

Estrutura da comunidade de algas perifíticas em substrato natural da lagoa da Universidade Federal do Espírito Santo, Brasil

Structure of the periphytic algae community in natural substratum of the lagoon of the Federal University of Espírito Santo, Brazil

Fabiola Chrystian Oliveira Martins¹
fawe1@terra.com.br

Valéria de Oliveira Fernandes¹

Resumo

O presente estudo visou avaliar a estrutura da comunidade de algas perifíticas em *Panicum rivulare* Trin. e relacioná-la com algumas variáveis abióticas da lagoa da Universidade Federal do Espírito Santo, um ambiente artificial que recebe efluentes domésticos *in natura*. As amostragens foram realizadas em uma única estação, em intervalos mensais, durante oito meses (outubro/2001 a maio/2002). A comunidade foi avaliada através de seus principais atributos: espécies abundantes e dominantes, diversidade, equitabilidade, riqueza de táxons e densidade populacional. As variáveis ambientais determinadas foram: salinidade, condutividade elétrica, turbidez, transparência, profundidade, zona eufótica, pH, oxigênio dissolvido, temperatura da água e do ar e precipitação. Foram registrados 36 táxons, distribuídos em sete classes. A classe predominante, qualitativamente, foi Chlorophyceae, seguida de Cyanophyceae e Bacillariophyceae, sendo as classes Oedogoniophyceae, Zygnemaphyceae, Euglenophyceae e Dinophyceae pouco representativas. Chlorophyceae predominou quantitativamente na maioria das amostragens e associou-se com a salinidade, sendo *Coelastrum microporum* a única espécie dominante nas quatro primeiras amostragens. Temperatura da água e luz influenciaram as demais classes, principalmente Cyanophyceae e Bacillariophyceae. Os resultados mostraram que a variação da estrutura da comunidade foi resultado de mudanças autogênicas, refletidas no padrão de substituição das espécies ao longo do período estudado, em resposta à variação temporal das variáveis ambientais influenciando também na diversidade e riqueza de táxons.

Palavras-chave: algas, macrófita, variação temporal.

¹ Departamento de Ciências Biológicas – Setor Botânica, Universidade Federal do Espírito Santo – UFES. Av. Marechal Campos, 1468, 29.060-900, Maruípe, Vitória, ES, Brasil.

Abstract

The present study aimed at evaluating the structure of the periphytic algae community in *Panicum rivulare* Trin. and to relate it with some environmental variables of the lagoon of

the Federal University of Espírito Santo, an artificial environment that receives domestic effluent *in natura*. The samplings had been carried monthly through one site sampling during eight months (October, 2001 to May, 2002). The community was evaluated through its main attributes: abundant and dominant species, frequency of occurrence, diversity, evenness, richness and population density. The determined environmental variables had been: salinity, electric conductivity, turbidity, transparency, depth, euphotic zone, pH, dissolved oxygen, water and air temperature and precipitation. The periphytic algae community was composed by 36 taxa, distributed in seven classes. The predominant class, qualitatively, was Chlorophyceae, followed of Cyanophyceae and Bacillariophyceae, being the less representative Oedogoniophyceae, Zygnemaphyceae, Euglenophyceae and Dinophyceae class. Chlorophyceae predominated quantitatively in the majority of the samplings and associated with the salinity, being *Coelastrum microporum* the only dominant species in the four first samplings. Water temperature and light had influenced the too much class, mainly Cyanophyceae and Bacillariophyceae. The results showed that the variation of the community structure was resulted of autogenic changes, reflected in the substitution of the species standard, throughout the studied period, in reply to the temporal variation of the environmental variable's also influencing in the diversity and richness.

Key words: algae, macrophyte, temporal variation.

Introdução

A região litorânea dos ecossistemas aquáticos é considerada muito produtiva devido ao grande desenvolvimento de macrófitas aquáticas e da comunidade a elas aderidas, que são favorecidas pelos compostos orgânicos dissolvidos e nutrientes inorgânicos de origem alóctone (Moschini-Carlos *et al.*, 1999; Rodrigues *et al.*, 2003).

O perífiton corresponde à bioderma aderida aos mais diversos substratos do meio aquático, atuando na interface substrato-água circundante, através da participação nos processos internos autotróficos e/ou heterotróficos e nas trocas com o meio externo (Sand-Jensen, 1983), sendo que a ocorrência de algas nesta comunidade é controlada por um conjunto de fatores físicos e químicos da água (Pieczyńska, 1990). O presente estudo visa avaliar a estrutura da comunidade de algas perifíticas aderidas e associadas à macrófita aquática *Panicum rivulare* Trin. na lagoa da Universidade Federal do Espírito Santo (UFES) e relacioná-la com algumas variáveis abióticas desse ambiente, fornecendo subsídios para futuras pesquisas em outros ecossistemas aquáticos, uma vez que nenhum estudo foi realizado com esta comunidade no estado do Espírito Santo.

Material e Métodos

A lagoa da UFES (20° 16' 41" S e 40° 18' 10" W) é um ambiente artificial criado em 1969 com fins de harmonia paisagística no Campus Universitário Alvor Queiroz de Araújo (Vitória, ES). No entanto, durante vários anos, este ecossistema vem recebendo lançamento de efluentes domésticos *in natura* de edificações circundantes dentro do próprio Campus. Apresenta área de 1,4 ha, volume de 1,7x 10⁶ m³ e profundidade média de 1,2m (Perrone, 1997 *in* Pereira e Loureiro Fernandes, 1999).

As amostragens foram realizadas em uma única estação, na subsuperfície da

região litorânea da margem esquerda da lagoa (Figura 1), em intervalos mensais, durante oito meses (outubro/2001 a maio/2002).

Partes dos pecíolos e das folhas submersas de *P. rivulare* foram amostradas manualmente e acondicionadas em frascos de vidro com água imediatamente circundante ao substrato, pois foram consideradas também as algas associadas, além das aderidas, conforme conceito de perífiton proposto por Wetzel (1983), adotado nesta pesquisa. Em seguida, o perífiton foi separado do substrato através de raspagem com lâmina cortante e jatos de água destilada.

Para análise qualitativa, as amostras fo-

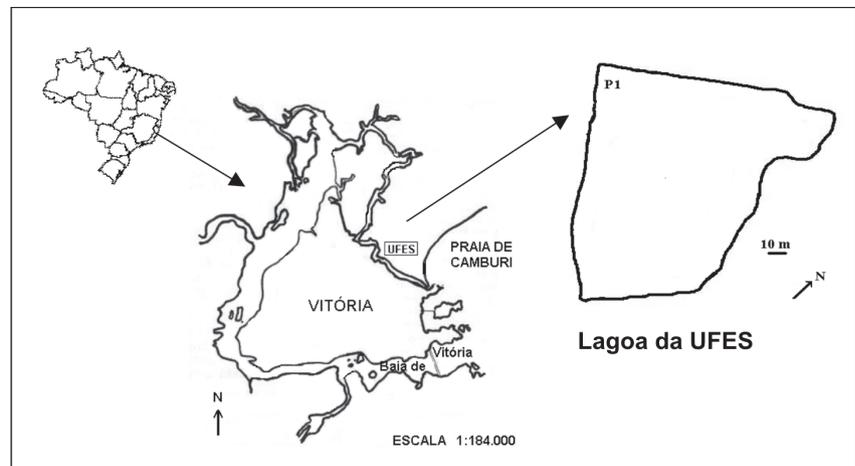


Figura 1. Localização da área de estudo, indicando a estação amostral (P1).

Figure 1. Localization of the study site, indicating the sampling site (P1).

ram coletadas em duplicata, sendo uma mantida viva para imediatas observações e outra fixada com solução Transeau (Bicudo e Bicudo, 1970) para posteriores análises.

Os táxons foram esquematizados, medidos em microscópio óptico e identificados de acordo com os seguintes sistemas de classificação: Anagnostidis e Komárek (1988) Komárek e Anagnostidis (1989; 1999) para Cyanophyceae; Komárek e Fott (1983) para Chlorococcales; Simonsen (1979) para Bacillariophyceae e Bourrelly (1966; 1970) para as demais classes.

Para análise quantitativa, amostras fixadas com solução de lugol acético foram contadas em microscópio invertido, através do método de sedimentação em câmaras de Utermöhl (1958), até que a espécie mais abundante atingisse, no mínimo, 100 indivíduos (Lund *et al.*, 1958). Os resultados foram expressos em indivíduos/cm² e calculados de acordo com APHA (Greenberg *et al.*, 1992).

A estrutura da comunidade foi avaliada com base nos seus principais atributos: espécies abundantes e dominantes (Lobo e Leighton, 1986), diversidade (Shannon e Weaver, 1963), equitabilidade (Pielou, 1984), riqueza de táxons e densidade populacional.

Os dados de precipitação (total mensal) e temperatura do ar (média mensal) foram cedidos pelo Instituto Capixaba de Pesquisa e Extensão Rural (INCAPER),

o qual apresenta uma estação meteorológica próxima da área de estudo.

As variáveis físicas e químicas da água foram determinadas *in situ*, sendo a turbidez (UNT), condutividade elétrica ($\mu\text{S}/\text{cm}$), pH, oxigênio dissolvido (% de saturação) e salinidade (u.s.) determinados diretamente por meio de equipamentos digitais. A transparência (m) foi obtida através do disco de Secchi, sendo seu valor multiplicado por 3 para estimativa da zona eufótica (Cole, 1994) e a temperatura da água ($^{\circ}\text{C}$) foi medida utilizando termômetro de bulbo. A profundidade da coluna d'água (m) também foi determinada através do disco de Secchi, que apresentava cabo marcado a cada 0,1 m. Para identificar possíveis relações entre as variáveis biológicas da comunidade e as variáveis ambientais avaliadas utilizou-se o coeficiente de correlação de Spearman. Essas mesmas variáveis foram agrupadas pela Análise de Componentes Principais (ACP), sendo os dados inicialmente normalizados e estandarizados, através do programa Statsoft Statistica versão 6.0.

Resultados

Condições ambientais da lagoa

A lagoa da UFES caracterizou-se como um ambiente de água doce a levemente oligohalina e com pH variando de neutro a levemente alcalino. Mostrou-

se um ambiente rico em íons, evidenciado pelos elevados valores da condutividade elétrica. A transparência também foi elevada em função da reduzida profundidade da estação amostral, atingindo valores iguais ou próximos aos da profundidade (Tabela 1).

As maiores precipitações ocorreram nos meses com temperaturas do ar mais reduzidas (outubro a dezembro/2001). De janeiro a maio/2002, os valores da precipitação foram menores e os da temperatura do ar foram maiores comparados com os meses anteriores, exceto no mês de abril em que a precipitação e a temperatura do ar foram elevadas (Tabela 1), evidenciando um padrão climático atípico para a região, pois em Vitória, onde se situa a lagoa, a temperatura média mensal máxima e mínima costuma ser de 30,4 $^{\circ}\text{C}$ e 24 $^{\circ}\text{C}$, respectivamente.

O coeficiente de correlação de Spearman mostrou que a precipitação apresentou correlação significativa negativa com a temperatura do ar ($r = -0,714$). O oxigênio dissolvido e temperatura da água correlacionaram-se positivamente ($r = 0,743$). A transparência mostrou-se positivamente correlacionada com a profundidade da coluna d'água e com a zona eufótica ($r = 0,921$ para ambas as variáveis) e negativamente com a turbidez ($r = -0,766$). A condutividade elétrica correlacionou-se positivamente com a precipitação ($r = 0,690$) e com a salinidade ($r = 0,913$). O pH apresentou correlação positiva com a turbidez ($r = 0,856$) e negativa com a transparência ($r = -0,777$). As demais variáveis não apresentaram correlações significativas.

Composição e estrutura da comunidade

A comunidade de algas perifíticas da lagoa esteve composta por 36 táxons distribuídos em sete classes (Tabela 2). A classe com maior número de táxons durante o período amostral foi a Chlorophyceae (33,4%), representada apenas pela Ordem Chlorococcales, destacando-se os gêneros *Monoraphidium*

Tabela 1. Flutuação temporal das variáveis ambientais avaliadas na lagoa da UFES, durante o período estudado (outubro/2001 a maio/2002).

Table 1. Temporal fluctuation of the evaluated environmental variables in the lagoon of the UFES, during the studied period (October/2001 to May/2002).

Variáveis	Amostragens							
	Out./01	Nov./01	Dez./01	Jan./02	Fev./02	Mar./02	Abr./02	Mai/02
Salinidade (u.s)	0,8	0,3	0,3	0,3	0,2	0,2	0,2	0,3
Cond.Elétr.($\mu\text{S}/\text{cm}$)	1884	1025	1029	974	916	900	906	981
Turbidez (UNT)	13,0	2,5	5,9	10,6	5,4	8,7	13,8	8,9
Transparência (m)	0,55	0,60	0,60	0,53	0,71	0,58	0,40	0,65
Profundidade (m)	0,55	0,60	0,60	0,55	0,77	0,65	0,50	0,70
Zona Eufótica (m)	0,55	0,60	0,60	0,55	0,77	0,65	0,50	0,70
pH	8,2	7,7	8,2	8,7	7,9	8,2	8,7	8,2
O.D. (% sat.)	87,5	77,0	103,1	87,4	103	116,1	65,6	59,1
Temper. água ($^{\circ}\text{C}$)	27,5	29,2	30,3	30,0	32,6	30,0	29,0	23,0
Temper. ar ($^{\circ}\text{C}$)	23,4	24,8	25,7	26,4	26,3	27,3	26,3	24,8
Precipitação (mm)	203,2	378,9	159,7	78,0	97,6	43,4	106	70,9

e *Coelastrum* pelo maior número de espécies registradas (três cada um), seguida das classes Cyanophyceae (27,8 %) e Bacillariophyceae (19,5 %). As classes Dinophyceae, Euglenophyceae e Oedogoniophyceae contribuíram igualmente com 5,5 % cada uma e a classe Zygnemaphyceae foi menos representativa, com percenta-

gem de contribuição de 2,8 %, representada apenas pela Ordem Zygnematales cujo único táxon registrado foi *Mougeotia* sp. (Figura 2).

Com relação às formas de vida das algas perifíticas, predominaram as unicelulares, com 15 indivíduos (41,7 %), seguidas de 13 coloniais ou cenobiais (36,1 %) e oito filamentosas (22,2 %).

Tabela 2. Táxons de algas registradas na comunidade perifítica da lagoa da UFES durante o período estudado (outubro/2001 a maio/2002).

Table 2. Taxa of registered algae in the periphytic community of the lagoon of the UFES during the studied period (October/2001 to May/2002).

Chlorophyceae

Coelastrum astroideum De Notaris
Coelastrum microporum Nägeli
Coelastrum pseudomicroporum Korsikov
Crucigenia tetrapedia (Kirchner) West & West
Desmodesmus bicellulares (R. Chod) An, Friedl et Hegew.
Desmodesmus maximus (W. et G. S. West) Hegew.
Monoraphidium contortum (Thuret) Komárková-Legnerová
Monoraphidium griffithii (Berkeley) Komárková-Legnerová
Monoraphidium minutum (Nägeli) Komárková-Legnerová
Oocystis sp.
Scenedesmus bijugatus f. *minor* Chadha & Pandey
Tetraedron minimum (A. Braun) Hansgirg

Cyanophyceae

Aphanocapsa grevillei (Berkeley) Rabenhorst
Borzia trilocularis Cohn ex Gomont
Calothrix fusca (Kützing) Bornet & Flahaut
Chroococcus minor (Kützing) Nägeli
Chroococcus turgidus (Kützing) Nägeli
Cylindrospermum sp.
Geitlerinema amphibium (Agardh ex Gomont) Anagnostidis
Lyngbya martensiana Meneghini ex Gomont
Merismopedia insignis Skorbatov
Merismopedia tenuissima Lemmermann

Bacillariophyceae

Eunotia sp.
Gomphonema gracile Ehrenberg
Hantzschia elongata (Hantzsch.) Grun.
Navicula viridula (Kützing) Ehrenberg
Nitzschia palea (Kützing) W. Smith
Pennales sp. 1
Ulnaria ulna (Nitzsch) Compère

Oedogoniophyceae

Oedogonium sp. 1
Oedogonium sp. 2

Zygnemaphyceae

Mougeotia sp.

Euglenophyceae

Euglena sp.
Trachelomonas sp.

Dinophyceae

Peridinium sp. 1
Peridinium sp. 2

Densidade, Dominância, Abundância e Diversidade

A densidade total variou de 7.814 ind/cm² (maio/2002) a 267.477 ind/cm² (janeiro/2002) (Figura 3), sendo este máximo atribuído à dominância de *Coelastrum microporum*, (168.987 ind/cm²) e à abundância de *Desmodesmus bicellulares* (41.469 ind./cm²) e *Nitzschia palea* (39.396 ind./cm²).

A classe Chlorophyceae foi a que mais contribuiu na densidade total da comunidade em todos os meses amostrados, exceto em fevereiro e maio, quando as classes mais representativas foram Bacillariophyceae (59,2 %) e Cyanophyceae (53,9%), respectivamente (Figura 4). A classe Zygnemaphyceae contribuiu na densidade total em novembro (3 %), dezembro (2,4 %), fevereiro (1,7 %) e maio (0,3 %). A classe Dinophyceae contribuiu nas amostragens de março (0,4 %), abril (0,1 %) e maio (3 %) e a classe Oedogoniophyceae contribuiu com 0,6 % e 0,3 % da densidade total nas amostragens de março e maio respectivamente, sendo tais classes consideradas pouco representativas, quantitativamente, ao longo do período estudado (Figura 4).

A classe Euglenophyceae esteve presente apenas em abril, no entanto apresentou relevante participação na densidade total da comunidade nesta amostragem, contribuindo com 41,9 % dos indivíduos quantificados (Figura 4).

Quanto à dominância de espécies, *Coelastrum microporum* dominou nas amostragens de outubro (54.080 ind./cm²), novembro (53.936 ind./cm²), dezembro (28.688 ind./cm²) e janeiro (168.988 ind./cm²). Nas demais amostragens não foram registradas espécies dominantes na comunidade.

Com relação à abundância de espécies, em novembro apenas *Coelastrum microporum* (53.936 ind/cm²) foi abundante. O maior número de espécies abundantes ocorreu em março, em que foram abundantes *Coelastrum astroideum* (6.126 ind/cm²), *Coelastrum pseudomicroporum* (4.163 ind/cm²), *Merismopedia insignis* (2.676 ind/cm²), *Nitzschia*

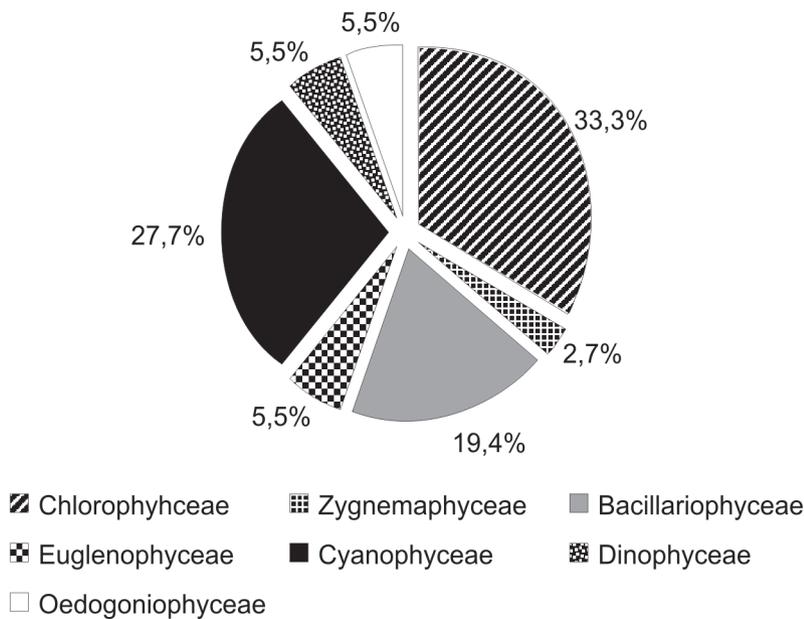


Figura 2. Contribuição percentual das classes de algas perifíticas no número total de táxons registrados, durante o período estudado (outubro/2001 a maio/2002).

Figure 2. Percentile contribution of the periphytic algae class in the total number of registered taxa, during the studied period (October/2001 to May/2002).

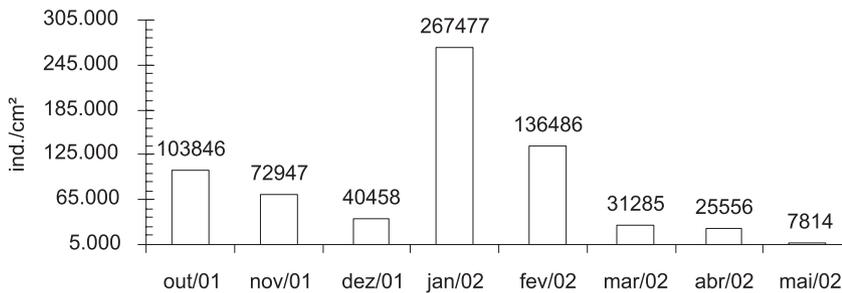


Figura 3. Variação temporal da densidade total das algas perifíticas da lagoa da UFES, durante o período amostral (outubro/2001 a maio/2002).

Figure 3. Temporal variation of the total density of the periphytic algae of the lagoon of the UFES, during the sampling period (October/2001 to May/2002).

palea (5.472 ind/cm²), *Monoraphidium griffithii* (3.985 ind/cm²) e *Oocystis* sp. (3.390 ind/cm²), e maio, quando foram abundantes as espécies *Coelastrum astroideum* (450 ind/cm²), *Coelastrum pseudomicroporum* (874 ind/cm²), *Merismopedia insignis* (2.834 ind/cm²), *Calothrix fusca* (503 ind/cm²), *Tetraedron minimum* (583 ind/cm²) e *Gomphonema gracile* (556 ind/cm²).

A diversidade variou de 2,3 a 4,2 bits/ind., enquanto que a riqueza de táxons apresentou variação de cinco a 18

táxons, sendo os maiores valores registrados, para ambas as variáveis, ocorrido nas duas últimas amostragens (abril e maio). A equitabilidade variou de 0,4 (dezembro) a 0,8 (outubro/2001, março e maio/2002) (Figuras 5 e 6).

Relação da comunidade com as variáveis abióticas

A classe Chlorophyceae (CHL) apresentou-se positivamente associada à salinidade (SAL). A classe Cyano-

phyceae (CYA) mostrou correlação negativa com a temperatura da água (TAG), densidade total (DEN) e com a classe Bacillariophyceae (BAC), enquanto esta se relacionou positivamente com a temperatura da água (TAG) e profundidade da coluna d'água (PROF) (Tabela 3).

Turbidez (TUR) e pH foram as variáveis com as quais a classe Zygnemaphyceae (ZYG) apresentou correlação negativa, sendo positiva a correlação desta classe com a transparência (SEC) (Tabela 3).

A classe Dinophyceae (DIN) apresentou-se negativamente relacionada com a precipitação (PREC) e com a densidade total (DEN) e positivamente com a diversidade (DIV), riqueza de táxons (RIQ). A classe Oedogoniophyceae também se associou negativamente com a precipitação (PREC), porém positivamente com a equitabilidade (EQUI) (Tabela 3). De março a maio/2002 a densidade total da comunidade reduziu-se gradativamente, enquanto que a diversidade e a riqueza de táxons apresentaram um acentuado aumento nos valores, sendo as correlações entre a densidade total (DEN) e as duas últimas variáveis (DIV e RIQ) negativas.

A ACP resumiu 74,1 % das variações ocorridas no sistema nos três primeiros fatores, sendo que o fator 1 explicou 28,6 % da variabilidade e esteve associado à densidade das classes Chlorophyceae, Cyanophyceae e Dinophyceae, além da diversidade e riqueza de táxons. O fator 2 relacionou-se com o pH, turbidez, transparência, profundidade da coluna d'água e zona eufótica, explicando 26,5 % das variações do ambiente. E, 19 % da variabilidade do sistema foram atribuídas ao fator 3, que se associou com as temperaturas do ar e da água (Tabela 4 e Figura 7).

Discussão

Os elevados valores da condutividade elétrica, registrados durante o período estudado na lagoa da UFES, provavelmente são parcialmente resultantes do processo de decomposição da matéria

Tabela 3. Matriz de correlação de Spearman entre as variáveis abióticas e da comunidade de algas perifíticas da lagoa da UFES, durante o período estudado (outubro/2001 a maio/2002).

Table 3. Spearman's correlation matrix between the environmental variables and the periphytic algae community of the lagoon of the UFES, during the studied period (October/2001 to May/2002).

	PREC	TAR	TAG	pH	SAL	TUR	SEC	PROF	DENS	RIQ	DIV	EQUI
CHL	0,62	-0,38	-0,17	-0,09	0,67*	-0,05	-0,40	-0,53	0,36	-0,60	-0,60	-0,33
CYA	-0,05	-0,41	-0,83*	0,10	0,21	0,46	-0,06	-0,06	-0,75*	0,45	0,45	0,57
BAC	-0,62	0,64*	0,78*	-0,17	-0,55	-0,50	0,46	0,66*	0,29	0,04	0,04	0,02
ZYG	0,46	-0,46	0,31	-0,76*	0,10	-0,85*	0,73*	0,47	0,01	0,02	0,02	-0,56
DIN	-0,68*	0,30	-0,49	0,26	-0,37	0,30	0,00	0,22	-0,85*	0,83*	0,83*	0,55
EUG	0,08	0,25	-0,25	0,53	-0,45	0,58	-0,58	-0,58	-0,41	0,50	0,50	-0,17
OED	-0,76*	0,33	-0,24	0,00	-0,26	-0,02	0,20	0,49	-0,59	0,54	0,54	0,64*
DEN	0,26	0,00	0,51	-0,13	0,23	-0,19	-0,04	-0,08	1,00	-0,90*	-0,90*	-0,20
RIQ	-0,45	0,31	-0,22	0,19	-0,55	0,10	0,09	0,19	-0,90*	1,00	1,00	0,06
DIV	-0,45	0,31	-0,22	0,19	-0,55	0,10	0,09	0,19	-0,90*	1,00	1,00	0,06
EQUI	-0,54	0,01	-0,44	0,04	-0,02	0,34	0,07	0,30	-0,20	0,06	0,06	1,00

* significativos ao nível de $\alpha = 10\%$

orgânica, especialmente de origem alóctone (lançamento de esgotos domésticos e carreamento de materiais pelas águas pluviais). A ocorrência de chuvas intensas horas antes à amostragem pode explicar o maior valor obtido (1884 $\mu\text{S}/\text{cm}$ em janeiro/2002), devido ao carreamento do material orgânico adjacente à lagoa e/ou ressuspensão do sedimento orgânico, justificando a correlação positiva dessa variável com a precipitação.

Em ambientes rasos, a zona fótica frequentemente atinge ou se aproxima do sedimento, aumentando a probabilidade dos substratos serem colonizados por diferentes populações perifíticas. Segundo Fernandes (1998) as porções submersas de macrófitas aquáticas emersas apresentam grande superfície que é colonizada pela microflora sésil. Tal fato foi observado na lagoa da UFES, cuja transparência foi total em quase todas as amostragens, possibilitando a visualização das partes submersas de *P. rivulare* colonizadas pelo perifíton.

Com relação às algas perifíticas, a lagoa da UFES apresentou condições abióticas que propiciaram o desenvolvimento da classe Chlorophyceae, como a baixa salinidade. Segundo Kalff e Watson (1986), essa é a classe de algas mais diversa nos lagos tropicais de salinidade variável entre moderada e baixa, justificando, portanto, a correlação positiva desta classe com a salinidade.

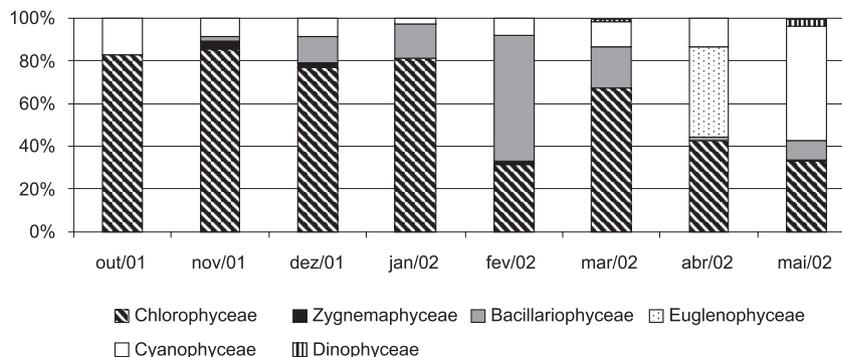


Figura 4. Variação temporal da contribuição percentual das classes de algas perifíticas na densidade total, durante o período amostral (outubro/2001 a maio/2002).

Figure 4. Temporal variation of the percentile contribution of the periphytic algae class in the total density, during the sampling period (October/2001 to May/2002).

O predomínio, tanto qualitativo quanto quantitativo, da classe Chlorophyceae, representado por táxons tipicamente fitoplanctônicos possivelmente está relacionado à presença de ventos em direção ao banco de macrófitas da estação amostral da lagoa propiciando o hábito metafítico, conforme citam Fonseca e Rodrigues (2005) para justificar o predomínio desta classe na comunidade de algas perifíticas da lagoa Clara (PR), ressaltando que a relevante presença de tais táxons na comunidade possivelmente está associada ao fato de ter sido amostrada água circundante ao substrato.

Isso ocorre em ambientes rasos com ampla região litorânea, como a lagoa da UFES, em que as populações algais são derivadas de outros nichos dentro

do ecossistema (Happy-Wood, 1988), tais quais as derivadas do fitoplâncton e que podem também se apresentar no perifíton compondo o pseudoperifíton, as quais foram consideradas na presente pesquisa por participarem dos processos metabólicos relativos a esta comunidade. Provavelmente isto explica a predominância das formas unicelulares e coloniais/ cenobiais em detrimento das formas filamentosas que, segundo Fernandes (2005) são típicas dessa comunidade.

Embora pouco representativas qualitativa e quantitativamente na lagoa da UFES, as algas da classe Oedogoniophyceae possivelmente foram favorecidas pela disponibilidade luminosa e espacial no substrato. Segundo Fernandes (1998) as formas euperifíticas fila-

mentos são boas competidoras por luz e espaço, sendo este último fator relevante para os organismos dele dependentes, justificando a presença de algas desta classe na lagoa Imboassica (RJ) pela referida autora.

Mesmo apresentando células basais como estratégia para fixação no substrato a fim de evitar a exportação, as algas da classe Oedogoniophyceae registradas na lagoa da UFES possivelmente sofreram efeito abrasivo das partículas oriundas do escoamento superficial e da turbulência causada por ventos no sistema, pois a contribuição dos indivíduos desta classe na densidade total da comunidade ocorreu apenas nas amostragens de março e maio/2002, quando se registrou os menores valores da precipitação, o que explica a correlação negativa entre essas duas variáveis. Resultados semelhantes foram obtidos por Fernandes (1998) e Oliveira e Rodrigues (2002).

No entanto, a contribuição da classe Oedogoniophyceae na densidade total refletiu na proporcionalidade de distribuição dos táxons na comunidade, pois tanto em março quanto maio/2002 a equitabilidade atingiu seu valor máximo, associando-se também à ausência de espécies dominantes nestas amostragens, justificando a correlação positiva desta variável com a densidade desta classe.

Assim como para a classe Oedogoniophyceae, a disponibilidade de luz também favoreceu o desenvolvimento das algas filamentosas da classe Zygnemaphyceae na lagoa da UFES, evidenciada pela correlação positiva da densidade desta classe com a transparência da água e negativa com a turbidez. Além disso, a classe Zygnemaphyceae é geralmente encontrada em águas ácidas, o que explica a correlação negativa com o pH deste ambiente.

Com relação à classe Cyanophyceae, Paerl (1988) cita que seu desenvolvimento e sucesso reprodutivo estão associados, dentre outros fatores, à irradiação aquática e à estabilidade térmica da coluna d'água, sendo sensíveis a variações bruscas de tais condições. No

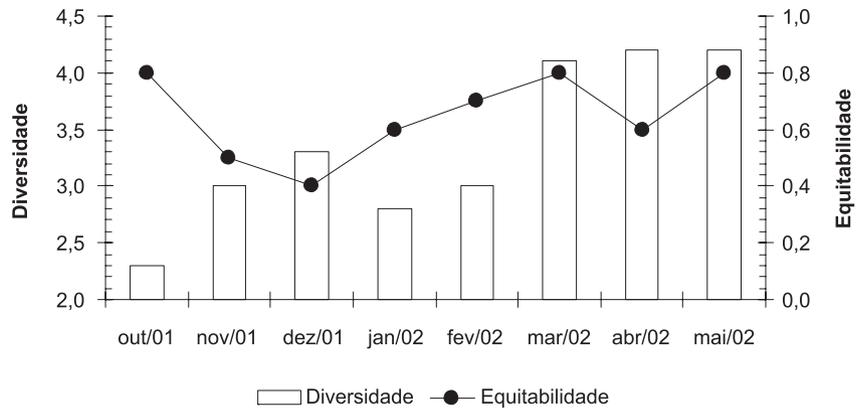


Figura 5. Variação temporal da diversidade (bits/ind.) e equitabilidade, durante o período amostral (outubro/2001 a maio/2002).

Figure 5. Temporal variation of the diversity (bits/ind.) and evenness, during the sampling period (October/2001 to May/2002).

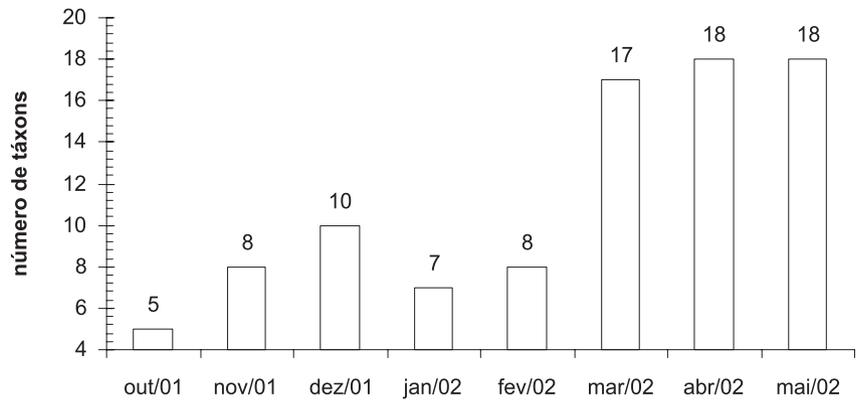


Figura 6. Variação temporal da riqueza de táxons, durante o período amostral (outubro/2001 a maio/2002), na lagoa da UFES.

Figure 6. Temporal variation of the taxa richness, during the sampling period (October/2001 to May/2002), in the lagoon of the UFES.

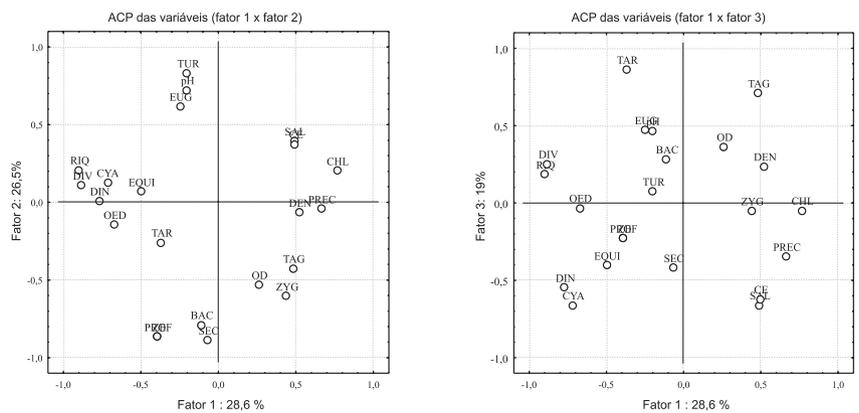


Figura 7. Análise de Componentes Principais (ACP) das variáveis abióticas e da comunidade de algas perifíticas da lagoa da UFES, durante o período avaliado (outubro/2001 a maio/2002).

Figure 7. Principles Components Analysis (PCA) of the environmental and biological of the periphytic algae community variables of the lagoon of the UFES, during the evaluated period (October/2001 to May/2002).

Tabela 4. Correlação das variáveis abióticas e biológicas da comunidade com os fatores 1, 2 e 3.**Table 4.** Correlation of the environmental and biological of the community variables with factors 1, 2 and 3.

Variáveis	Fator 1	Fator 2	Fator 3
PRE	0,67	-0,04	-0,35
TAR	-0,37	-0,26	0,86
TAG	0,48	-0,43	0,71
OD	0,26	-0,53	0,36
pH	-0,20	0,72	0,47
SAL	0,49	0,39	-0,66
CE	0,49	0,38	-0,62
TUR	-0,20	0,83	0,08
SEC	-0,07	-0,89	-0,42
PROF	-0,39	-0,87	-0,23
ZE	-0,39	-0,87	-0,23
CHL	0,76	0,20	-0,05
CYA	-0,72	0,13	-0,66
BAC	-0,11	-0,79	0,28
ZYG	0,44	-0,60	-0,05
DIN	-0,77	0,01	-0,55
EUG	-0,25	0,62	0,47
OED	-0,67	-0,14	-0,03
DEN	0,52	-0,07	0,24
RIQ	-0,90	0,21	0,18
DIV	-0,89	0,11	0,25
EQUI	-0,50	0,07	-0,40
Eigenvalue	6,29	5,84	4,19
% total var.	28,6	26,5	19,0

entanto, luz não representou fator limitante para o desenvolvimento dos organismos desta classe na lagoa da UFES, pois os mesmos foram amostrados da subsuperfície, onde a transparência apresentou-se elevada durante todo o período amostral, porém a elevação da temperatura da água nas amostragens de dezembro/2001 a fevereiro/2002 possivelmente foi um fator preponderante na variação da densidade de tais algas, interferindo no seu desenvolvimento que se mostrou melhor na faixa de 23° C a 29° C, justificado pela correlação negativa entre essas variáveis. Resultados semelhantes foram obtidos por Fernandes (1998) e Cetto *et al.* (2004).

A maior densidade da classe Cyanophyceae ocorreu na amostragem de maio/02 quando a temperatura atingiu seu menor valor (23° C), evidenciando que a temperatura da água foi a princi-

pal variável, dentre as avaliadas, que contribuiu com o sucesso reprodutivo destas algas comparado com as demais classes. No entanto, mesmo representando 53,9 % dos indivíduos quantificados, a densidade total da comunidade apresentou seu menor valor, o que explica a correlação negativa entre essas variáveis, estando associado ao fato de que as condições ambientais nesta amostragem favoreciam apenas a classes Cyanophyceae em detrimento das outras.

Padrão oposto de flutuação foi observado para a classe Bacillariophyceae que se desenvolveu melhor nas amostragens em que a temperatura variou de 30° C a 32,6° C (dezembro/2001 a março/2002), sendo esta variável apontada como controladora da densidade das algas desta classe na lagoa da UFES, durante o período amostral, mostrada pela correlação positiva com a temperatura da água.

Mesmo diferindo de alguns resultados obtidos em outras pesquisas (Cetto *et al.*, 2004; Fonseca e Rodrigues, 2005), provavelmente a variação temporal da classe Bacillariophyceae está associada à influência de outros fatores abióticos que atuaram simultaneamente à temperatura, pois, segundo Denicola (1996) interações entre essa variável e outras como nutrientes, gases, metabólitos, estágio de desenvolvimento, relações tróficas e principalmente luz não são claramente separadas.

O mesmo autor ainda cita que o efeito fisiológico da temperatura sobre microalgas pode ser considerado em termos de capacidade de adaptação, expressa pela tolerância de cada táxon às variações de temperatura as quais estão submetidas durante o crescimento, o que pode ter ocorrido com os táxons que compuseram esta classe na comunidade periférica da lagoa da UFES, que mostraram suportar temperaturas mais elevadas no período avaliado.

Além da temperatura, as algas da classe Bacillariophyceae requerem menos luz ao seu desenvolvimento, comparado com os demais grupos de algas (Cetto *et al.*, 2004), o que justifica a corre-

lação positiva com a profundidade. No entanto, como as amostragens foram realizadas na subsuperfície, é provável que as formas associadas ao substrato tenham sido favorecidas pela turbulência no sistema, pois, de acordo com Sommer (1988), os indivíduos desta classe necessitam constantemente de mesclas na coluna d'água para se manterem na zona fótica, evitando a sedimentação devido às densas frústulas. Quanto às estratégias adaptativas, *Gomphonema gracile* foi a única espécie considerada euperifítica, apresentando, como estrutura de fixação ao substrato, pedúnculo de mucilagem longo ou curto e ramificado ou não. Segundo Moschini-Carlos (1999) essa adaptação permite às algas do gênero *Gomphonema* alcançarem a interface bioderme-água na matriz periférica onde há maior disponibilidade de luz e nutrientes. Outros gêneros, dentre eles *Nitzschia* e *Navicula*, são capazes de secretar gotículas de óleo para redução da densidade, sendo este último também produtor de matriz mucilagínosa (Cetto *et al.*, 2004; Fernandes, 2005), o que foi frequentemente observado durante as análises qualitativas.

A classe Euglenophyceae não apresentou correlação significativa com nenhuma variável abiótica. Porém, cabe ressaltar que sua relevante contribuição em abril/2002 ocorreu quando foi registrado o menor percentual de oxigênio dissolvido durante todo o período amostral, o que pode ser indicativo de matéria orgânica em decomposição na lagoa da UFES, oriunda tanto do lançamento de esgotos quanto do escoamento superficial causado pelas chuvas ocorridas nesta amostragem, sendo a precipitação também apontada como responsável pelo maior valor da turbidez e menor da transparência, condições estas, as quais as algas desta classe também são tolerantes (Wetzel, 1981), como registrado por Xavier (1988) na Represa Billings (SP). Além disso, seu elevado percentual de contribuição na densidade total da comunidade refletiu-se na equitabilidade, que diminuiu nesta amostragem.

A classe Dinophyceae tem seu desenvolvimento favorecido por grande disponibilidade de luz e elevadas temperaturas (Pollinger, 1988). As maiores contribuições dessa classe na densidade total da comunidade, durante o período amostral, foram em março e maio/2002, quando se registraram os menores valores da precipitação, com a qual a correlação com a densidade desta classe foi negativa, o que teve ter concorrido para elevada transparência resultante da estabilidade física da coluna d'água.

As condições ambientais das amostras nas quais se registrou a classe Dinophyceae (março a maio/2002) provavelmente favoreceram o desenvolvimento destas algas, juntamente com Cyanophyceae, comparada com as demais classes, porém não aumentando a densidade total da comunidade, mostrada pela correlação negativa. No entanto, sua contribuição afetou de maneira crescente na riqueza de táxons, evidenciada pela correlação positiva com esta variável.

Nessas mesmas amostras, a densidade da classe Chlorophyceae reduziu-se gradativamente e não foram registradas espécies dominantes, o que deve ter contribuído para redução da densidade total. Além disso, a densidade da classe Cyanophyceae apresentou aumento gradativo e novas classes como Oedogoniophyceae, Euglenophyceae e Dinophyceae foram surgindo, provavelmente favorecidas pelas condições ambientais em detrimento da classe Chlorophyceae, contribuindo para elevação da diversidade e riqueza de táxons, o que justifica a correlação negativa da densidade total da comunidade com estas duas últimas variáveis.

Finalmente, a ACP mostrou que a temperatura e a disponibilidade de luz influenciaram na estrutura da comunidade de algas perifíticas na lagoa da UFES, tanto em relação às classes quanto em relação à riqueza e diversidade.

Segundo Bicudo *et al.* (1995), luz e temperatura são variáveis controladoras da comunidade perifítica em diferentes ecossistemas aquáticos brasilei-

ros, o que é de relevante importância, principalmente com relação à temperatura, pois conforme Denicola (1996), embora não seja comumente limitante esta variável estabelece limite de desenvolvimento dos organismos quando outras são ótimas.

Portanto, a variação da estrutura da comunidade foi resultado de mudanças autogênicas, refletidas no padrão de substituição das espécies ao longo do período estudado, como resposta aos efeitos perturbatórios, que atuaram em escala temporal, causados principalmente pela temperatura da água e disponibilidade de luz na lagoa da UFES.

Agradecimentos

As autoras agradecem ao Departamento de Ecologia e Recursos Naturais da UFES e ao Prof. PhD. Gilberto Fonseca Barroso pela concessão ao uso dos laboratórios e equipamentos utilizados em campo, respectivamente.

Referências

- ANAGNOSTIDIS, K. e KOMÁREK, J. 1988. Modern approach to the classification system of cyanophytes. 3 – Oscillatoriales. *Archiv für Hydrobiologie*, **50-53**:327-472
- BICUDO, C.E.M.; RAMÍREZ R., J.J.; TUCCI, A. e BICUDO, D.C. 1999. Dinâmica de populações fitoplanctônicas em ambiente eutrofizado: O lago das Garças, São Paulo. In: R. HENRY (ed.), *Ecologia de Reservatórios: estrutura, função e aspectos sociais*. Botucatu, FUNDIBIO/FAPESP, p. 449-508.
- BICUDO, C.E.M. e BICUDO, R.M.T. 1970. *Algas de águas continentais brasileiras: chave ilustrada para identificação dos gêneros*. São Paulo, EDUSP, 228 p.
- BICUDO, D.; NECCHI JÚNIOR, O. e CHAMIXAES, C.B.C.B. 1995. Periphyton studies in Brazil: present status and perspectives. In: J.G. TUNDISI; C.E.M. BICUDO e T. MATSUMURA-TUNDISI (eds.), *Limnology in Brazil*. Rio de Janeiro, ABC/SBL, p. 37-58.
- BOURRELLY, P. 1966. *Les algues d'eau douce: initiation à la systématique. Tome I: les algues vertes*. Paris, Ed. N. Boubée, 572 p.
- BOURRELLY, P. 1970. *Les algues d'eau douce: initiation à la systématique. Tome III: les algues bleues et rouges, les Engléniens, Peridians et Chryptomonadiens*. Paris, Ed. N. Boubée, 512 p.
- CETTO, J.M.; LEANDRINI, J.A.; FELISBERTO, S.A. e RODRIGUES, L. 2004. Comunidade de algas perifíticas no reservatório do Irai,

- Estado do Paraná, Brasil. *Acta Scientiarum Biological Sciences*, **26**(1):1-7.
- COLE, G. 1994. *Textbook of Limnology*. Saint Louis, The C.V. Mosby, 283 p.
- DENICOLA, D.M. 1996. Periphyton responses to temperature at different ecological levels. In: R.J. STEVENSON; BOTHWELL, M. e LOWE, R.L. (eds.), *Algal ecology freshwater benthic ecosystems*. San Diego, Academic Press, p. 150-176.
- FERNANDES, V.O. 1998. Variação temporal e espacial na composição da comunidade perifítica na lagoa Imboassica. In: F.A. ESTEVES (ed.), *Ecologia das lagoas costeiras do Parque Nacional da restinga de Jurubatiba e do município de Macaé (RJ)*. Rio de Janeiro, Computer e Publish editoração gráfica, p. 221-236.
- FERNANDES, V.O. 2005. Perifiton: conceitos e aplicações da limnologia à engenharia. In: F. ROLAND; D. CESAR e M. MARINHO (eds.), *Lições de Limnologia*, São Carlos, RIMA, p. 351-370.
- FONSECA, I.A. e RODRIGUES, L. 2005. Comunidade de algas perifíticas em distintos ambientes da planície de inundação do alto rio Paraná. *Acta Scientiarum Biological Sciences*, **27**(1):21-28.
- GREENBERG, A.E.; CLESCERI, L.S. and EATON, A.D. (eds.). 1992. *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*. 18th ed., Washington D.C., APHA - American Publication Health Association, p. 10-137.
- HAPPEY-WOOD, C.M. 1988. Ecology of freshwater planktonic green-algae. In: C.D. SANDGREEN (ed.), *Growth and reproductive strategies of freshwater phytoplankton*. Cambridge, Cambridge University Press, p. 175-226.
- KALFF, J. e WATSON, S. 1986. Phytoplankton and its dynamics in two tropical lakes: a tropical and temperate zone comparison. *Hydrobiologia*, **138**:161-176.
- KOMÁREK, J. e ANAGNOSTIDIS, K. 1989. Modern approach to the classification system of cyanophytes. 4 – Nostocales. *Archiv für Hydrobiologie*, **56**:247-345.
- KOMÁREK, J. e ANAGNOSTIDIS, K. 1999. Chroococcales. In: A. ETTL; J. GERLOFF; H. HEYNIG e D. MOLLENHAUER (eds.), *Süßwasserflora von Mitteleuropa*. Bd. 19. Stuttgart, G. Fischer Verlag, 548 p.
- KOMÁREK, J. e FOTT, B. 1983. Chlorophyceae – Chlorococcales. In: G. HUBER-PESTALOZZI, *Das phytoplankton des Süßwassers: systematik und biologie*. Stuttgart: E. Schweizerbart'sche Verlagsgesellschaft. Pt. 7, (Die Binnengewässer, August Thienemann) 16^a ed., 1044 p.
- LOBO, E. e LEIGHTON, G. 1986. Estruturas comunitárias de las fitocenosis planctónicas de los sistemas de desembocaduras y esteros de rios de la zona central de Chile. *Revista de Biología Marina*, **22**(1):1-29.
- LUND, J.W.G.; KIPLING, C. e LECREN, D. 1958. The inverted microscope method of estimating algal numbers and statistical basis of estimation by counting. *Hydrobiologia*, **11**:143-170.

- MOSCHINI-CARLOS, V. 1999. Importância, estrutura e dinâmica da comunidade perifítica nos ecossistemas aquáticos continentais. In: M.L.M. POMPÊO (ed.), *Perspectivas da Limnologia no Brasil*. São Luís, Gráfica e Editora União, p. 91-103.
- MOSCHINI-CARLOS, V.; POMPÊO, M.L.M. e HENRY, R. 1999. Dinâmica da comunidade perifítica na zona de desembocadura do rio Paranapanema: represa de Jurumirim, SP. In: R. HENRY (ed.), *Ecologia de Reservatórios: estrutura, função e aspectos sociais*. Botucatu, FUNDIBIO/FAPESP, p. 711-734.
- OLIVEIRA, M.D. de e RODRIGUES, L. 2002. Impacto do sedimento sobre o desenvolvimento do perifíton no rio Taquari, Pantanal, MS. Embrapa Pantanal. *Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento*, **37**, 20 p.
- PAERL, H.W. 1988. Growth and reproductive strategies of freshwater blue-green algae (Cyanobacteria). In: C.D. SANDGREEN (ed.), *Growth and reproductive strategies of freshwater phytoplankton*. Cambridge, Cambridge University Press, p. 261-315.
- PEREIRA, J.B. e LOUREIRO FERNANDES, L. 1999. Variação temporal do zooplâncton da lagoa da UFES, Vitória, Espírito Santo. *Acta Limnologica Brasiliensia*, **11**(2):79-88.
- PIECZYNSKA, E. 1990. Littoral habitats and communities. In: S.E. JORGENSEN e H. LOFFLER (eds.), *Guidelines of lake management*. Japan, ILEC, p. 39-71.
- PIELOU, E.C. 1984. *The interpretation of ecological data*. New York, John Wiley e Sons, 263 p.
- POLLINGHER, U. 1988. Freshwater armored dinoflagellates: growth, reproduction strategies and population dynamics. In: C.D. SANDGREEN (ed.), *Growth and reproductive strategies of freshwater phytoplankton*. Cambridge, Cambridge University Press, p. 134-174.
- RODRIGUES, L; BICUDO, D.C. e MOSCHINI-CARLOS, V. 2003. O papel do perifíton em áreas alagáveis e nos diagnósticos ambientais. In: S.M. THOMAZ e L.M. BINI (eds.), *Ecologia e manejo de macrófitas aquáticas*. Maringá, Eduem, p. 211-229.
- SAND-JENSEN, K. 1983. Physical and Chemical parameters regulating growth of periphytic communities. In: R.G. WETZEL (ed.), *Periphyton of freshwater ecosystems*. The Hague, Dr. W. Junk, p. 63-71.
- SHANNON, C. E. e WEAVER, W. 1963. *The mathematical theory of communication*. Urbana, University of Illinois Press, 173 p.
- SIMONSEN, R. 1979. The diatom system: Ideas on Phylogeny. *Bacillaria*, **2**:9-71.
- SOMMER, U. 1988. Growth and survival strategies of planktonic diatoms. In: C.D. SANDGREEN (ed.), *Growth and reproductive strategies of freshwater phytoplankton*. Cambridge, Cambridge University Press, p. 227-260.
- UTERMÖHL, H. 1958. Zur Vervollkommung der quantitativen phytoplankton – methodik. *Mitteilungen Internationale Vereinigung für Theoretische und Angewandte Limnologie*, **9**:1-38.
- XAVIER, M.B. 1988. Euglenaceae pigmentadas (Euglenophyceae) do rio Grande, represa Billings, São Paulo, Brasil: estudos limnológicos. *Acta Limnologica Brasiliensia*, **2**:303-321.
- WETZEL, R.G. 1981. *Limnología*. Barcelona, Ediciones Omega, 679 p.
- WETZEL, R.G. 1983. Opening remarks. In: R.G. WETZEL (ed.), *Periphyton of freshwater ecosystems*. The Hague, Dr. W. Junk, p. 3-4, 63-71.

Submitted on: 2006/10/01

Accepted on: 2007/03/01