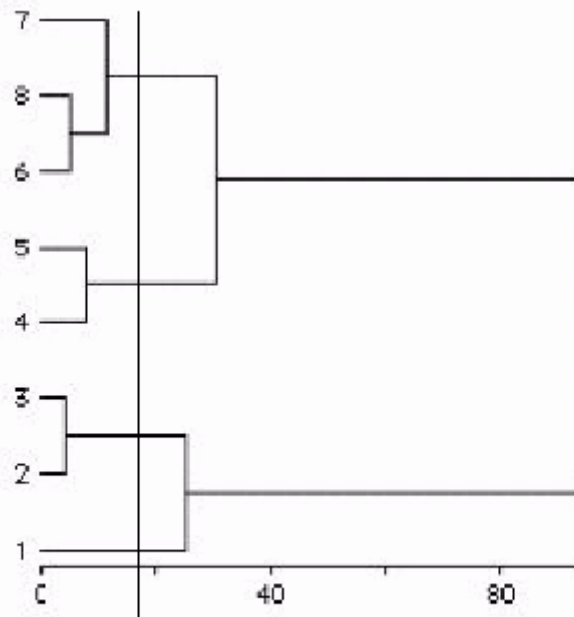


Fig. 30. Dendrograma da análise de semelhança com distância euclidiana pelo método da soma dos quadrados, com os dados quantitativos do perifíton em % de abundância relativa, na profundidade M7 da lagoa de maturação 2. Os n^{os} representam as semanas de colonização.

Legenda: 1 = 1^a semana (11/10 a 17/10/01) 5 = 5^a semana (11/10 a 14/11/01)
 2 = 2^a semana (11/10 a 17/10/01) 6 = 6^a semana (11/10 a 21/11/01)
 3 = 3^a semana (11/10 a 31/10/01) 7 = 7^a semana (11/10 a 27/11/01)
 4 = 4^a semana (11/10 a 07/11/01) 8 = 8^a semana (11/10 a 05/12/01)

A fig. 30 referente à profundidade M7 na lagoa de maturação 2, demonstra a formação de 4 grupos nítidos. O grupo 1 abrange a 1^a semana que se caracteriza pelo equilíbrio entre o percentual de abundância relativa de cianobactérias e o somatório de diatomáceas e Chlorophyceae. O grupo 2 está representado pela 2^a e 3^a semanas que se caracterizam pela dominância exclusiva da cianobactéria *Merismopedia tenuissima*, apresentando um percentual de abundância relativa superior a 90%. O grupo 3 abrange a 4^a e 5^a semanas, onde ocorre o aparecimento de novas espécies de cianobactérias. O grupo 4 está representado pela 6^a, 7^a e 8^a semanas, onde embora ocorra a dominância da cianobactéria *Merismopedis tenuissima*, ocorreu a colonização perifítica pela Chlorophyceae *Stigeoclonium* sp.

5.6. Testes de Aleatorização

A comparação entre as duas lagoas por testes de aleatorização resultou em diferenças significativas nas três profundidades em que foram expostos os substratos artificiais.

Entre a camada superficial da água até 25 cm de profundidade (F2 e M2) e a camada intermediária (F5 e M5) de 25 cm a 50 cm de profundidade há diferença significativa, com $P = 0,013$. Relacionando F2 e M2 com F7 e M7 (50 a 75 cm de profundidade) constata-se que existe diferença significativa, com $P = 0,001$. Entre F5 e M5 com F7 e M7 verifica-se que existe diferença significativa, sendo $P = 0,033$.

6. DISCUSSÃO

6.1. Estrutura da Comunidade Perifítica em Substrato Artificial nas Lagoas de Estabilização e o Tempo de Colonização

Em relação ao tempo necessário para o estabelecimento de comunidades perifíticas em um substrato, Panitz (1980), Soares (1981), Lobo & Toniolli (1985) citam que a comunidade começa a se estabilizar após a 4ª semana de exposição e que para estudos comparativos este tempo de permanência era suficiente.

Para Chamixaes (1991), comunidades perifíticas de curtos períodos de exposição apresentam uma composição pouco estável e desuniforme. À medida que aumenta o tempo de exposição, até a 4ª semana, esta comunidade se torna mais estável e mais parecida com a comunidade natural.

Lobo & Toniolli (1985) demonstraram que o tempo necessário para o estabelecimento da comunidade do perifíton diminui significativamente com a profundidade. Neste experimento confirma-se essa constatação, pois o estabelecimento da comunidade perifítica, nos substratos mais profundos na coluna d'água ocorreu a partir da 3ª semana de colonização (figs.20, 21,24 e 25).

Neste trabalho, comparando-se as comunidades em fase estável de colonização (em torno de 4 semanas) observou-se, na lagoa facultativa 1, no estrato superior (F2) a dominância da diatomácia *Gomphonema parvulum* com sistema de fixação por talos mucilaginosos até a 6ª semana de colonização. A partir daí, a espécie dominante passa a ser *Planktolingbya contorta*. Nos estratos médio e inferior da coluna d'água (F5 e F7) esta cianobactéria estabelece uma relação de dominância, a partir da 3ª semana de colonização.

Como se pode verificar na fig. 19 a fase inicial da colonização perifítica em F2 caracteriza-se por um crescimento linear das duas espécies dominantes citadas.

A fase inicial em F5 e F7 é caracterizada por um rápido crescimento exponencial da espécie de cianobactéria dominante (figs. 20 e 21).

Comparando-se com a colonização algal que ocorre nos substratos artificiais da lagoa de maturação 2, observa-se uma oscilação muito grande no desenvolvimento da sucessão, com substituições e adições de espécies nos vários estágios sucessionais, ao longo do tempo e do espaço.

Margalef (1968) observou que a adição de novas espécies à comunidade é aumentada por longos períodos de exposição, pelo aumento dos nichos. Na ETE Lami, tanto na lagoa facultativa 1, como na lagoa de maturação 2 observou-se comportamento semelhante, principalmente no estrato superior, onde em F2, o número de espécies varia de 11 a 20. É interessante ressaltar que a partir da 5ª semana de colonização ocorreram novas espécies de cianobactérias e o aparecimento de formas filamentosas de clorofíceas, como *Stigeoclonium* sp, representando o perifíton verdadeiro. *Stigeoclonium* sp apresenta filamentos simples com um sistema de ramificações prostrado e um sistemas de ramificações ereto. Isto lhe confere a capacidade de fixação ao substrato, formando emaranhados, os quais envolvem espécies pseudo-perifíticas, muito frouxamente associadas ao substrato (fig. 34).

Lobo, Callegaro & Hermany (2002) relacionam a presença de diatomáceas, entre elas, *Achnanthes minutissima* e *Gomphonema parvalum* à sistemas altamente eutrofizados. Esta pesquisa detectou a alternância contínua entre as duas diatomáceas dominantes *Achnanthes minutissima* e *Gomphonema parvalum* na lagoa de maturação 2, na profundidade M2 (fig.22). *Achnanthes minutissima* apresenta um crescimento exponencial até a 2ª semana, cai a zero na 3ª semana e reaparece na 4ª semana com 60% de abundância relativa. Na 5ª e 6ª semana desaparece completamente e ressurgue estabilizando-se na 7ª e 8ª semana. A medida que *Achnanthes minutissima* desaparece *Gomphonema parvulum* ocupa o espaço, tornando-se

na 5ª e 6ª semana de colonização, a espécie dominante com 51% e 44%, respectivamente, de abundância relativa (tab.17).

Uma das substituições evidentes de espécies dominantes ocorreu com a cianobactéria *Planktolyngbya contorta*, dominante na lagoa facultativa 1, com 83% de abundância relativa na 3ª semana, a qual foi substituída pela cianobactéria *Merismopedia tenuissima*, na lagoa de maturação 2, onde em M5 (fig 23) e M7(fig.24), atingiu em torno de 90% de abundância relativa na 2ª semana de colonização. Segundo Nevo & Wasser (2000) essa cianobactéria é comum em águas estagnadas eutróficas de água doce, fertilizadas ou poluídas, também em água salobra, bêntica, perifítica, raramente planctônica. Em relação as diatomácias ocorreu substituição de *Gomphonema parvulum*, com abundância relativa até 51%, também na profundidade F5, na 2ª semana, por *Achnanthes minutissima* que atingiu 90% de abundância relativa, em M7, na 2ª semana de colonização.

Todas essas relações de dominância e as substituições de espécies, nos diferentes estratos da coluna d'água, nas duas lagoas de estabilização são confirmadas pelas análises de agrupamento e representadas nos dendrogramas pelas figuras de 25 a 30.

6.2. A Diversidade de Espécies e o Tempo de Colonização Perifítica nas Lagoas de Estabilização

Na lagoa facultativa 1, nas três profundidades a riqueza específica variou de 11 a 21 táxons em F2, de 8 a 21 táxons em F5 e de 5 a 15 em F7 (tab. 20), enquanto que na lagoa de maturação 2 a variação da riqueza específica foi de 13 a 19 em M2, de 9 a 18 em M5 e de 12 a 17 táxons em M7 (tab. 21).

Fazendo-se uma análise comparativa do índice de diversidade (H') nas três profundidades de exposição do substrato artificial, ao longo do tempo de colonização, na lagoa facultativa 1 (tab.20), constata-se que, com exceção da 1ª semana, H' foi sempre superior em F2 à F5 e F7, evidenciando maior diversidade na camada mais iluminada da coluna d'água. Em F5, com exceção da 2ª e última semana de colonização apresentou sempre maior índice de diversidade que em F7, demonstrando que à medida que a penetração da luz diminui na coluna d'água também diminui a diversidade.

Na lagoa de maturação 2 (tab 21) justifica-se o baixo índice de diversidade apresentado no estrato inferior da coluna d'água (M7) pela dominância da cianobactéria *Merismopedia tenuissima* com 90% de abundância relativa. Embora esta amostra apresente maior número de espécies que em F7, na 3ª semana, as demais espécies não possuem representatividade numérica, variando de 0,1 a 4,5 de abundância relativa. O maior índice de diversidade verificado nesta lagoa foi obtido no estrato médio (M5) na 6ª semana, embora esteja evidente a dominância da cianobactéria *Merismopedia tenuissima* com 44% de abundância relativa houve um equilíbrio entre diatomácias (14%) e clorofíceas (14%). Isto ocorreu pelo estabelecimento na comunidade perifítica da clorofícea *Stigeoclonium* sp (12%), que se caracteriza pela permanência em comunidades perifíticas mais estáveis. Verifica-se também, em relação às diatomáceas, um ressurgimento de *Achnanthes minutissima* em contraste com a diminuição de *Gomphonema parvulum*, como se pode constatar na fig. 23.

Beyruth, Calfeff & Ferragut (1998) constataram que a elevada riqueza e densidade encontradas para as Bacillariophyceae associadas ao perifíton indicam que este grupo pode ser bem representado nesse tipo de comunidade. Pelos resultados obtidos na presente pesquisa verifica-se que os índices de diversidade, riqueza específica e de equitabilidade são influenciados pela alternância de dominância entre as diatomáceas *Gomphonema parvulum* e *Achnanthes minutissima*. Constata-se todavia, a supremacia em número de espécies, de

cianobactérias que em ambientes eutróficos, como são as lagoas de estabilização, apresentam estratégias de competição mais eficientes do que as demais classes de algas.

A expressão da estrutura da comunidade perifítica no tempo pode ser dada por uma lista de espécies registradas no tempo e os respectivos índices de diversidade e equitabilidade (Chamixaes (1991). Os resultados discutidos acima confirmam a afirmação da autora a respeito da diversidade de espécies e o tempo de colonização perifítica detectado nas lagoas de estabilização estudadas.

6.3. Nutrientes, Composição de Espécies e sua Relação com o Tempo de Colonização Perifítica em Substrato Artificial

Pode-se verificar uma relação entre os nutrientes retirados dos substratos artificiais e a estrutura da comunidade de algas perifíticas.

Na lagoa facultativa 1 os valores de fósforo total (tab. 9), na profundidade F5, principalmente a partir da 4ª semana de colonização, atingiram até 2,6 µg/cm² do substrato colonizado. Se compararmos os valores de Ptotal na lagoa facultativa 1, observa-se que na 8ª semana houve um aumento de mais de 8,6 vezes em F2 e F5 e de 11 vezes em F7. Aumento significativo também foi observado na lagoa de maturação 2, onde na 8ª semana os valores de Ptotal aumentaram mais de 24 vezes na profundidade M2, mais de 11 vezes na profundidade M5 e mais de 15 vezes em M7.

Os valores de nitrogênio total (tab.11) alcançaram até 326 µg/cm², na 6ª semana de colonização e na profundidade F7. Comparando os valores de Ntotal na lagoa facultativa 1, observa-se que na 8ª semana, a concentração deste nutriente em relação a 1ª semana em F2, foi de mais de 1,3 vezes em F5 e de mais de 4 vezes em F7. Na lagoa de maturação houve um aumento de mais de 12 vezes em M2, de mais de 2,6 vezes em M5 e de mais de 14 vezes em M7.

Constata-se que os valores dos nutrientes coincidem com altos percentuais de abundância relativa de cianobactérias nas camadas mais escuras das duas lagoas. Na lagoa de maturação 2 os níveis de fósforo (tab.10) e nitrogênio (tab. 12) apresentam-se elevados, principalmente na última semana de colonização perifítica, também com dominância de cianobactérias. A maior abundância de cianobactérias em águas eutrofizadas justifica-se pela capacidade que possuem de desenvolver-se em ambientes com baixa concentração de CO₂, característica comum em águas enriquecidas por nutrientes provenientes de esgotos domésticos, o que provoca altas densidades com eventuais florações de cianobactérias, muitas delas potencialmente tóxicas (Shapiro, 1973; Branco, 1986).

Conforme Peinador (1999) outro fator que provoca o aumento de cianobactérias é o fato de possuírem pigmentos fotossintéticos, os quais aproveitam melhor a luz e impedem que penetre nas camadas mais inferiores da coluna d'água, não permitindo, dessa forma, o desenvolvimento de muitas clorofíceas.

Na literatura existem controvérsias a respeito de que alterações nos níveis de nutrientes em ambientes aquáticos são capazes de alterar a composição das espécies. Hill e Knight (1988) e Marks & Lowe (1993) sugerem que outros fatores que não os nutrientes determinam a presença de *Nitzschia palea* em ambientes enriquecidos por nutrientes. Entretanto, Davis *et al* (1990) afirmam que, quando os níveis de P e N são relativamente altos e a luz solar é suficiente, clorofíceas filamentosas como *Cladophora glomerata* e *Stigeoclonium tenue* tornam-se abundantes. Tanto na lagoa facultativa 1 como na lagoa de maturação 2, a partir da 6ª semana o substrato é colonizado pela Chlorophyceae *Stigeoclonium* sp, coincidindo com os valores mais elevados de P e N. *Stigeoclonium* segundo Davis et al (1990) é um táxon encontrado frequentemente em habitats hipereutróficos.

Cattaneo (1987) cita como principais fatores intervenientes a transparência da água e o pastejo sobre o perifíton. As lagoas de estabilização se caracterizam por ambientes aquáticos altamente eutróficos e apresentam transparência da água reduzida, sendo que na lagoa facultativa 1, a transparência da água varia de 21 cm a 28 cm com uma média de transparência Secchi de 24 cm (tab.1). A lagoa de maturação 2 apresenta uma variação de 25 cm a 29 cm de transparência da água, e a média de 27 cm de transparência Secchi, demonstrando por esse e outros parâmetros registrados na tab. 2 ser esta lagoa menos eutrofizada que a lagoa facultativa 1.

Achnanthes minutissima, uma Bacillariophyta que apresentou elevado percentual de abundância relativa na lagoa de maturação 2, na camada mais superficial da coluna d'água, segundo Fairchild et al. (1985); Mc Cornik & Stevenson (1989) e Stevenson (1996) prefere ambientes enriquecidos ou de P ou de N.

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste ambiente altamente eutrófico, resultante de um combinado de esgotos domésticos e lixiviado de aterro sanitário que passam por processos naturais de estabilização da matéria orgânica, a presente pesquisa de colonização perifítica em substratos artificiais proporcionou as seguintes considerações:

1. Cianofíceas foram colonizadoras eficientes, ao contrário das clorofíceas que provavelmente exigem maior estabilidade da comunidade
2. A comunidade de algas perifíticas começa a se estabilizar em torno da 5ª semana de colonização no estrato superficial de coluna d'água (F2), na lagoa facultativa, a mais eutrofizada.
3. A comunidade de algas começa a se estabilizar nos estratos mais escuros de coluna d'água a partir da 3ª semana de colonização em lagoas altamente eutróficas de ETE Lami.
4. Em lagoas de maturação, menos eutrofizadas, no estrato superior da coluna d'água, a colonização começa a se estabilizar a partir da 5ª semana.
5. As espécies que colonizam o substrato e que permanecem presas a ele durante todo o processo sucessional são as mais tolerantes às condições do meio.
6. Foram identificados na lagoa facultativa 1, 30 táxons, sendo 7 de Cyanophyceae, 11 de Bacillariophyceae, 11 Chlorophyceae e 1 Cryptophyceae.
7. Foram identificados na lagoa de maturação 2, 32 taxons, sendo 7 de Cyanophyceae, 11 de Bacillariophyceae e 14 de Chlorophyceae.
8. Há diferenças entre a composição e a estrutura de comunidades de algas perifíticas, de acordo com o tempo de exposição quando crescendo sobre um mesmo substrato.
9. A sucessão temporal em lagoas de estabilização é heterogênea porque a colonização é agregada, ocorrendo alternância de dominância, substituição de espécies e adições de novas espécies ao longo do tempo.
10. O índice de diversidade expresso em $\text{bits} \cdot \text{ind}^{-1}$ foi maior na lagoa facultativa 1 no estrato superior, com maior incidência luminosa e, na lagoa de maturação 2, foi maior nos estratos médio e inferior, com menor incidência luminosa. Estes valores coincidem com o índice de equitabilidade.
11. Os elevados valores de P e N do perifíton indicam possível eficiência do substrato artificial para a remoção de nutrientes.
12. O sistema é efetivamente autotrófico, com exceção de alguns pontos de fundo devido a precipitação da matéria orgânica. Isto prova que as lagoas de estabilização da ETE Lami cumprem o seu papel de estabilização da matéria orgânica.

8. PERSPECTIVAS

Com base nos resultados desse estudo e a fim de que as conclusões aqui apresentadas possam ser aprofundadas sugiro estudos mais detalhados em relação aos seguintes aspectos:

- Análise da sucessão perifítica com períodos de amostragens mais longos;
- Realização de bio-ensaios para verificar se variações de concentração dos principais nutrientes, P e N, estimulam a produção do perifíton;
- Realização de monitoramento sobre a presença de nutrientes, especialmente P e N, nos esgotos tratados, responsáveis pela eutrofização dos corpos de água receptores;
- Utilização de diferentes tipos de substratos artificiais, em novos experimentos, em lagoas de estabilização ou similares, de Estações de Tratamento de Esgotos para verificar a eficiência de remoção de nutrientes e microrganismos.

9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

APHA – American Publication Health Association. **Standard Methods for the examination of water and Wastewater**. Ed. Washington D.C., USA, 1995.

Anagnostidis, K., Komárek, J. **Modern approach to the classification system of cyanophytes** – 3 – Oscillatoriales: Arch. Hydrobiol./ Suppl. v. 80, n. 1-4, Algal Studies, Stuttgart, v. 50-53, p. 327-472, 1988.

Behning, A. Das Leben der Wolga. Zugleich eine Einführung in die Fluss-B iologie. In: **Die Binnengewässer III**. Stuttgart: Thienemann, A 1928. 168p.

Beyruth, Z. Caleffi, S. & Ferragut, C. Fases da reabilitação natural de lagos originados por extração de areia: macrófitas e organismos associados. **Acta Limnologica Brasiliensis**. v. 10(1), 1998. p.49-65.

Bicudo, C.E.M., Bicudo, R. M. T. **Algas continentais brasileiras. Chave Ilustrada para identificação de gêneros**. São Paulo: Fundação Brasileira para o Desenvolvimento do Ensino de Ciências, 1970. 228p.

Bicudo, C.E.M. Metodologia para o estudo qualitativo das algas do perifíton. **Acta. Limnol. Brasil.**, v.3, p.477-491, 1990.

Bicudo, D.C. **Algas epifíticas (exceto diatomáceas) do Lago das Ninféias, São Paulo. Levantamento e Aspectos Ecológicos**. Tese de Doutorado. Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho. 1984. 479p.

Bicudo, D.C. Considerações sobre metodologias de contagem de algas do perifíton. **Acta. Limnol. Brasil.**, v3, p. 459-475, 1990^a

Biggs, B. J. F., & Thomsen, H. A. Disturbance in stream periphyton by perturbations in shear stress: time to structural failure and differences in community resistance. **J. Phycol.** 31, p.233-24. 1995.

Bourrelly, P. **Les algues d'eau douce: initiation à la Systematique. Tome II. les algues jaunes et brunes Chrysophycées, Pheophycées, Xantophycées et Diatomées**. Paris: Ed. N. Boubée, 1968. 438p.

Branco, S.M. **Hidrobiologia Aplicada em Engenharia Sanitária**. São Paulo. CETESB, 3^a 3 ed. 640 p. 1986.

Brown, S. D., Austin, A. P. A method of collecting periphyton in lentic habitats with procedures for subsequent sample preparation and quantitative assessment. **Int. Revue ges. Hydrobiol.** v. 56, n. 4. p. 557-580. 1971.

Burkholder, J. M. *et al.* Direct comparison of phosphatenuptake by adnate and loosely attached microalga within an intact biofilm matrix. **Appl. Envirom. Microbiol.** 56, 2882 – 2898. 1990.

Cairns, J. & Dickson, K.L. **An ecosystematic study of the South River, Virginia. Blacksburg.** VA: Virginia Polytechnic Institute, Water Resources Research Center, Bull. 54 viii. P. 1 = 104. 1972.

Cardoso, L. S., **Variação da estrutura planctônica da lagoa Itapeva (Sistema Lagunar Costeiro do Rio grande do Sul) em função da hidrodinâmica.** Porto Alegre, 2001. 466p. Tese de Doutorado – UFRGS.

Carpenter, S.R. et al. Nonpoint pollution of surface waters with phosphorus and nitrogen. **Ecol. Appl.** v.8, n. 3, p. 559-568. 1998.

Castenholz, R. W. **Seasonal changes in the attached algae of freshwater and saline lakes in the Lowet Grand Coulee,** Washington. *Limnol. Oceanogr.* , v. 5(1), p. 1-28. 1960.

Cattaneo, A . *et al.*. The development of benthonic phytoecoenosis on artificial substrates in the Ticini River. **Oecologia.** 19, p.315-327.1975.

Cattaneo, A, The antropogenically stressed periphyton of lake Orta, Italy. **Hydrobiologia,** v. 206, p.1-10,1992.

Cattaneo, A et al. Periphyton distribution and abundance on substrata of defferent of stream trophy. **Hydrobiologia,** v.354, p.101-110, 1997.

Chamixaes, C.B.C.B. **Variação temporal e espacial da biomassa das algas perifíticas relacionadas com as condições ambientais de pequenos rios da bacia hidrográfica do Ribeirão do Lobo (Itirapina-SP).** São Carlos, 1991. 334p. Tese de Doutorado – UFSCar.

Cooke, W.M.B. Colonization of artificial bare areas by microorganisms. **Bot. Rev.,** v. 22 (9), p.613-639. 1956.

Coste, M.; Bosca, C; Dauta, A. In: Witton, B.A.; Rott, E; Friwdrich, G. (eds.). **Use of algae for monitoring rivers in France.** Institut fuir Botanik, Universitat Innsbruck, Austria, p. 75 a 86. 1991.

Davis, L. S., Hoffmann, J. P., and Cook, P. W. Seasonal sucesion of algal periphyton from a wastewater treatment facility. J. **Phycol.** 26, p.611-617. 1990.

Dodds, W. K., Priscu, J.C. Mesocosm studies on the influence of phosphate enrichment on ammonium and nitrate flux in a oligotrophic lake. **Hydrobiologia,** v, 206, p. 235-246, 1990.

Economou-Amili. A.,. Periphyton analysis for the evaluation of water quality in running water of Greece. **Hydrobiologia** . 74. p. 39-48. 1980.

Eloranta, P. **Periphyton diatoms as indicators of lake acidity.** Verh. Internat. Verein. Limnol., v. 23, p. 470-473, 1998.

Engle, D.L. & Melack, J.M. Floating meadow epiphyton: biological and chemical features of epiphytic material in an Amazon floodplain lake. **Freshwater Biology,** v. 23, p. 479-494. 1990.

Esteves, M.R. **Dinâmica da fixação de nitrogênio pela comunidade perifítica de *Eicthornia azurea* Kunth em um ecossistema da planície de inundação do rio Mogi-Guaçu (Lagoa do Infernã, SP)**. PPG-ERN/UFSCar, São Carlos, SP. 1991. 122p. Dissertação de Mestrado.

Esteves, F. A. **Fundamentos da Limnologia**. Ed. Interciência/ FINEP. Rio de Janeiro. 1998. p.602.

Facchin, J. M. J. *et al.* Avaliação do tratamento combinado de esgoto e lixiviado de aterro sanitário na ETE Lami (Porto Alegre) após o primeiro ano de operação. In: **XXVII Congresso Interamericano de Engenharia Sanitária e Ambiental**. 2000

Fairchild, G. W. *et al.* situ **Algal periphyton growth on nutrient-diffusing substrates: An in bioassay**. Ecology. 66, 465 a 472. 1985.

Fernandes, V. O. **Varição temporal da estrutura e dinâmica da comunidade perifítica, em dois tipos de substratos, na lagoa Imboacica, Macaé (RJ)**. São Carlos, 1997. 198 p. Tese de Doutorado – UFSCar.

Ferragut, C. **Efeito do enriquecimento por N e P sobre a colonização e sucessão da comunidade de algas perifíticas: biomanipulação em reservatório oligotrófico, São Paulo**. Rio Claro, 1999. 195p. Dissertação de Mestrado – UEP.

Graham, L. E. & Wilcox, L. W. *Algae-Prentice* - Hall USA, 2000.

Germain, H. Flore del Diatomées. Diatomophycées. Paris: **Soc. Nouv.** Ed. Bombée, 1982. 444p.

Godinho-Orlandi, M.J.L. Barbiere, S.M. Observação de microrganismos perifíticos (bactérias, protozoários e algas) na região marginal de um ecossistema aquático. **An. Se. Reg. Ecol. III**. São Carlos, SP., p.135-155, 1983.

Hill, W. R., and Knight, ^a W. Nutrient and light limitation of algae in two northern California streams. **J. Phycol.** 24, p. 125-132. 1988.

Ho, S. C. Periphyton production in a tropical lowland stream polluted by inorganic sediments and organic wastes. **Archiv. für Hydrobiologischen**, v. 77, n. 4, p.458-474. 1976

Hoagland *et al.* Periphyton community structure. In: **Oecologia** n. 103. Springer-Verlag. 1982.

Hoek *et al.* **Algae: na introduction to phycology**. Cambridge: Cambridge University Press. 1997. 627p.

Huber-Pestalozzi, G. Das Phytoplankton des Süßwassers: Systematik und Biologie (Diatomeen). In.: Thienemann, A. **Die Binnengewasser**, Stuttgart, E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, 1942. Band 16, Teil 2, p. 367-549.

- Huber-Pestalozzi, G. Das Phytoplankton des Süßwassers: Systematik und Biologie (Chlorophyceae). In.: Thienemann, A. **Die Binnengewässer**, Stuttgart, E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, . 1983 Band 16, Teil 7, 1044 p.
- Hudon, C. Bourget, E. The effect of light on the vertical structure of epibenthic diatom communities. **Bot. Mar.** , v. 26, n.7, p.317-330. 1983.
- Joergensen, B.B. Revsbech, N. P. and Cohen, Y. Photosynthesis and structure of benthic microbial mats: Microelectrode and SEM studies of four cyanobacterial communities. **Limnol. Oceanogr.** 28. p. 1075-1093. 1983.
- Kirk, J.T.O **Light and photosynthesis in aquatic ecosystems**. Cambridge: Cambridge University Press, 1986. 401p.
- Komárek, J. & K. Anagnostidis, Modern approach to the classification system of cyanophytes. 2- Chroococcales. **Arch. Hydrobiol.** Suppl.80.n.2. Algal. Studies. Stuttgart, p.157-226, 1986.
- Komárek, J. & K. Anagnostidis, 1986. Modern approach to the classification system of cyanophytes. 3 – Oscillatoriales. **Arch. Hydrobiol.** Suppl.80: 327-473. Stuttgart, 1988.
- Komárek, J. & K. Anagnostidis, 1986. Modern approach to the classification system of cyanophytes. 4 – Nostocales. **Arch. Hydrobiol.** Suppl.82: 247-345. Stuttgart, 1989.
- Korte, V. L., and Blinn, D. W. Diatom colonization on artificial substrates in pool and riffle zones studied by light and scanning electron microscopy. **J. Phycol.** 19, p. 332-341. 1983.
- Krammer, K. & Lange-Bertalot, H. 1986/1988/1991. Bacillariophyceae. In.: PASCHER, A. **Süßwasserflora von Mitteleuropa**. Stuttgart, Gustav Fischer, Band 16, Teil 1-3.
- Kühl, M., and Joergensen, B. Spectral light measurements in microbenthic phototrophic communities with a fiber-optic microprobe coupled to a sensitive diode array detector. **Limnol. Oceanogr.** 37, p.1813-1823. 1992.
- Lecoq *et al.* "Omnidia": software for taxonomy, calculation of diatom indices and inventories management. **Hydrobiologia**. V. 269-270, p. 509-513, 1993.
- Legendre, L. & Legendre, P. **Écologie numérique**. Tome I: Le traitement multiple des données écologiques. Paris, Masson. 260 p. 1984.
- Lobo, E. & Buselato-Tonioli, T.C. Tempo de exposição de um substrato artificial para o estabelecimento da comunidade do perifíton no curso inferior do rio Caí, Rio Grande do Sul, Brasil. **Rickia**, v.12, p. 35-51. 1985.
- Lobo, E. A. , Callegaro, V.L.M. & Hermany G. **Utilização de algas diatomáceas epilíticas como organismos bioindicadores, com especial enfoque à problemática da eutrofização de sistemas lóticos sul brasileiros, RS, Brasil**. Santa Cruz do Sul: Edunisc. 2002
- Lobo E. & Leighton, G. Estructuras comunitárias de las fitocenosis planctónicas de los sistemas de desembocadura y esteros de ríos de la zona central de Chile. **Re. Biol. Mar.**, v.22 (1), p.35-51. 1985.

Lorenzen, C.J. Determination of chlorophyll and phaeopigments, spectrophotometric equation. **Limnol. Oceanogr.** 12, 343-346. 1967.

Lowe, R. L., Pan, Y. Benthic algal communities as biological monitors. In: Stevenson, R.J., Bothwell, M.L., Lowe, R.L., 1996. **Algal Ecology: freshwater benthic ecosystems.** Academic Press, USA. p.705-739.

Lund, J.W. g., Kiplind, C. & Lecren, E.D. The inverted microscope method of estimating algal number and the statistical basis of estimating by counting. **Hydrobiol.**, v.11, p. 143-170. 1958.

Margalef, R. **Perspectives in ecological theory** . University of Chicago Press. Chicago, Illinois. 112p. 1968

Margalef, R. **Limnologia.** Ed. Omega. 1983, 1010p.

Marks, J. C., and Lowe, R. L. Interactive effects of nutrient availability and light levels on the periphyton composition of a large oligotrophic lake. **Can. J. Fish. Aquatic. Sci.** 50, 1270-1278.1993.

McCormik, P. V. and Stevenson, R. J. Effects of sanailgrazing on benthic algal community structure in fifferent nutrient environments. **J. North Am. Benthol. Soc** 8, p.162-172. 1989.

Menegat, Rualdo (coord. geral), Porto, Maria Luiza. **Atlas Ambiental de Porto Alegre.** Editora Ufrgs. Porto Alegre. 1996.

Moore, R. E. Toxins from Blue-Green Algae. **BioScience** v. 27 n.12, p.797-802. 1977.

Moschini-Carlos, V. **Dinâmica da estrutura da comunidade perifítica (substrato artificial e natural), na zona de desembocadura do Rio Paranapanema, Represa de Jurumirim – SP.** São Carlos, 1996. 172p. Tese de Doutorado – UFSCar.

Neal *et al.* Periphyton growt on artificial substrates in a redioactively contaminated lake. **Ecology** 48(6), 916-924. 1967.

Odum, E.G. **Ecologia.** Rio de Janeiro. Ed. Guanabar, 1983. 434p.

Oliveira, M. A. **Ecologia do perifíton de substrato artificial em curso d'água do trecho médio do Arroio Sampaio, Mato Leitão, RS. Brasil.** Porto Alegre, 1996, 128p. Dissertação (Mestrado em Ecologia) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Pan , Y & Lowe, R. L. Independence and interactive effects of nutrients and grazers on benthic algal community structure. **Hydrobiologia**, 291, p. 201-209. 1994.

Panitz, C. M. N. **Estudo comparativo do perifíton em diferentes substratos artificiais na Represa do Lobo (“Broa”), São Carlos, SP.** São Carlos, SP. 1980. 224p. Dissertação de Mestrado – UFSCar.

- Panosso, R. F. **Fixação biológica do Nitrogênio via perifíton agregado a um substrato artificial em uma lagoa marginal do rio Mogi-Guaçu.** São Paulo. 1990 . 36p. Monografia de Graduação. -UFSCar. S.P.
- Parra, O Bicudo, C.E.M. **Introducción a la biología y sistemática de las algas de aguas continentales.** Santiago: Ed. Universidad de Concepción, 1995. 268p.
- Patrick. R. *et al.*, **A new method for determining the pattern of the Diatom flora.** Not. Nat. 259: 1-12. 1954.
- Payne, A **The ecology of tropical lakes and rivers.** Chochester, John Wiley & Sons. 1986. 301 p.
- Peinador, M. Las cianobacterias como indicadores de contaminación orgánica. Costa Rica. **Rev . Biol. Trop.** 47 (3): p.381-391.1999.
- Pieczynska, E. & Spodiniewska, I. Ocurrence and colonization periphyton the type of substrats. **Ekol. Polsk.** Ser. A11, 533-545, 1963.
- Pieczynska, E. Periphyton in the trophic structure of freshwater ecosystems. **Pol. Arch. Hidrobiol.** , v. 17, n. 1, p. 141-147. 1970.
- Pielou, E.C. **The interpretation of ecological data.** New York: John Wiley & Sons, 1984. 262p.
- Pillar, V.P. **MULTIV – Software para análise multivariada, testes de aleatorização e autoreamostragem v. 2.1.1.** Universidade Federal do Rio Grande do Sul – Centro de Ecologia, Porto Alegre, 200__.
- Reynolds, C. S. . **The ecology of freshwater phytoplankton.** Cambridge University **Systématique Botanique.** Press, 1984. 384p.
- Reviere, B. de. La classification des Algues. In: Poncy, ° (ed.) **Biosystema 10: Problèmes Actuels.** Paris. Soc. Franç. De Systématique, p. 59-60; p.103-111. 1993.
- Rocha, A J A **Sucessão do perifíton em substrato artificial em dois lagos de Brasília (DF).** Brasília, 1979. 89p. Dissertação de Mestrado. UnB.
- Roos, P.J. Dynamics of periphytic communities. In Wetzel, R.G. **Periphyton of freshwater ecosystems development.** The Hague. Dr. W. Junk Publishers (Developments hydrobiology, 17). 1983, p. 5-10.
- Ros, J. **Prácticas de Ecología.** Barcelona. Ed. Omega, 1979. 181p.
- Rott, E. **Methodologica aspects and perspectives in the use of periphyton for monitoring and protecting rivers.** In: Whitton, B. A.; Rott, E.; Friedrich, G. (eds.) Use of algae for monitoring river. Institut fur Botanik Universitat Innsbruck, Austria. p. 9-16. (Developments in Hydrobiology, 17) 1991.
- Round, F. E. 1983. **Biologia das Algas.** Trad.: Francisco Perlingeiro Neto. Rio de Janeiro, Ed. Guanabara Dois, 2ª ed., 263 p.

Sant`Anna, C. L. **Chlorococcales (Chlorophyceae) do Estado de São Paulo, Brasil.** Germany .J.Cramer. 1984. 348p.

Schwarzbald, A . Métodos ecológicos aplicados ao estudo do perifíton. **Acta. Limnol. Brasil.**, v.3, p.545-592, 1990.

Schwarzbald, A . **Efeitos do regime de inundação do rio Mogi-Guaçu (SP) sobre a estrutura, diversidade, produção e estoque do perifíton da lagoa do Infernãõ.** São Carlos. 1992. 237 p. Tese de Doutorado – UFSCar.

Schwarzbald, A., Esteves, F. A, Panosso, R.F. Relações entre peso seco e clorofila a do perifíton em função de diferentes idades e épocas de coletas de pecíolos de *Eichhornia azurea* Kunth. **Acta Limnol. Brasil.** v.3, p.493-515, 1990.

Schäfer, A. , **Fundamentos de Ecologia e biogeografia das águas continentais.** – Porto Alegre. Ed. da Universidade, UFRGS, 1984. 532p.

Shannon, C. E. & Weanner, W. **The mathematical theory of communication.** Urbana, Univ. Illinois Press. 1963. 173p.

Shapiro, J. Blue-green algae: **Why they become dominant.** Science, 179: 382-384, 1973.

Simonsen, R., 1974. The Diatom plankton of the Indian Ocean Expedition of the R. V. "Meteor" 1964-1965. **Meteor Forschungsergeb. (D. Biol)**, 19: 1-66.

Sládecek, V. & Sládecková, A relationship between wet weight and dry weight of the periphyton. **Limnol. Oceanogr.**, v 8 (2), p. 309-311. 1964.

Sládecek, V. Sladecková, A Determination of the periphyton production by means of the glass slide method. **Hidrobiologia.**, v.23, p. 1887-1895, 1983.

Sládecková, A . Limnological investigations for the periphyton (Aufwuchs) community. **Bot. Rev.**, v28, p.286-350, 1962.

Sládeková, A , Marvan, P. & Vymazal, J. The utilization of periphyton in waterworks pre-treatment for nutrient removal from enriched influents. In: Wetzel, R. G. (Ed.). **Periphyton freshwater ecosystems.** The Hague Dr. W. Junk, p.229-303 (Developments in Hydrobiology, 17). 1983.

Smith, D. H. **Program. Divers: For Species Diversity Analyses.** An Ecolog/Ecosoft. 1993.

Soares, J. J. Distribuição vertical da produção primária e biomassa do perifíton em um sistema aquático tropical. In: **Seminário Regional de Ecologia (Anais).** São Carlos: DCB UFSCar. 1981. p. 259-273.

Stevenson, R.J. Na introduction to algal ecology in freshwater benthic habits. In: Stevenson, R. J., Bothwell, M.L., Lowe, R.L.. 1996. **Algal Ecology: freshwater benthic ecosystems.** Academic Press, USA. p.3-30.

Suzuki, M. S. **Mudanças na estrutura e sucessão das comunidades fitoplanctônicas e perifíticas da lagoa do Infernã (SP), causada pelo processo de enriquecimento artificial.** São Carlos, 1991. 163p. Dissertação de Mestrado, UFSCar.

Tell, G. & Mazzoni, H., Perifiton: colonizacion, sucesion, productividad. In: Lopretto E. C. Tell G., **Ecosistemas de aguas continentales, Metodologias para su estudio.** Ediciones Sur. Buenos Aires. 1996.

Tippet, R. Artificial surfaces as a method of studying populations of benthic micro-algae in freshwater. **Brit. Phycol. J.**, v.5, p. 187-1970.

Tuchman, N. C. & Stevenson, R. J. Effects of selective grazing by snails on benthic algal succession. **J. North. Am. Benthol. Soc.** 10. p. 430-443. 1991.

Unicamp. Lagoas de Estabilização de Tratamento de Esgotos. disponível em: <[http:// www.fec.unicamp.br](http://www.fec.unicamp.br)> Acesso em: 31 dez. 2001.

Utermöl, H. **Zur Vervollkommung der quantitative phytoplankton: methodik. Mitteilungein Internationale Vereinigung fur theorstische and Angewandre Limnologie,** v.9, p1-38, 1958.

Vollenweider, R. A. **Scientific Fundamentals of the Eutrophication of lakes and Flowing waters, with Particular Reference to Nitrogen and Phosphorus as factors in Eutrophication.** Paris Rep. Organization for Economic Cooperation and Development. 192 p. (DAS/CSI/ 68.27). 1968.

Vymazal, J., The use of periphyton communities for nutrient removal from polluted streams. **Hydrobiologia**, v. 166, p. 225-237. 1988.

Vymazal, J., Craft, C.B, Richardson, C.J. Periphyton response to nitrogen and phosphorus additions in Florida Everglades. **Algological Studies**, v.73, p.75-97, 1994.

Watanabe, T. Perifiton: comparação de metodologias empregadas para caracterizar o nível de poluição das águas. **Acta Limnol. Brasil.** v.3, p. 793-615. 1990.

Wetzel, R.G. Benthic algal and nutrient cycling in lentic freshwater ecosystems. In: Stevenson, R.J., Bothwell, M.L., Lowe, R.L., 1996. **Algal Ecology: freshwater benthic ecosystems.** Academic Press, USA. p.641-667.

Wetzel, R.G. & Likens, E. **Limnological Analyses.** 2 ed. New York: Springer Verlag, . 391p. 1990.

Wetzel, R.G. **Limnology.** Fundação Calouste Gulbenkian, Lisboa. 919 p. 1993.

Wetzel, R.G. **Periphyton of freshwater ecosystems development.** The Hague. Dr. W. Junk Publ., 346p. 1983. (Developments Hydrobiology, 17).

Whitton, B. A..Aims of monitoring. In: Wetzel, R.G. (ed.). **Periphyton of freshwater ecosystems.** The Hague: Dr. W. Junk. 3-4. 1983.

Yunes, João S. **Ecologia e Toxicidade de Florações de Cianobactérias**. Unidade de Pesquisas em Cianobactérias. Furg. Rio Grande, RS. Brasil. 1999.