

Fitoplâncton da lagoa do *campus* universitário da UFES (Vitória, ES): estrutura da comunidade e considerações ecológicas

Phytoplankton at the lagoon of the *campus* of the Universidade Federal do Espírito Santo (Vitória, ES, Brazil): community structure and ecological considerations

Fabiola C. O. Martins¹
fawe1@terra.com.br

Valéria de O. Fernandes
valeriaes@uol.com.br

Resumo

A lagoa da Universidade Federal do Espírito Santo é um ambiente artificial, criado com finalidade de harmonia paisagística, apesar de, durante vários anos, receber efluentes domésticos *in natura* de edificações circundantes dentro do próprio *campus*. O presente estudo visa avaliar a estrutura da comunidade fitoplanctônica e relacioná-la com algumas variáveis físicas e químicas da água e climatológicas da região, em uma estação amostral, durante oito meses (outubro/2001 a maio/2002), em intervalos mensais. O fitoplâncton foi avaliado através de seus principais atributos (riqueza, dominância, abundância e frequência de ocorrência de espécies e densidade populacional, além da diversidade e equitabilidade). As variáveis ambientais determinadas foram: pH, oxigênio dissolvido, condutividade elétrica, salinidade, turbidez, transparência, zona eufótica, profundidade da coluna d'água, precipitação e temperatura (do ar e da água). Para testar a significância entre as variáveis biológicas do fitoplâncton e as variáveis ambientais e ordená-las utilizou-se, respectivamente, o coeficiente de correlação de Spearman e a ACP. Foram registrados 34 táxons, distribuídos em quatro classes. A classe predominante, qualitativamente, foi Chlorophyceae, seguida de Cyanophyceae e Bacillariophyceae, sendo a classe Dinophyceae menos representativa. A classe Chlorophyceae predominou quantitativamente, representada apenas pela Ordem Chlorococcales. Cyanophyceae e Bacillariophyceae apresentaram flutuações temporais de suas respectivas densidades associadas à temperatura da água. A precipitação, a transparência e a temperatura da água foram as variáveis abióticas que mais influenciaram na estrutura do fitoplâncton da lagoa da UFES, evidenciando variação temporal da comunidade mostrada pela ACP.

Palavras-chave: variação temporal, lagoa artificial, fitoplâncton, estrutura da comunidade.

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 Espírito Santo Federal University lagoon is an artificial environment, created for landscape harmony, although, during some years, it has received domestic effluent *in natura*

from surrounding constructions of the proper *campus*. The present study aims at evaluating the structure of the phytoplankton community and relating it with some physical and chemical variables of the water and climatological variables of the region, in a sampling station, during eight months (October/2001 to May/2002), in monthly intervals. The phytoplankton was evaluated through its main attributes (richness, dominance, abundance and frequency of occurrence of species, population density, diversity and evenness). The determined environmental variables were: pH, dissolved oxygen, electric conductivity, salinity, turbidity, transparency, eufotic zone, depth of the water column, precipitation, and temperature (air and water). To test the significance it enters the phytoplankton's biological variables and the environmental variables and its command the Spearman's correlation coefficient and the ACP was used, respectively. The phytoplankton was composed by 34 taxa, distributed in four class. The predominant classes, qualitatively, was Chlorophyceae, followed by Cyanophyceae and Bacillariophyceae, being less representative the Dinophyceae class. The Chlorophyceae class predominated quantitatively, represented only for the Chlorococcales Order. Cyanophyceae and Bacillariophyceae had presented temporal fluctuations of its respective densities associates to the temperature of the water. The precipitation, the transparency and the temperature of the water had been the environmental variables that had more influenced in the structure of phytoplankton of the UFES lagoon, evidencing temporal variation of the community shown for the ACP.

Key words: temporal variation, artificial lagoon, phytoplankton, community structure.

Introdução

Os ecossistemas aquáticos artificiais foram criados a fim de proporcionar melhores condições de vida ao homem (Nogueira e Leandro-Rodrigues, 1999). No entanto, a ocupação antrópica desordenada gera vários impactos nestes ambientes, como lançamento de esgotos domésticos, que resulta em eutrofização artificial (Pinto-Coelho *et al.*, 1999; Huszar *et al.*, 2005), interferindo na estabilidade das comunidades biológicas aquáticas. Dentre essas comunidades, o fitoplâncton assume relevada importância nos ecossistemas aquáticos, pois constitui um dos produtores primários da cadeia alimentar, além de ser responsável pela principal fonte de oxigênio atmosférico (Esteves, 1998).

As análises do desenvolvimento temporal e espacial do fitoplâncton são complexas em função dos vários fatores abióticos com os quais a comunidade interage. Além disso, as propriedades fisiológicas de cada espécie de alga (Calijuri *et al.*, 1999), associadas às composições qualitativas e quantitativas, constituem informações essenciais na avaliação da estrutura da comunidade (Dias-Júnior, 1995), importante nos diagnósticos ambientais.

Assim sendo, o presente estudo visou avaliar a estrutura da comunidade fitoplanctônica em uma lagoa artificial urbana localizada no *campus* da Universidade Federal do Espírito Santo

(UFES) através de seus principais atributos e relação com algumas variáveis ambientais. Destaca-se que são poucos os estudos realizados com esta comunidade no estado, especialmente em lagoas artificiais urbanas.

Material e Métodos

A lagoa da Universidade Federal do Espírito Santo (UFES) está localizada no Campus Alar Queiroz de Araújo (Goiabeiras, Vitória, ES) a 20° 16' 41" S e 40° 18' 10" W. É um ambiente artificial, com área de 1,4 ha, volume de 1,7 x 10⁶ m³ e profundidade média de 1,2 m (Perrone, 1997 *in* Pereira e Loureiro-Fernandes, 1999). Foi criada com fins

de harmonia paisagística em 1969, apesar de, durante vários anos, receber lançamento de efluentes domésticos *in natura* de edificações circundantes dentro do próprio *campus* (Figura 1).

O clima predominante no Espírito Santo é o tropical úmido, com média anual da temperatura de 23° C e da precipitação de 1.400 mm. Em Vitória, onde se situa a lagoa da UFES, a temperatura média mensal máxima e mínima é de 30,4° C e 24° C, respectivamente. As amostragens foram realizadas na subsuperfície de uma estação localizada na região litorânea da margem esquerda da lagoa (Figura 1), em intervalos mensais, durante oito meses (outubro/2001 a maio/2002).

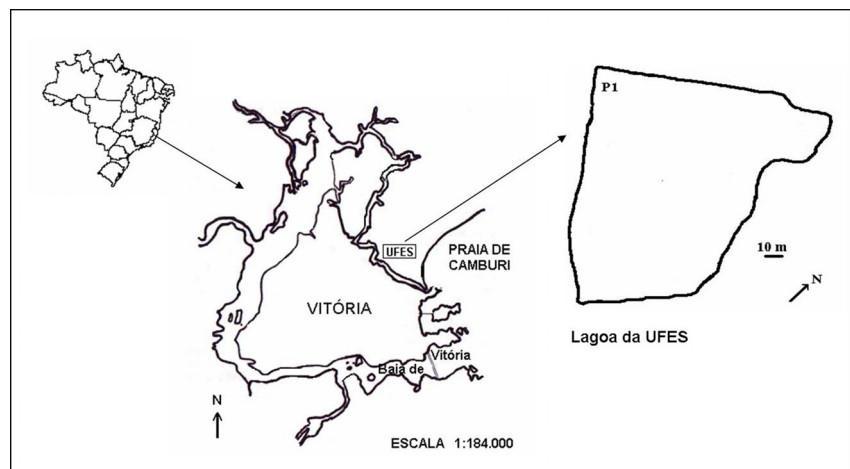


Figura 1. Localização da área de estudo, indicando a estação amostral (P1).
Figure 1. Localization of the study site, indicating the sampling site (P1).

Para a análise qualitativa do fitoplâncton, as amostras foram coletadas, em duplicata, com rede de plâncton, com abertura de malha de 20 μm , sendo uma amostra mantida viva para imediatas observações do material, e a outra fixada com solução Transeau (Bicudo e Bicudo, 1970) para posteriores análises. Os organismos foram esquematizados e medidos em microscópio óptico e identificados através dos 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 (1968) para a classe Dinophyceae.

Além disso, o fitoplâncton foi amostrado com garrafa de Van Dorn e fixado com solução de lugol acético para quantificação, segundo o método de sedimentação de Utermöhl (1958), em microscópio invertido, até que a espécie mais abundante atingisse, no mínimo, 100 indivíduos (Lund *et al.*, 1958). Os resultados foram expressos em indivíduos/ml e calculados de acordo com Weber (1973).

A estrutura da comunidade foi avaliada através de espécies abundantes, dominantes, frequência de ocorrência de táxons (Lobo e Leighton, 1986); diversidade (Shannon e Weaver, 1963); equitabilidade (Pielou, 1984); riqueza de táxons e densidade populacional.

As variáveis físicas e químicas da água foram determinadas *in situ*, aproximadamente às 10 horas. Turbidez, condutividade elétrica, pH, oxigênio dissolvido e salinidade foram determinados por meio de equipamentos digitais. A transparência 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 foi medida utilizando termômetro de bulbo. A profundidade da coluna d'água foi também determinada através do disco de Secchi, que apresentava cabo marcado a cada 0,1 m.

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.

Os resultados foram submetidos à estatística descritiva através da média, desvio-padrão e coeficiente de variação. O coeficiente de correlação de Spearman foi utilizado para testar a significância das correlações entre as variáveis biológicas do fitoplâncton, as variáveis físicas e químicas da água e as variáveis climatológicas avaliadas. Além disso, utilizou-se a análise fatorial em componentes principais (ACP) a fim de ordenar as variáveis ambientais com as biológicas da comunidade, através do software Statsoft Statistica versão 6.0.

Resultados

A precipitação acumulada anual dos anos 2001 e 2002 estiveram, respectivamente, acima e abaixo da média (1.222 mm) de uma série histórica de 1976 a 2004 (dados do INCAPER). Durante o período amostral, as maiores precipitações ocorreram nos meses com temperaturas do ar mais reduzidas (outubro/2001 a dezembro/2001). De janeiro/2002 a maio/2002, os valores da precipitação foram menores e os da temperatura do ar foram maiores comparados com os meses anteriores, mostrado pela correlação negativa entre essas variáveis ($r = -0,857$), exceto no mês de abril/2002 em que a precipitação e a temperatura do ar foram ele-

vadas (Figura 2), evidenciando um padrão climático atípico para a região.

O coeficiente de correlação de Spearman mostrou que a precipitação apresentou correlação significativa positiva com a salinidade ($r = 0,714$) e condutividade elétrica ($r = 0,905$). A transparência da água mostrou-se positivamente correlacionada com a profundidade da coluna d'água ($r = 0,881$) e com a zona eufótica ($r = 0,881$) e negativamente com a turbidez ($r = -0,643$) e o pH apresentou correlações negativas com a zona eufótica e profundidade da coluna d'água ($r = -0,690$). As demais variáveis não apresentaram correlações significativas, sendo suas oscilações, durante o período amostral, mostradas na Tabela 1. Os valores da salinidade caracterizaram as águas da lagoa da UFES como doce a levemente oligohalina.

A comunidade fitoplanctônica da lagoa da UFES esteve composta por 34 táxons (Tabela 2), distribuídos em quatro classes, sendo a classe Chlorophyceae a mais representativa (55,9%), em termos de número de táxons, seguida das classes Cyanophyceae (23,5%) e Bacillariophyceae (14,7%). A classe Dinophyceae foi menos representativa quanto à riqueza específica (5,9%) (Figura 3).

Do total de táxons, 13 foram considerados constantes, 10 comuns e 11 raros, conforme o critério de frequência de ocorrência proposto por Lobo e Lei-

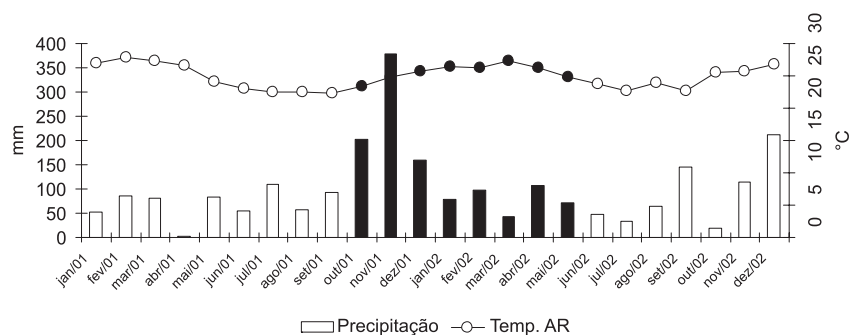


Figura 2. Variação anual da precipitação e temperatura do ar nos anos de 2001 e 2002 em Vitória (ES). Os meses destacados correspondem ao período amostral (outubro/2001 a maio/2002).

Figure 2. Annual variation of the precipitation and air temperature in the years of the 2001 and 2002 in Vitória (ES). The detached months correspond to the sampling period (October/2001 to May/2002).

Tabela 1. Amplitude de variação e estatística descritiva das variáveis ambientais avaliadas, no período de out./01 a maio/02, na lagoa da UFES.

Table 1. Amplitude variation and descriptive statistics of the environmental variables evaluated in the period from October/2001 to May/2002 in the UFES lagoon.

Variáveis ambientais	Mín. – Máx.	Média	Desvio padrão	Coefficiente de variação (%)
Condutividade elétrica (¼S/c)	900-1884	1076,9	330,1	30,6
Oxigênio dissolvido (% satur.)	59,1-116,1	87,4	19,7	22,5
pH	7,71-8,71	8,2	0,4	4,2
Precipitação (mm)	43,4-378,9	142,2	108,4	76,2
Temperatura ar (°C)	24-33	25,6	1,2	4,9
Salinidade (u.s.)	0,2-0,8	0,3	0,2	61
Temperatura água (°C)	23-32,6	28,90	2,8	9,7
Profundidade (m)	0,55-0,77	0,62	0,1	14,4
Zona eufótica (m)	0,55-0,77	0,62	0,1	14,4
Transparência (m)	0,4-0,71	0,58	0,1	15,8
Turbidez (UNT)	2,48-13,8	8,6	3,9	45,1

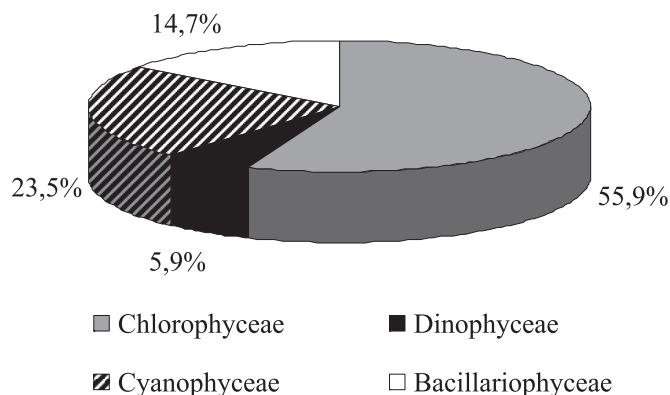


Figura 3. Contribuição percentual das classes fitoplanctônicas no número total de táxons, registrados no período de outubro/2001 a maio/2002 na lagoa da UFES.

Figure 3. Percentile contribution of the phytoplanktonics Class in the total number taxa, registered in the period from October/2001 to May/2002 in the UFES lagoon.

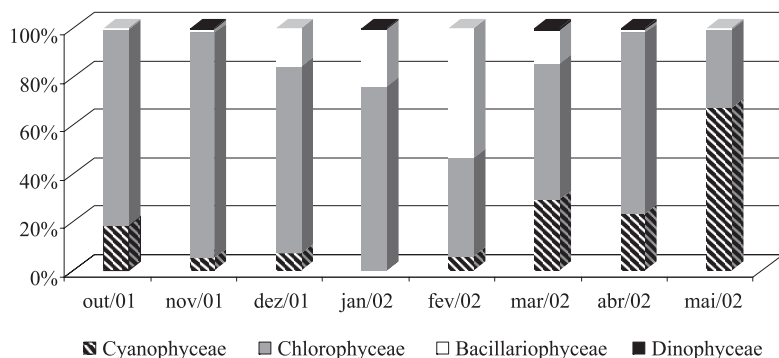


Figura 4. Variação temporal da contribuição percentual das classes fitoplanctônicas na densidade total, registradas no período de outubro/2001 a maio/2002 na lagoa da UFES.

Figure 4. Temporal variation of the percentile contribution of the phytoplanktonics Class in the total density, registered in the period from October/2001 to May/2002 in the UFES lagoon.

ghton (1986), como mostra a Tabela 2. Quanto aos tipos morfológicos das algas, dominaram as formas coloniais ou cenobiais, com 22 indivíduos (64,7 %), seguidas de 10 formas unicelulares (29,4 %) e duas formas filamentosas (5,9 %). A classe Chlorophyceae esteve representada apenas pela Ordem Chlorococcales, destacando-se o gênero *Scenedesmus* pelo maior número de espécies registradas (seis). Essa mesma classe (Chlorophyceae) foi também a que mais contribui na densidade total praticamente durante todo o período amostral (Figura 4), pois em fevereiro/2002 a classe Bacillariophyceae representou 53,7 % da densidade total e em maio/2002 a maior contribuição foi atribuída à classe Cyanophyceae (67,2 %). A classe Dinophyceae foi menos representativa quantitativamente, contribuindo na densidade total apenas nas amostragens de novembro/2001, janeiro/2002, março/2002 e abril/2002.

A densidade total fitoplanctônica variou de 7.009 ind./ml (maio/2002) a 56.267 ind./ml (novembro/2001) com média de 22.014 ind./ml (Figura 5). A densidade máxima registrada em novembro/2001 foi devido à dominância de *Monoraphidium contortum* (42.933 ind./ml) e abundância de *Coelastrum microporum* (8.000 ind./ml).

Com relação ao número de espécies abundantes, o menor valor registrado ocorreu em novembro/2001, em que apenas *Coelastrum microporum* foi abundante (Tabela 3), enquanto o maior valor ocorreu em março/2002, no qual foram registradas sete espécies abundantes (Tabela 3).

Espécies dominantes foram registradas nas amostragens de outubro/2001 a fevereiro/2002, sendo que nas três últimas amostragens não houve dominância de espécie (Tabela 4).

O teste de correlação entre a densidade das classes fitoplanctônicas e as variáveis ambientais da lagoa da UFES mostrou que a classe Cyanophyceae (CYA) correlacionou-se negativamente com a temperatura da água (TAG), enquanto que a classe Bacillariophyceae (BAC) correlacionou-se positiva-

mente com esta mesma variável. A classe Chlorophyceae (CHL) esteve associada positivamente com a precipitação (PLU) e a classe Dinophyceae apresentou correlação negativa com a transparência da água (SEC). As classes Cyanophyceae e Bacillariophyceae correlacionaram-se negativamente (Tabela 5).

A diversidade (DIV) variou de 2,6 bits/ind. (janeiro/2002) a 4,1 bits/ind. (março e maio/2002) com média de 2,27 (Figura 6).

A equitabilidade (EQUI) média da comunidade foi 0,65, sendo o menor valor registrado em novembro/2001 (0,35) e o maior em março/2002 (0,88), como mostra a Figura 6. Essa variável correlacionou-se negativamente com a

precipitação (PLU) e a condutividade elétrica (CE) e positivamente com a riqueza de táxons (RIQ) (Tabela 5).

A variação da riqueza (RIQ) foi de 8 a

18 táxons em fevereiro/2002 e março/2002, respectivamente, com média de 13 táxons, correlacionando-se positivamente com a densidade da classe Dino-

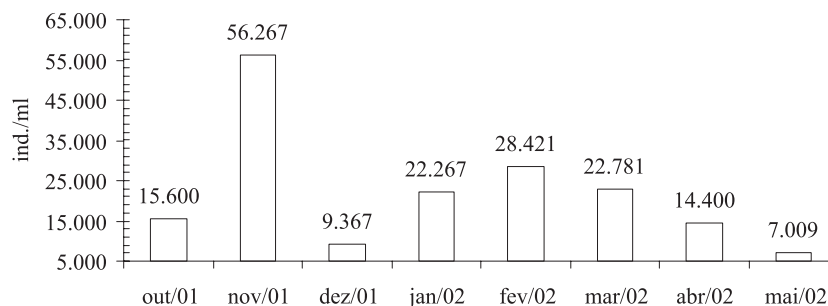


Figura 5. Variação temporal da densidade total do fitoplâncton na lagoa da UFES, no período de outubro/2001 a maio/2002.

Figure 5. Temporal variation of the total phytoplanktonic density in the UFES lagoon in the period from October/2001 to May/2002.

Tabela 2. Lista e frequência de ocorrência dos táxons fitoplantônicos registrados na lagoa da UFES, no período de outubro/2001 a maio/2002. CT = táxon constante; CM = táxon comum; R = táxon raro.

Table 2. List and occurrence frequency of phitoplanktonics taxas registered in the UFES lagoon in the period from October/2001 to May/2002. CT = constant taxa; CM = common taxa; R = rare taxa.

DIVISÃO: CYANOPHYTA	FAMÍLIA: HYDRODICTYACEAE	
CLASSE: CYANOPHYCEAE	<i>Pediastrum duplex</i> Meyen	R
ORDEM: CHROOCOCCALES	<i>Pediastrum duplex</i> Meyen var. <i>rugulosum</i> (Raciborski)	R
FAMÍLIA: CHROOCOCCACEAE	<i>Pediastrum simplex</i> Meyen	R
<i>Chroococcus minor</i> (Kützing) Nägeli	CM FAMÍLIA: OOCYSTACEAE	
<i>Chroococcus turgidus</i> (Kützing) Nägeli	CM <i>Oocystis</i> sp.	CM
FAMÍLIA: MERISMOPEDIACEAE	FAMÍLIA: SCENEDESMACEAE	
<i>Merismopedia insignis</i> Skorbatov	CT <i>Didymocystis bicellulares</i> (Chod) Kom.	CT
<i>Aphanocapsa elachista</i> W.et G. S.West	R <i>Scenedesmus quadricauda</i> (Turpin) var. <i>westii</i> G. M. Smith	CT
<i>Aphanocapsa grevillei</i> (Berkeley) Rabenhorst	CM <i>Scenedesmus bijugatus</i> f. <i>minor</i> Chadha & Pandey	CM
FAMÍLIA: SYNECHOCOCCACEAE	<i>Scenedesmus acuminatus</i> (Lagerheim) Chodat	R
<i>Aphanothece nidulans</i> Richter in Wittrock & Nordstedt	CT <i>Scenedesmus disciformis</i> (Chodat) Fott & Komárek	CM
ORDEM: OSCILLATORIALES	<i>Scenedesmus falcatus</i> R. Chodat	R
FAMÍLIA: PSEUDANABAENACEAE	<i>Scenedesmus shensiensis</i> Jao	R
<i>Geitlerinema amphibium</i> (Agardh ex Gomont) Anagnostidis	CT DIVISÃO: DINOPHYTA	
ORDEM: NOSTOCALES	CLASSE: DINOPHYCEAE	
FAMÍLIA: NOSTOCAEEAE	ORDEM: PERIDINIALES	
<i>Anabaena</i> sp.	R FAMÍLIA: PERIDINIACEAE	
DIVISÃO: CHLOROPHYTA	<i>Peridinium</i> sp. 1	CT
CLASSE: CHLOROPHYCEAE	<i>Peridinium</i> sp. 2	CM
ORDEM: CHLOROCCOCALE	DIVISÃO: HETEROKONTOPHYTA	
FAMÍLIA: CHLORELLACEAE	CLASSE: BACILLARIOPHYCEAE	
<i>Ankistrodesmus bibráianus</i> (Reinsch) Korsikov	CM ORDEM: PENNALES	
<i>Monoraphidium contortum</i> (Thuret) Komárková-Legnerová	CT Pennales sp.	R
<i>Monoraphidium griffithii</i> (Berkeley) Komárková-Legnerová	CM SUB-ORDEM: RAPHIDINAE	
<i>Monoraphidium minutum</i> (Nägeli) Komárková-Legnerová	R FAMÍLIA: NAVICULACEAE	
<i>Tetraedron minimum</i> (A. Braun) Hansgirg	CT <i>Navicula viridula</i> (Kützing) Ehrenberg	CM
FAMÍLIA: COELASTRACEAE	FAMÍLIA: NITZSCHACEAE	
<i>Coelastrum astroideum</i> De Notaris	CT <i>Hantzschia elongata</i> (Hantzsch.) Grun.	CT
<i>Coelastrum microporum</i> Nägeli	CT <i>Nitzschia palea</i> (Kützing) W. Smith	CT
<i>Coelastrum pseudomicroporum</i> Korsikov	CT <i>Nitzschia</i> sp.	R

phyceae (DIN) (Tabela 5 e a Figura 7). A análise fatorial em componentes principais (ACP) mostrou que 79,9 % das variações ocorridas no sistema foram explicadas pelos três primeiros fatores. O fator 1 foi responsável por 30,3 % de variabilidade e esteve associado com a densidade da classe Bacillariophyceae (BAC), profundidade da coluna d'água (PROF) e zona eufótica (ZE). O fator 2 explicou 29,7 % das variações, relacionando-se com diversidade (DIV), equitabilidade (EQUI), precipitação (PLU) e pH. Finalmente, 19,9 % da variabilidade no ambiente foi explicada pelo fator 3 que se associou, principalmente, com a densidade das classes Cyanophyceae (CYA) e Chlorophyceae (CHL) e com a temperatura da água (TAG) (Figura 8).

Discussão

Por ser um ecossistema raso e com grande espelho d'água, a lagoa da UFES está sujeita à ação de ventos frequentes e constantes circulações da água, fatores estes que, aliados ao aporte contínuo de nutrientes, oriundos dos lançamentos de esgotos, em diferentes pontos da lagoa, devem alterar o padrão de substituição das espécies fitoplanctônicas no decorrer do tempo, modificando a estrutura da comunidade.

De modo geral, os valores de condutividade elétrica neste sistema foram elevados, denotando um ambiente rico em íons provavelmente resultantes do processo de decomposição da matéria orgânica, especialmente de origem alóctone (lançamento de esgotos domésti-

cos e carreamento de materiais pelas águas pluviais). O maior valor da condutividade elétrica registrado (janeiro/2002) possivelmente esteve associado à intensa chuva horas antes da amostragem, provocando carreamento do material orgânico adjacente à lagoa e/ou ressuspensão do sedimento orgânico, justificando a correlação positiva desta variável com a precipitação.

A transparência da água foi elevada na maioria das amostragens, fundamental ao metabolismo do fitoplâncton, o que não seria fator limitante ao desenvolvimento da comunidade, uma vez que esta foi amostrada da subsuperfície. Nos meses em que a transparência foi reduzida (outubro/2001, janeiro/2002 e abril/2002), registraram-se os maiores valores da turbidez, o que explica a correlação negativa entre essas duas variáveis.

Quanto ao fitoplâncton, a lagoa da UFES apresentou algumas características abióticas que propiciaram o desenvolvimento da Ordem Chlorococcales, como o pH, que variou de neutro a levemente alcalino e reduzida profundidade da coluna d'água, sendo os mesmos fatores apontados por Sant'Anna *et al.* (1989) para explicar a predominância destes organismos no lago das Garças (SP).

Algumas clorococcales registradas na lagoa da UFES apresentam estratégias adaptativas para redução da sedimentação como secreção de mucilagem (*Oocystis* sp., por exemplo) e presença de espinhos (*Scenedesmus* spp.), favo-

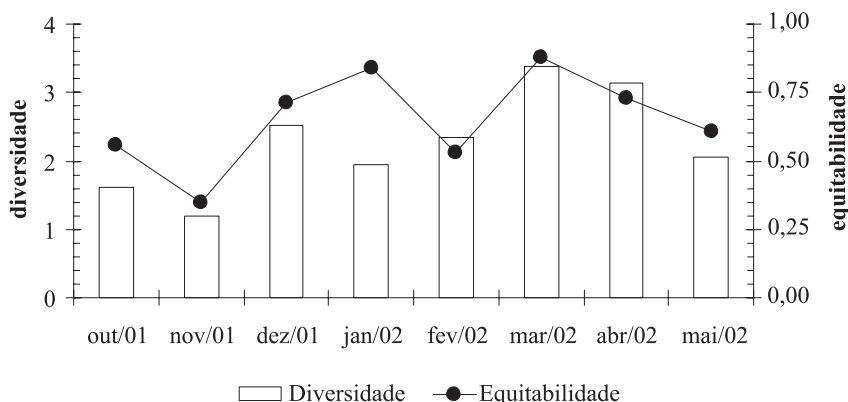


Figura 6. Variação temporal da diversidade (bits/ind.) e equitabilidade da comunidade fitoplanctônica da lagoa da UFES, no período de outubro/2001 a maio/2002.

Figure 6. Temporal variation of the diversity (bits/ind.) and evenness of the phytoplanktonic community of the UFES lagoon in the period from October/2001 to May/2002.

Tabela 3. Densidade (ind./ml) das espécies abundantes no fitoplâncton da lagoa da UFES no período de outubro/2001 a maio/2002.

Table 3. Density (ind./ml) of the abundant species of the UFES lagoon in the period from October/2001 to May/2002.

Espécies Abundantes	Amostragens							
	out./01	nov./01	dez./01	jan./02	fev./02	mar./02	abr./02	mai./02
<i>Aphanothece nidulans</i>	-	-	-	-	-	4.000	724	-
<i>Merismopedia insignis</i>	2.080	-	-	-	-	1.943	-	-
<i>Coelastrum astroideum</i>	-	-	-	-	-	3.581	3.962	533
<i>C. microporum</i>	3.040	8.000	1.967	-	-	-	1.524	4.035
<i>C. pseudomicroporum</i>	-	-	-	-	1.790	1.752	-	-
<i>Didymocystis bicellulares</i>	-	-	-	-	4.509	1.371	1.943	-
<i>Monoraphidium contortum</i>	-	-	-	7.467	-	-	-	-
<i>Monoraphidium griffithii</i>	-	-	-	-	2.848	3.581	2.248	-
<i>Nitzschia palea</i>	-	-	1.500	5.267	-	3.086	-	-

recendo seu desenvolvimento na sub-superfície, que recebe diretamente nutrientes por meio de escoamento superficial, principalmente nos períodos chuvosos, o que justifica a correlação positiva com a precipitação, além do lançamento de esgotos no sistema. Segundo Happey-Wood (1988), estas algas são oportunistas e desenvolvem-se bem em ambientes com condições extremas de degradação ambiental.

Formas coloniais e cenobiais induzem a seletividade dos predadores, reduzindo a pressão da herbivoria (Happey-Wood, 1988), fato este que, provavelmente, se associa à predominância de tais tipos morfológicos e que pode explicar as elevadas densidades das espécies do gênero *Coelastrum* na lagoa da UFES.

Ocorrência dos mesmos gêneros de clorococales citados na lagoa da UFES foi também registrada por Dias-Júnior (1995) na lagoa Jacunem (ES), Sant'Anna *et al.* (1989; 1997) no lago das Garças (SP), Huszar *et al.* (1990) em 18 lagoas do baixo rio Doce (ES) e Nogueira e Leandro-Rodrigues (1999) no lago II do Jardim Botânico Chico Mendes (GO), sendo que no primeiro estudo o gênero *Scenedesmus* também foi predominante qualitativamente com seis espécies.

As algas da classe Cyanophyceae apresentam diferentes estratégias adaptativas, o que permite que sejam encontradas em todas as estações do ano nas regiões tropicais e em todos os ambientes aquáticos, porém são sensíveis a alterações repentinas das condições ambientais (Paerl, 1988). Na lagoa da UFES, quando se registrou temperatura da água acima de 30° C nas amostragens de dezembro/2001 a fevereiro/2002, verificou-se redução na densidade dessa classe, mostrada pela correlação negativa entre essas duas variáveis. Como a lagoa da UFES localiza-se em uma região próxima ao mar, está sujeita à ação de ventos constantes. Por isso, os ventos observados durante estas amostragens (dezembro/2001 a fevereiro/2002) podem ter causado circulação das massas de água, pro-

Tabela 4. Densidade (ind./ml) das espécies dominantes no fitoplâncton da lagoa da UFES no período de outubro/2001 a maio/2002.

Table 4. Density (ind./ml) of the dominant species of the UFES lagoon in the period from October/2001 to May/2002.

Amostragens	Espécies dominantes	Densidade (ind./ml)
out./01	<i>Coelastrum microporum</i>	9.520
nov./01	<i>Monoraphidium contortum</i>	42.933
dez./01	<i>Didymocystis bicellularares</i>	3.633
jan./02	<i>Didymocystis bicellularares</i>	7.666
fev./02	<i>Nitzschia palea</i>	15.011
mar./02	-	-
abr./02	-	-
mai./02	-	-

- ausência de espécies dominantes.

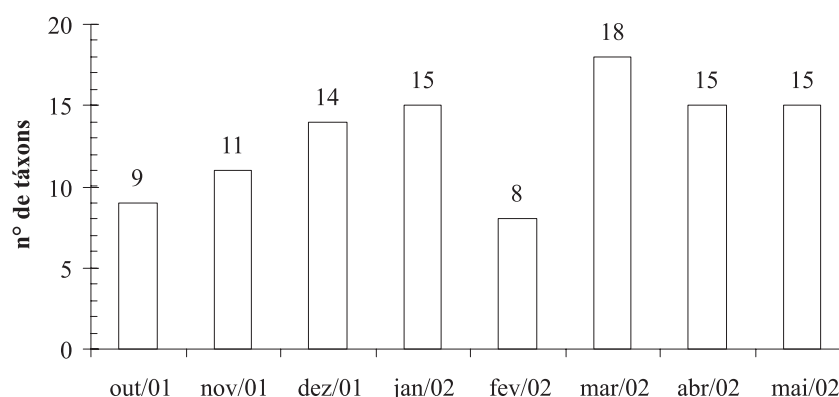


Figura 7. Variação temporal da riqueza de táxons fitoplanctônicos da lagoa da UFES no período de outubro/2001 a maio/2002.

Figure 7. Temporal variation of the phytoplankton taxa richness of the UFES lagoon in the period from October/2001 to May/2002.

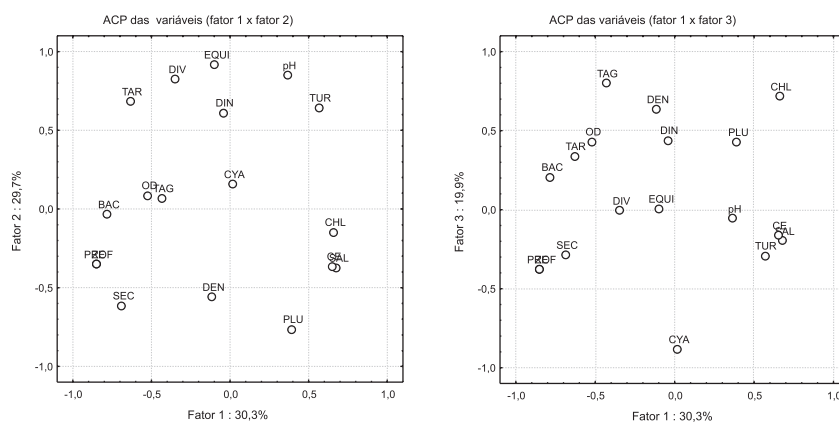


Figura 8. Ordenação das variáveis ambientais e biológicas do fitoplâncton da lagoa da UFES, através da ACP, no período de outubro/2001 a maio/2002.

Figure 8. Ordinance of the environmental variables and phytoplankton biological variables of the UFES lagoon in the period from October/2001 to May/2002.

vocando o deslocamento destes organismos da subsuperfície para camadas inferiores.

Nesta classe predominaram formas coloniais que apresentam bainha de mucilagem, sendo algumas espécies portadoras de pseudovacúolos, mecanismos estes que possibilitam a manutenção dessas algas na zona eufótica, mesmo que luz não tenha sido um fator limite neste ambiente.

Padrão diferente foi observado para a classe Bacillariophyceae, que se correlacionou positivamente com a temperatura da água, apresentando maior densidade na amostragem de fevereiro/2002, quando se registrou a maior temperatura da água (32,6° C). Segundo Sommer (1988), as algas dessa classe toleram amplas faixas de temperatura e, comparadas com as demais classes, desenvolvem-se muito bem em ambientes com constantes circulações de massas d'água que propiciam seu

posicionamento na zona eufótica, pois tendem a sedimentar devido às densas frústulas silicosas.

Como estratégia para evitar a sedimentação, os organismos dessa classe, registrados na lagoa da UFES durante o período amostral, apresentaram secreção de gotículas de óleo para redução de sua densidade e manutenção na zona fótica, conforme observado ao microscópio durante as análises qualitativas. A classe Dinophyceae não apresentou nenhuma correlação significativa com as variáveis abióticas, durante o período estudado. Porém, a presença quantitativa dessa classe ocorreu nos períodos com maiores temperaturas da água. Sua maior densidade, registrada em março/2002, coincidiu com o maior percentual de oxigênio dissolvido (116%) e a densidade de janeiro/2002 coincidiu com a menor turbidez registrada (2,48 UNT) e transparência total da coluna d'água (0,6 m). Segundo

Pollinger (1988), esse grupo de algas desenvolve-se, preferencialmente, em águas bem oxigenadas, com disponibilidade de luz e temperaturas elevadas. Os resultados da presente pesquisa corroboram com os obtidos no lago das Garças (SP) por Sant'Anna *et al.* (1997) e no lago II do Jardim Botânico Chico Mendes (GO) por Nogueira e Leandro-Rodrigues (1999).

Os menores valores da diversidade e equitabilidade registrados em novembro/2001 foram devido à maior dominância registrada, atribuída à espécie *Monoraphidium contortum*. Em março/2002, a maior diversidade e equitabilidade podem ser explicadas pela ausência de espécies dominantes, maior número de espécies abundantes (sete) e maior riqueza de táxons. Em janeiro/2002 a diversidade e a equitabilidade apresentaram padrões de variação opostos, sendo que a elevada equitabilidade está associada à elevada riqueza de táxons, baixa abundância de apenas três espécies e reduzida dominância (a menor registrada durante todo o período amostral) de *Didymocystis bicellulares*. Sant'Anna *et al.* (1997) obtiveram resultados semelhantes, em que altos valores de diversidade foram registrados nos períodos em que não havia dominância de espécies e os baixos valores de diversidade (menores que 1,5 bits/ind.) foram registrados durante a dominância de *Microcystis aeruginosa* no Lagoa das Garças (SP). Os trabalhos de Dias-Júnior (1995) e Nogueira e Leandro-Rodrigues (1999) também apresentaram resultados próximos aos registrados na lagoa da UFES. Finalmente, a ACP mostrou que a precipitação, a transparência e a temperatura da água foram as variáveis abióticas que mais influenciaram na estrutura do fitoplâncton da lagoa da UFES, evidenciando uma variação em escala temporal da comunidade, durante o período estudado.

Tabela 5. Matriz de correlação de Spearman entre as variáveis ambientais e biológicas do fitoplâncton da lagoa da UFES no período de outubro/2001 a maio/2002.

Table 5. Spearman's correlation matrix among the environmental variables and phytoplankton biological variables of the UFES lagoon in the period from October/2001 to May/2002.

Variáveis	CYA	CHL	BAC	DIN	DIV	EQUI
CYA	1,000					
CHL	-0,500	1,000				
BAC	-0,762*	0,000	1,000			
DIN	0,381	-0,167	-0,476	1,000		
DEN	-0,333	0,238	0,310	0,095		
DIV	0,357	-0,429	-0,333	0,214	1,000	
EQUI	-0,190	-0,119	-0,024	0,405	0,405	1,000
RIQ	0,381	-0,357	-0,286	0,667*	0,357	0,714*
PLU	0,024	0,690*	-0,238	-0,429	-0,452	-0,643*
TAR	-0,119	-0,381	0,119	0,595	0,571	0,738*
TAG	-0,833*	0,381	0,714*	-0,405	0,000	0,095
OD	-0,548	0,238	0,333	-0,333	0,381	0,262
pH	0,095	-0,214	-0,262	0,262	0,024	0,619
SAL	0,119	0,357	-0,190	-0,429	-0,643*	-0,381
CE	0,214	0,429	-0,286	-0,476	-0,524	-0,667*
TUR	0,429	-0,286	-0,619	0,476	0,048	0,214
SEC	-0,071	-0,238	0,548	-0,762*	-0,143	-0,548
PROF	0,095	-0,381	0,476	-0,381	-0,095	-0,548
ZE	0,095	-0,381	0,476	-0,381	-0,095	-0,548

* significativos ao nível de alfa 10 %. CYA = Cyanophyceae; CHL = Chlorophyceae; BAC = Bacillariophyceae; DIN = Dinophyceae; DIV = diversidade; EQUI = equitabilidade; RIQ = riqueza; PLU = pluviosidade; TAR = temperatura do ar; TAG = temperatura da água; OD = oxigênio dissolvido; SAL = salinidade; CE = condutividade elétrica; TUR = turbidez; SEC = transparência; PROF = profundidade; ZE = zona eufótica.

Agradecimentos

As autoras agradecem ao Departamento de Ecologia e Recursos Naturais da

UFES e ao Prof. PhD. Gilberto Fonseca Barroso pela concessão de 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. e BICUDO, R.M.T. 1970. *Algas de águas continentais brasileiras: chave ilustrada para identificação dos gêneros*. São Paulo, EDUSP, 228 p.
- BOURRELLY, P. 1968. *Les algues d'eau douce: initiation à la systématique. Tome II: les algues jaunes et brunes*. Paris, Ed. N. Boubée, 517 p.
- CALIJURI, M.C.; DEBERDT, G.L.B. e MINOTTI, R.T. 1999. A produtividade primária pelo fitoplâncton na represa de Salto Grande. In: R. HENRY (org.), *Ecologia de reservatórios: estrutura, função e aspectos sociais*. Botucatu, FUNDIBIO/FAPESP, p. 109-148.
- COLE, G. 1994. *Textbook of Limnology*. Saint Louis, The C. V. Mosby, 283 p.
- DIAS-JÚNIOR, C. 1995. Caracterização do fitoplâncton e possibilidade de seu uso como indicador das condições ambientais da lagoa Jacuém (Serra – ES). *Cadernos de Pesquisa da UFES*, **4**:27-35.
- ESTEVES, F.A. 1998. *Fundamentos em Limnologia*. Rio de Janeiro, Ed. Interciência/FINEP, 602 p.
- HAPPEY-WOOD, C.M. 1988. Ecology of freshwater planktonic green-algae. In: C.D. SANDGREEN (org.), *Growth and reproductive strategies of freshwater phytoplankton*. Cambridge, Cambridge University Press, p. 175-226.
- HUSZAR, V.L.M.; SILVA, L.H.S. da e ESTEVES, F.A. 1990. Estrutura das comunidades fitoplanctônicas de 18 lagoas da região do baixo rio Doce, Linhares, Espírito Santo, Brasil. *Revista Brasileira de Biologia*, **50** (3): 585-598.
- HUSZAR, V.L.M.; BICUDO, D.; GIANI, A.; FERRAGUT, C.; MARTINELLI, L.A.; HENRY, R. 2005. Subsídios para compreensão sobre a limitação de nutrientes ao crescimento do fitoplâncton e perifiton em ecossistemas lênticos do Brasil. In: F. ROLAND; D. CESAR e M. MARINHO (orgs.), *Lições de Limnologia*. São Carlos, Ed. Rima, p. 243-260.
- 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.), *StüBwasserflora 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 Verlagsbuchhandlung. Pt. 7, Die Binnengewässer, August Thienemann, 16ª 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 LE-CREN, D. 1958. The inverted microscope method of estimating algal numbers and statistical basis of estimation by counting. *Hydrobiologia*, **11**: 143-170.
- NOGUEIRA, I de S. e LEANDRO-RODRIGUES, N.C. 1999. Algas planctônicas de um lago artificial do Jardim Botânico Chico Mendes, Goiânia, Goiás: Florística e algumas considerações ecológicas. *Revista Brasileira de Biologia*, **59** (3): 377-395.
- PAERL, H.W. 1988. Growth and reproductive strategies of freshwater blue-green algae (Cyanobacteria). In: C.D. SANDGREEN (org.), *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.
- PIELOU, E.C. 1984. *The interpretation of ecological data*. New York, John Wiley e Sons, 263 p.
- PINTO-COELHO, R.M.; COELHO, M.M.; ESPÍRITO SANTO, M.M. e CORNELISSEN, T.G. 1999. Efeitos da eutrofização na estrutura da comunidade planctônica na lagoa da Pampulha, Belo Horizonte, MG. In: R. HENRY (org.), *Ecologia de reservatórios: estrutura, função e aspectos sociais*. Botucatu, FUNDIBIO/FAPESP, p. 551-572.
- POLLINGHER, U. 1988. Freshwater armored dinoflagellates: growth, reproduction strategies and population dynamics. In: C.D. SANDGREEN (org.), *Growth and reproductive strategies of freshwater phytoplankton*. Cambridge, Cambridge University Press, p. 134-174.
- ROUND, F.E. 1983. *Biologia das Algas*. Rio de Janeiro, Ed. Guanabara S.A., 263 p.
- SANT'ANNA, C.L.; AZEVEDO, M.T. de P.; SORMUS, L. 1989. Fitoplâncton do Lago das Garças, Parque Estadual das Fontes do Ipiranga, São Paulo, SP, Brasil: Estudo taxonômico e aspectos ecológicos. *Hoehnea*, **16**:89-131.
- SANT'ANNA, C.L.; SORMUS, L.; TUCCI, A.; AZEVEDO, M.T. de P. 1997. Variação sazonal do fitoplâncton no Lago das Garças, São Paulo, SP. *Hoehnea*, **24**(1):67-86.
- 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 (org.), *Growth and reproductive strategies of freshwater phytoplankton*. Cambridge, Cambridge University Press, p. 227-260.

Submitted on: 2006/05/21

Accepted on: 2006/08/22