

Variação temporal da comunidade fitoplanctônica em lagos urbanos eutróficos

João Carlos Nabout^{1*} e Ina Souza Nogueira²

¹Universidade Estadual de Goiás, Unidades de Ciências Exatas e da Terra, BR-153, Km 98, Cx, Postal 459, 75074-840, Anápolis, Goiás, Brasil. ²Universidade Federal de Goiás, Goiânia, Goiás, Brasil. *Autor para correspondência. E-mail: naboutjc@hotmail.com

RESUMO. O objetivo desse trabalho foi averiguar a mudança sazonal e o sincronismo temporal de atributos da comunidade fitoplanctônica (diversidade e a densidade) de quatro reservatórios urbanos eutróficos (lago do Jardim Botânico, lago do parque Vaca Brava, lago das Rosas e lago do bosque dos Buritis) do município de Goiânia, Estado de Goiás. A diversidade foi estimada pelo índice de Shannon-Winner (H') e a densidade foi pelo método de Utermöhl. Todos os quatro lagos apresentaram elevada diversidade fitoplanctônica, variando de $H' = 0,97$ (bosque dos Buritis) a $H' = 4,29$ (lago do Jardim Botânico), além disso, a diversidade foi significativamente distinta entre os quatro lagos estudados ($F = 4,74$; $p < 0,001$, $n = 4$). A densidade fitoplanctônica foi elevada, sendo registrada ocorrência de florações de Cyanophyceae (lago do bosque dos Buritis) e Chrysophyceae (lago do Jardim Botânico). Os quatro lagos apresentaram baixo sincronismo temporal da densidade e diversidade da comunidade fitoplanctônica ou até mesmo comunidade fitoplanctônicas não-sincrônicas e, além disso, a análise de correspondência canônica (ACC) evidenciou diferenças na estrutura das comunidades entre os lagos, e o lago do Jardim Botânico apresentou uma comunidade fitoplanctônica distinta dos demais lagos, além disso, os demais lagos apresentaram comunidades distintas em pelo menos algum período de amostragem. Dessa forma, os resultados demonstraram a importância de fatores locais na estrutura da comunidade fitoplanctônica, como características limnológicas, geomorfológicas e paisagísticas dos lagos.

Palavras-chave: densidade, diversidade, sincronismo, lagos artificiais, fatores locais, sazonalidade.

ABSTRACT. Temporal variation of the phytoplankton community in eutrophic urban lakes. The aim of this study was to investigate the seasonal changes and temporal synchrony of phytoplankton community attributes (diversity and density) at four eutrophic urban reservoirs (Jardim Botânico lake, Vaca Brava Park lake, Rosas lake and Bosque dos Buritis lake) in the city of Goiânia, Goiás State. Phytoplankton diversity was estimated by the Shannon-Winner (H') index and phytoplankton density by the Utermöhl method. All lakes presented high phytoplankton diversity, ranging from $H' = 0.97$ (Bosque dos Buritis) to $H' = 4.29$ (Jardim Botânico). The phytoplankton diversity of the four lakes was significantly different ($F = 4.74$; $p < 0.001$, $n=4$), and phytoplankton density was high, with bloom of Cyanophyceae (Bosque dos Buritis) and Chrysophyceae (Jardim Botânico). The four lakes presented low or absent synchronic phytoplankton communities (density and diversity attributes); moreover, Canonical Correspondence Analysis (CCA) also showed that the lakes presented different phytoplankton community structures, especially Jardim Botânico, which evidenced most different phytoplankton community structure. Furthermore, the other lakes presented different phytoplankton communities over at least one sampling period. These results demonstrated the importance of local factors in the structure of the phytoplankton community, such as limnologic and geomorphologic characteristics.

Keywords: density, diversity, synchronism, artificial lakes, local factors, seasonality.

Introdução

Os lagos urbanos apresentam grande importância paisagística, além de proporcionarem áreas de lazer para a população em seu entorno. Além disso, frequentemente, os lagos urbanos estão inseridos em áreas de preservação, que apesar de estarem localizados em grandes adensamentos urbano, podem servir como

refúgios para aves (HINDASI, 1983) e preservação de espécies de plantas (GALINKIN, 2002). Apesar dessa importância dos lagos urbanos, eles vêm sofrendo com problemas ambientais decorrentes dos avanços demográficos, sendo registrados em diversos lagos florações de algas, ocasionando odores e mortandade de peixes (TUCCI; SANT'ANNA, 2003; OBERHOLSTER et al., 2006).

Além disso, os lagos urbanos, juntamente com áreas verdes, oferecem serviços ecológicos, atuando na melhoria da umidade relativa do ar (MARTÍNEZ-ARROYO; JÁUREGUI, 2000). Dessa forma, em regiões de baixa umidade relativa, como o Brasil central (GALINKIN, 2002), os lagos urbanos estão associados com uma melhoria na qualidade de vida. No município de Goiânia, existem inúmeros lagos urbanos, entretanto a comunidade fitoplanctônica desses lagos ainda tem sido pouco estudada, dessa forma, o estudo e o acompanhamento da flutuação temporal da comunidade fitoplanctônica desses lagos podem auxiliar em estratégias para manter a qualidade da água e da cadeia trófica das espécies desses ambientes. O lago do Jardim Botânico possui um estudo sobre estrutura da comunidade fitoplanctônica realizado por Nogueira e Leandro-Rodrigues (1999) e o bosque dos Buritis por Nascimento-Bessa e Santos (1995). Recentemente, o lago do Jardim Botânico, o lago do parque Vaca Brava, lago das Rosas e lago do bosque dos Buritis foram estudados por Nogueira et al. (2008), que avaliaram as diversidade alfa, beta e gama da comunidade fitoplanctônica. Assim, estudos que reportam atributos como a densidade da comunidade fitoplanctônica, bem como a avaliação de florações de algas nesses lagos ainda são incipientes.

Carneiro et al. (2008) registraram tendências temporais na literatura científica global de estudos fitoplanctônicos, como o aumento no número de artigos científicos (indexados na base de periódicos Thomson ISI) e interesse por trabalhos que focam a análise de floração de algas e estudos em ambientes tropicais. Além disso, o estudo da variabilidade temporal na estrutura da comunidade fitoplanctônica é de grande importância para o entendimento da dinâmica de ecossistemas aquáticos, e suas flutuações podem adquirir caráter preditivo sobre possíveis mudanças do hábitat (HUSZAR et al., 2000). A variação temporal da comunidade fitoplanctônica sofre repetidas e contínuas reorganizações na composição e abundância relativa das espécies, como resultado da interação entre diversos fatores físicos, químicos e biológicos (REYNOLDS, 1984).

Comunidades fitoplanctônicas de diferentes lagos podem apresentar sincronia caso estejam expostos aos mesmos fatores exógenos (e.g. precipitação, temperatura) (KENT et al., 2007). Entretanto, outros fatores, como dispersão e interações interespecíficas, também podem sincronizar as populações (LANDE et al., 1999; BJØRNSTAD, 2000). Esses fatores atuam de forma

integrada (RUXTON, 1996; LANDE et al., 1999) e são fortemente dependentes da escala (LANDE et al., 1999). Estudos de sincronismo da comunidade fitoplanctônica em lagos urbanos são importantes para se determinar as causas das flutuações de atributos, como a densidade e diversidade específica destas comunidades. Além disso, comunidades não-sincrônicas podem revelar a influência de fatores locais, tais como características morfológicas de cada lago, ou ainda indicar que essas comunidades apresentam dinâmica caótica (BJØRNSTAD, 2000).

Dessa forma, considerando a importância de se avaliar a comunidade fitoplanctônica em lagos urbanos, o objetivo desse trabalho foi averiguar a mudança sazonal e sincronismo temporal no padrão de diversidade e densidade populacional de quatro diferentes comunidades fitoplanctônicas em reservatórios urbanos eutróficos (lago do Jardim Botânico, lago do parque Vaca Brava, lago das Rosas e lago do bosque dos Buritis) do município de Goiânia, Estado de Goiás.

Material e métodos

Quatro lagos artificiais foram estudados na cidade de Goiânia, Goiás: lago do Jardim Botânico de Goiânia ($16^{\circ}43'347''\text{S} - 49^{\circ}15'120''\text{W}$), lago do parque Vaca Brava ($16^{\circ}42'50''\text{S} - 49^{\circ}16'250''\text{W}$), lago das Rosas ($16^{\circ}40'76''\text{S} - 49^{\circ}16'430''\text{W}$), e o lago do bosque dos Buritis ($16^{\circ}40'285''\text{S} - 49^{\circ}15'618''\text{W}$). As caracterizações morfométricas e limnológicas de cada lago encontram-se em Nogueira et al. (2008). Estes lagos apresentam importância paisagística para o município de Goiânia, como áreas de lazer para a população local e para o fornecimento de alimentos e água para os animais do Jardim Zoológico (NOGUEIRA et al., 2008). Três destes lagos, lago do Jardim Botânico (Decreto 90-A, de 30/07/1938), o lago do parque Vaca Brava (Instituído no Plano de Urbanização do setor Urbano, de 24/01/1991) e o lago do bosque dos Buritis (Decreto 90-A, de 30/07/1938) encontram-se protegidos por lei, por serem considerados importantes reservas de diversidade biológica no município de Goiânia e por apresentarem em seus limites mananciais de água.

A região de estudo apresenta clima quente, variando de úmido a semiárido, com até cinco meses de seca (GALINKIN, 2002). Segundo a classificação de Köppen, enquadra-se no tipo Aw, característico dos climas úmidos tropicais, com duas estações bem definidas: seca (no inverno) e chuvosa (no verão).

Para cada lago artificial foram realizadas amostragens de subsuperfícies de 100 mL, nos meses

de setembro/2000, fevereiro/2001, março/2001, junho/2001, agosto/2001, outubro/2001 e novembro/2001. Segundo os critérios de Nimer (1989), os meses de fevereiro, março, outubro e novembro de 2001 foram caracterizados como meses de chuva e setembro de 2000, junho e agosto de 2001 como meses de seca (Figura 1). Estas amostras foram acondicionadas em frascos escuros, fixadas com solução de lugol-acético modificada (VOLLENWEIDER, 1968) e estocadas no escuro.

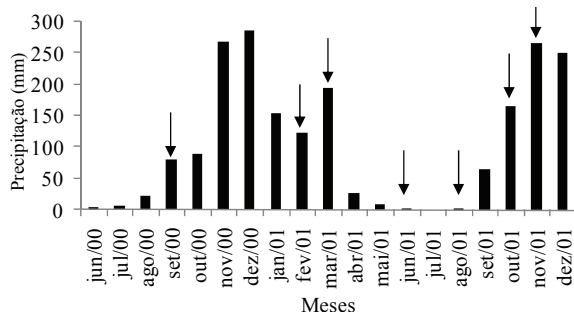


Figura 1. Totais pluviométricos mensais dos anos de 2000 e 2001 em Goiânia. As setas indicam os períodos de coleta.

A densidade do fitoplâncton foi estimada pelo método de Utermöhl (UTERMÖHL, 1958) em microscópio invertido Leitz com aumento de 450 vezes, e expressa em ind.ml⁻¹, a diversidade específica (H') foi calculada pelo Índice de Shannon-Wiener (SHANNON; WEAVER, 1963). O fitoplâncton foi identificado, sempre que possível em nível infragenérico, por meio de literatura recente e atualizada. O sistema de classificação adotado para as classes taxonômicas foi o de Van Den Hoek et al. (1997).

A análise de variância (Anova fator único; nível de significância de 0,05) foi utilizada para detectar diferenças entre os lagos para os atributos da comunidade fitoplanctônica (diversidade e densidade populacional).

O sincronismo temporal da comunidade fitoplanctônica entre os quatro lagos foi avaliado utilizando coeficientes de correlação de Pearson e teste de Mantel para dados de diversidade e densidade fitoplanctônica, respectivamente (BUONACCORSI et al., 2001). Para os dados de densidade, inicialmente, foram geradas matrizes de distância de Bray-Curtis para cada lago (i.e. ordenado pelos períodos de amostragem) e, posteriormente, realizando um teste de Mantel entre as matrizes de distância (Bray Curtis) de cada lago. Para ambos os atributos da comunidade fitoplanctônica (i.e. densidade e diversidade) maiores valores de coeficiente de correlação indicam maior sincronia entre as flutuações populacionais,

enquanto correlações negativas são interpretadas como populações assíncronas.

As relações entre os dados abióticos e os dados de densidade fitoplanctônica de espécies abundantes (somente aquelas que representaram mais de 5% da densidade total da amostra) foram feitas a partir da análise de correspondência canônica (ACC) (TER BRAAK, 1986). A ACC é uma técnica de ordenação direta que seleciona as combinações das variáveis ambientais que maximizam a dispersão dos escores das espécies (JONGMAN et al., 1995). Deste modo, a variação dos dados biológicos foi diretamente analisada em função dos dados abióticos. A hipótese nula de ausência de relação entre as matrizes (biótica e abiótica) foi testada por meio de procedimentos de Monte Carlo. Para tanto, as linhas da matriz de dados ambientais foram alocadas de modo aleatório e a ACC foi calculada novamente. O procedimento como um todo foi repetido 1.000 vezes. Os dados de densidade e os dados ambientais foram previamente transformados ($\log(n+1)$). Todos os cálculos foram realizados no programa PC-ORD (McCUNE; MEFFORD, 1997). Os dados ambientais utilizados para a ACC foram transparência, temperatura da água e ortofosfato (NOGUEIRA et al., 2008).

Resultados e discussão

Durante todo o período de estudo foram registrados nos quatro lagos 325 táxons (ver lista de espécies em NOGUEIRA et al., 2008). De forma geral, os quatro lagos estudados apresentaram elevada diversidade fitoplanctônica, variando de $H' = 0,97$ (bosque dos Buritis) a $H' = 4,29$ (lago do Jardim Botânico), mas significativamente diferentes entre si (Figura 2, $F = 4,74$; $p < 0,01$; $n = 4$). Os maiores valores de diversidade fitoplanctônica foram registrados no lago do Jardim Botânico. Nesse lago, a maior diversidade foi detectada no mês de setembro, enquanto a menor diversidade foi observada no mês de junho, sendo negativamente correlacionada com a densidade fitoplanctônica total ($r = -0,46$; $p < 0,01$; $n = 7$). A relação entre densidade de algas e diversidade fitoplanctônica já havia sido reportado por Margalef (1983), sugerindo que em elevadas densidades específicas (ocasionadas por poucas espécies dominantes) ocorre redução dos valores de diversidades. Além disso, outros atributos podem estar relacionados com a diminuição da diversidade fitoplanctônica do lago do Jardim Botânico, tais como, o aumento de nutrientes e aumento de populações de peixes herbívoros (ROMO; VILLENA, 2005).

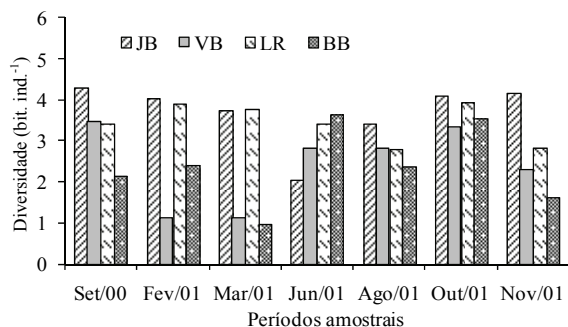


Figura 2. Variação temporal da diversidade fitoplanctônica (bits.ind⁻¹) nos quatro lagos durante todo o período de estudo. Os códigos são: lago do Jardim Botânico (JB), lago do parque Vaca Brava (VB), lago das Rosas (LR) e lago do bosque dos Buritis (BB).

A diversidade fitoplanctônica do lago do parque Vaca Brava foi menor nos meses de fevereiro e março, sendo negativamente correlacionada com a precipitação mensal ($r = -0,37$; $p < 0,01$; $n = 7$). Este resultado evidencia o padrão sazonal da diversidade, que tende a diminuir no período de maior precipitação. No período chuvoso, o aumento na entrada de água dilui os recursos disponíveis e, consequentemente, provoca alterações limnológicas no lago, como redução da transparência e aumento de sólidos totais em suspensão (NOGUEIRA et al., 2008). A diminuição da transparência da água reduz a disponibilidade de radiação fotossinteticamente ativa e as partículas sólidas em suspensão provocam estresse nas células fitoplanctônicas pelo choque mecânico (TRAIN; RODRIGUES, 1997).

O lago das Rosas apresentou a menor variação temporal na diversidade fitoplanctônica. Os valores de densidade fitoplanctônica foram altos neste lago, apesar de ser caracterizado como eutrófico (NOGUEIRA et al., 2008) e nenhuma das espécies na comunidade deste lago produziu floração, mas populações fitoplanctônicas abundantes. Já o bosque dos Buritis registrou alta variação na diversidade fitoplanctônica entre os períodos amostrais, com os menores valores de diversidade nos meses de março e novembro. Este ambiente esteve sob influência de florações de Cianobactérias durante todo o período de estudo, em especial do gênero *Microcystis*.

De modo geral, os lagos estudados foram caracterizados por elevada densidade fitoplanctônica, com florações de algas em algum período do estudo, e alta variação temporal, com as maiores densidades registradas no período de estiagem (Tabela 1; Figura 3).

Tabela 1. Resumo estatístico dos dados de densidade fitoplanctônica (ind. mL⁻¹) registrado nos quatro lagos estudados, lago do Jardim Botânico (JB), lago do parque Vaca Brava (VB), lago das Rosas (LR) e lago do bosque dos Buritis (BB). Os meses entre parênteses indicam o mês em que foi registrada a densidade máxima ou mínima.

	JB	VB	LR	BB
Máximo	51516 (ago.)	129617 (out.)	105519 (out.)	195209 (ago.)
Mínimo	7454 (fev.)	17494 (set.)	7199 (fev.)	12880 (nov.)
Média	29133	68315,4	35793,7	78812,7
Desvio-padrão	16319,1	35053,5	35918,5	61231,4

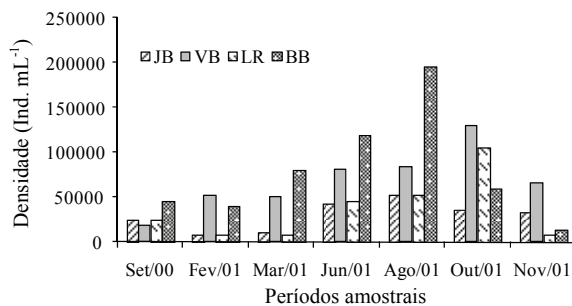


Figura 3. Variação temporal da densidade fitoplanctônica (ind. mL⁻¹) nos quatro lagos durante todo o período de estudo. Os códigos são: lago do Jardim Botânico (JB), lago do parque Vaca Brava (VB), lago das Rosas (LR) e lago do bosque dos Buritis (BB).

Em todos os lagos, com exceção do lago das Rosas, a densidade fitoplanctônica e a precipitação foram negativamente correlacionadas (lago do Jardim Botânico $r = -0,47$ e $p = 0,011$; lago do parque Vaca Brava $r = -0,17$ e $p = 0,03$; lago das Rosas $r = -0,27$ e $p = 0,13$; lago do bosque dos Buritis $r = -0,76$ e $p = 0,004$). A relação negativa com a precipitação pluviométrica caracteriza a estruturação sazonal da comunidade, onde os maiores valores de densidade fitoplanctônica ocorrem nos períodos de baixa precipitação. A variação temporal da comunidade fitoplanctônica é bem documentada (BORGES et al., 2008; HUSZAR, 2000) e em diversos outros lagos brasileiros têm sido registrados maiores densidades fitoplanctônicas no período de estiagem, com ocorrência de florações de Cyanophyceae (DELLANO-OLIVEIRA et al., 2003; BRANCO; SENNA, 1996; SANT'ANNA et al., 1997). Em lagos naturais também são encontradas maiores densidades fitoplanctônicas no período de águas baixas (HUSZAR et al., 2000; NABOUT et al., 2006, 2009). Nos lagos estudados no presente trabalho, as maiores densidades fitoplanctônicas nos períodos de seca devem-se às maiores concentrações de nutrientes disponíveis (ortofosfato) (NOGUEIRA et al., 2008).

A análise de sincronismo dos atributos da comunidade fitoplanctônica entre os quatro lagos estudados revelou baixa sincronia ou até comunidades assíncronas com relação à

diversidade (Tabela 2). A densidade populacional também apresentou baixa sincronia, mas somente os lagos do parque Vaca Brava e das Rosas foram significativamente sincrônicos (Tabela 2).

Tabela 2. Coeficientes de correlação entre os lagos estudados. Acima da diagonal coeficiente referentes à densidade populacional (teste de Mantel) e abaixo da diagonal referente à diversidade fitoplanctônica (correlação de Pearson). Valores em negrito indicam coeficientes significativos ($p < 0,05$). Os códigos são: lago do Jardim Botânico (JB), lago do parque Vaca Brava (VB), lago das Rosas (LR) e lago do bosque dos Buritis (BB).

	JB	VB	LR	BB
JB	1,00	0,06	0,16	0,37
VB	-0,08	1,00	0,54	0,19
LR	0,14	-0,29	1,00	0,35
BB	-0,48	0,57	0,19	1,00

Assim, apesar dos quatro lagos estarem inseridos na mesma bacia hidrográfica (bacia do Paraná) e em uma mesma localidade geográfica (a máxima distância entre dois lagos foi de 12 km e a mínima de 4 km), fatores exógenos, tais como precipitação e temperatura, não promovem o sincronismo das comunidades fitoplanctônicas. Outras vias de dispersão, como dispersão por pássaros e outros animais (FIGUEROLA; GREEN, 2002) que podem dispersar espécies fitoplanctônicas por mais de 1.000 km (PADISÁK, 2004), também poderiam sincronizar as comunidades entre os lagos. Entretanto, os resultados deste estudo sugerem que a dispersão de fitoplâncton entre os lagos é baixa ou, mesmo ocorrendo dispersão, as condições limnológicas/morfológicas de cada lago atuam como filtro ambiental (*Sensu* HEINO; MUOTKA, 2006), selecionando as espécies que migram.

O baixo sincronismo entre as comunidades fitoplanctônicas é um forte indicativo da influência de mecanismos locais para a regulação da estrutura da comunidade fitoplanctônica em cada lago. Desta maneira, as características específicas de cada lago, tais como características limnológicas e geomorfológicas, determinam a diversidade e a densidade da comunidade fitoplanctônica. A influência das condições locais e/ou regionais na estrutura das comunidades biológicas têm sido amplamente discutida na literatura científica (BEISNER et al., 2006), e para o fitoplâncton têm-se acumulado evidências que suportam a influência de fatores locais na estruturação das comunidades (NABOUT et al., 2007).

Os dois primeiros eixos da análise de correlação canônica (ACC – Figura 4) explicaram apenas 15,5% (10,2% eixo 1; 5,3% eixo 2) da variabilidade total dos dados. Apesar disso, a

significância das relações espécies-ambientes não foram prejudicadas, pois a ACC produziu significativas ($p < 0,05$) correlações espécies-ambientes nos dois primeiros eixos indicados pelo teste de Monte Carlo (0,86; 0,88 e 0,81 para os eixos 1, 2 e 3, respectivamente).

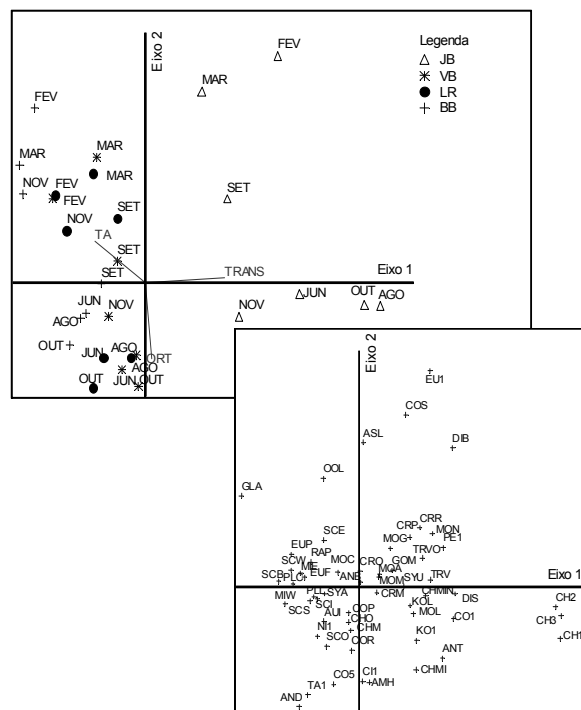


Figura 4. Escores derivados da ACC para os lagos de acordo com os valores de densidade das espécies de fitoplâncton. Os códigos para os lagos: lago do Jardim Botânico (JB), lago do parque Vaca Brava (VB), lago das Rosas (LR) e lago do bosque dos Buritis (BB). Os códigos para os meses: setembro de 2000 (SET), fevereiro (FEV), março (MAR), junho (JUN), agosto (AGO), outubro (OUT) e novembro (NOV). Os códigos das variáveis ambientais são: Temperatura da água (TA), Ortofosfato (ORT), Transparência (Trans) e saturação de oxigênio (OX). O código das espécies consta em Apêndice I.

As variáveis ambientais correlacionadas positivamente com o primeiro eixo foram a transparência e o ortofosfato, enquanto as variáveis ambientais correlacionadas positivamente com o segundo eixo foram a transparência e a temperatura da água. A ordenação das espécies pela ACC sugere que a comunidade fitoplanctônica do lago do Jardim Botânico diferenciou-se dos demais lagos, principalmente por apresentar predomínio de Chrysophyceae (ver discussão mais abaixo) e esteve associada com elevados valores de transparência da água em todos os meses de estudo. Os demais lagos formaram um único agrupamento, com alguma variação entre os períodos amostrais. Por exemplo, a comunidade fitoplanctônica registrada nos meses de março, novembro e fevereiro, dos lagos do bosque dos Buritis e lago das Rosas foram mais semelhantes, sendo

ambos os lagos relacionados com maiores temperatura da água e baixo nível de ortofosfato. Para os outros períodos, a comunidade fitoplanctônica destes três lagos foi mais homogênea, e relacionada com elevados valores de ortofosfato e baixa temperatura da água. Essas condições, características dos meses de seca, favoreceram altas densidades fitoplanctônica e possibilitam a ocorrência de florações de algas (ver discussão abaixo).

No lago do Jardim Botânico, as elevadas densidades foram registradas nos meses de junho, agosto e outubro, com predomínio de Cryophyceae (principalmente *Chromulina pyrenoidosa* e *Chrysococcus ellipsoideus*). No mês de novembro, a densidade também foi elevada, no entanto, o predomínio foi de Chlorophyceae (Figura 5A).

O lago do parque Vaca Brava apresentou as maiores densidades nos meses de agosto e outubro, no entanto a classe Cyanophyceae apresentou a maior densidade durante todo o período de estudo, a espécie mais representativa foi *Planktolyngbya limnetica* (todos os meses) e *Chroococcus minor* (principalmente no mês de junho). A classe Chlorophyceae também apresentou elevadas densidades nos meses de junho e outubro, caracterizado principalmente por *Monoraphidium contortum* e *Koliella* sp. 1 (Figura 5B).

No lago das Rosas, nos meses de junho e outubro, Cyanophyceae foi a classe predominante, caracterizado por *Synechocystis aquatilis*, e no mês de agosto a classe Chlorophyceae foi a mais representativa, caracterizado por *Desmodesmus communis* (Figura 5C). No lago do bosque dos Buritis a classe Cyanophyceae (*Chroococcus minor*, *Gleiterinema amphibium*, *Synechococcus capitatus*) apresentou as maiores densidades durante todos os períodos amostrais, sendo registradas florações nos meses de junho e agosto (Figura 5D).

Conclusão

Apesar de os quatro lagos serem eutróficos e estarem situados no mesmo município, sofrendo assim semelhantes atuações ambientais, observou-se que os quatro lagos apresentaram uma distinta variação sazonal da comunidade fitoplanctônica, evidenciado pelos escores da ACC e pelo baixo sincronismo. Essa diferenciação na comunidade fitoplanctônica possivelmente deve-se às distinções, limnológicas, geomorfológicas e paisagísticas de cada lago. Dessa forma, fatores locais demonstram ser fundamentais para explicar as variações da comunidade fitoplanctônica dos quatro lagos estudados.

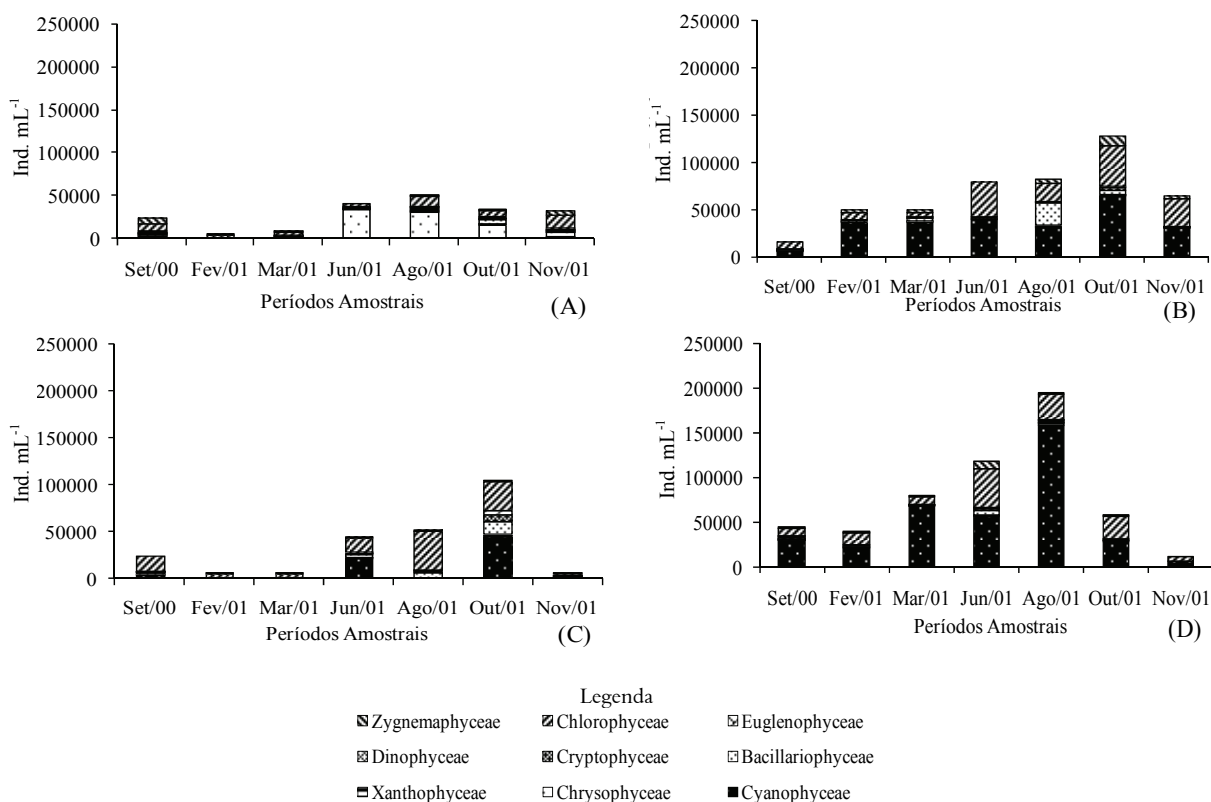


Figura 5. Variação da densidade fitoplanctônica das classes taxonômicas para cada período amostral. Em (A) lago do Jardim Botânico, (B) lago do parque Vaca Brava, (C) lago das Rosas e (D) no lago do bosque dos Buritis.

Agradecimentos

Agradecemos a Agência Ambiental de Goiás, pelo auxílio nos trabalhos de campo, e disponibilidade de uso do Laboratório de Físico-químico. A Professora Maria Helena Rezende (Botânica-Universidade Federal de Goiás) pelo uso do microscópio para análise dos táxons. À Professora Mariângela Menezes (Museu Nacional/UFRJ) (Museu Nacional/UFRJ), pela confirmação da identificação dos fitoflagelados. A Capes, pela concessão de bolsa à JCN. Agradecemos também aos revisores em Línguas Portuguesa e Inglesa, pelas valiosas contribuições.

Referências

- BEISNER, B. E.; PERES-NETO, P. R.; LINDSTROM, E. S.; BARNETT, A.; LONGHI, M. L. The role of environmental and spatial processes in structuring lake communities from bacteria to fish. **Ecology**, v. 87, n. 12, p. 2985-2991, 2006.
- BJØRNSTAD, O. Cycles and synchrony: two historical 'experiments' and one experience. **Journal of Animal Ecology**, v. 69, n. 5, p. 869-873, 2000.
- BORGES, P. A. F.; TRAIN, S.; RODRIGUES, L. C. Spatial and temporal variation of phytoplankton in two subtropical Brazilian reservoirs. **Hydrobiologia**, v. 607, n. 1, p. 63-74, 2008.
- BRANCO, C. W. C.; SENNA, P. A. C. Phytoplankton composition, community structure and seasonal changes in a tropical reservoir (Paranoá Reservoir, Brazil). **Algological Studies**, v. 114, n. 81, p. 69-84, 1996.
- BUONACCORSI, J. P.; ELKINTON, J. S.; EVANS, S. R.; LIEBHOLD, A. M. Measuring and testing for spatial synchrony. **Ecology**, v. 82, n. 6, p. 1668-1679, 2001.
- CARNEIRO, F. M.; NABOUT, J. C.; BINI, L. M. Trends in the scientific literature on phytoplankton. **Limnology**, v. 9, n. 2, p. 153-158, 2008.
- DELLANO-OLIVEIRA, M. J.; SENNA, P. A. C.; TANIGUCHI, G. M. Limnological Characteristics and seasonal Changes in Density and Diversity of Phytoplankton Community at the Caçó Pond, Maranhão State, Brazil. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v. 46, n. 4, p. 641-651, 2003.
- FIGUEROLA, J.; GREEN, A. J. Dispersal of aquatic organisms by waterbirds: a review of past research and priorities for future studies. **Freshwater Biology**, v. 47, n. 3, p. 483-494, 2002.
- GALINKIN, M. **Geogoiás**. Goiânia: Agência Ambiental de Goiás: Fundação Cebrac; Pnuma; Semarh, 2002.
- HEINO, J.; MUOTKA, T. Landscape position, local environmental factors, and the structure of molluscan assemblages of lakes. **Landscape Ecology**, v. 21, n. 4, p. 499-507, 2006.
- HINDASI, J. **Aves de Goiás**. Goiânia: Parque Mutirama, 1983.
- HUSZAR, V. L. M. Fitoplâncton. In: BOZELLI, R. L.; ESTEVES, F. A.; ROLAND, F. (Ed.). **Lago batata**: impacto e recuperação de um ecossistema amazônico. Rio de Janeiro: IB-URJ/SBL, 2000. p. 91-104.
- HUSZAR, V. L. M.; SILVA, L. H. S.; MARINHO, M. M.; DOMINGOS, P.; SANT'ANNA, C. L. Cyanoprokaryote assemblages in eight productive tropical Brazilian waters. In: REYNOLDS, C. S.; DOKULIL, M.; PADISÁK, J. (Ed.). **The trophic spectrum revisited: the influence of trophic state on the assembly of phytoplankton communities**. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 2000. p. 67-77.
- JONGMAN, R. H. G.; TER BRAAK, C. J. F.; VAN TONGEREN, O. F. R. **Data analysis in community and landscape ecology**. 2nd ed. Cambridge: Cambridge University Press, 1995.
- KENT, A. D.; YANNARELL, A. C.; RUSAK, J. A.; TRIPLETT, E. W.; McMAHON, K. D. Synchrony in aquatic microbial community dynamics. **International Society for Microbial Ecology Journal**, v. 1, n. 1, p. 38-47, 2007.
- LANDE, R.; ENGEN, S.; SAETHER, B. E. Spatial scale of population synchrony environmental correlation versus dispersal and density regulation. **The American Naturalist**, v. 154, n. 3, p. 271-281, 1999.
- MARGALEF, R. **Ecologia**. Barcelona: Omega, 1983.
- MARTÍNEZ-ARROYO, A.; JÁUREGUI, E. On the environmental role of urban lakes in Mexico City. **Urban Ecosystem**, v. 4, n. 2, p. 145-166, 2000.
- McCUNE, B.; MEFFORD, M. J. **Multivariate analysis of ecological data version 3.0**. Gleneden Beach: MjM Software, 1997.
- NABOUT, J. C.; NOGUEIRA, I. S.; OLIVEIRA, L. G. Phytoplankton community of floodplain lakes of the araguaia river, Brazil, in the rainy and dry seasons. **Journal of Plankton Research**, v. 28, n. 2, p. 181-193, 2006.
- NABOUT, J. C.; NOGUEIRA, I. S.; OLIVEIRA, L. G. Estrutura de populações de fitoflagelados nas lagoas de inundação do rio Araguaia, Brasil. **Acta Botanica Brasilica**, v. 23, n. 1, p. 67-72, 2009.
- NABOUT, J. C.; NOGUEIRA, I. S.; OLIVEIRA, L. G.; MORAIS, R. R. Phytoplankton diversity (alpha, beta, and gamma) from the Araguaia River tropical floodplain lakes (central Brazil). **Hydrobiologia**, v. 575, n. 1, p. 455-461, 2007.
- NASCIMENTO-BESSA, M. R. R. N.; SANTOS, C. R. A. **Fitoplâncton e fatores físico-químicos em Lagos do Bosque dos Buritis no Município de Goiânia, Goiás-Brasil**. In: WORD-WIDE SYMPOSIUM POLLUTION IN LARGE CITIES, SCIENCE AND TECHNOLOGY FOR PLANNING ENVIRONMENTAL QUALITY, 1., 1995, Venice. **Anais...** Venice: ABES/ANDIS/AIDIS, 1995. p. 17-26.
- NIMER, E. **Climatologia do Brasil**. Rio de Janeiro: IBGE, 1989.
- NOGUEIRA, I. S.; LEANDRO-RODRIGUES, N. C. Algas Planctônicas do Lago do Jardim Botânico Chico Mendes, Goiânia, GO: considerações taxonômicas e ecológicas. **Brazilian Journal of Biology**, v. 59, n. 3, p. 377-395, 1999.

- NOGUEIRA, I. S.; NABOUT, J. C.; OLIVEIRA, J. E.; SILVA, K. D. Diversidade (alfa, beta e gama) da comunidade fitoplanctônica de quatro lagos artificiais urbanos do município de Goiânia, GO. **Hoehnea**, v. 35, n. 2, p. 219-233, 2008.
- OBERHOLSTER, P. J.; BOTH, A. M.; CLOETE, T. E. Toxic cyanobacterial blooms in a shallow, artificially mixed urban lake in Colorado, USA. **Lakes and Reservoir: Research and Management**, v. 11, n. 2, p. 111-123, 2006.
- PADISÁK, J. Phytoplankton. In: O'SULLIVAN, P. E.; REYNOLDS, C. S. (Ed.). **The lakes handbook 1**. Limnology and limnetic ecology. Oxford: Blackwell Science Ltd, 2004. p. 251-308.
- REYNOLDS, C. S. **The ecology of freshwater phytoplankton**. Cambridge: Cambridge University Press, 1984.
- ROMO, S.; VILLENA, M. J. Phytoplankton strategies and diversity under different nutrient levels and planktivorous fish densities in a shallow Mediterranean lake. **Journal of Plankton Research**, v. 27, n. 12, p. 1273-1286, 2005.
- RUXTON, G. D. Dispersal and chaos in spatially structured populations: individual-level approach. **Journal of Animal Ecology**, v. 65, n. 2, p. 161-165, 1996.
- SANT'ANNA, C. L.; SORMUS, L.; TUCCI, A.; AZEVEDO, M. T. P. Variação Sazonal do fitoplâncton do lago das Garças, São Paulo, SP. **Hoehnea**, v. 24, n. 1, p. 67-86, 1997.
- SHANNON, C. E.; WEAVER, W. **The mathematical theory of communication**. Urbana: Illinois University Press, 1963.
- TER BRAAK, C. J. F. Canonical correspondence analysis: a new eigenvector technique for multivariate direct gradient analysis. **Ecology**, v. 67, n. 5, p. 1167-1179, 1986.
- TRAIN, S.; RODRIGUES, L. C. Distribuição espaço temporal da comunidade fitoplanctônica. In: VAZZOLER, A. E. A. M.; AGOSTINHO, A. A.; HAHN, N. S. (Ed.). **A Planície de inundação do Alto Rio Paraná**. Aspectos físicos, biológicos e socioeconômicos. Maringá: UEM-Nupelia, 1997. p. 105-115.
- TUCCI, A.; SANT'ANNA, C. L. *Cylindrospermopsis raciborskii* (Woloszynska) Seenayya e Subba Raju (Cyanobacteria): variação semanal e relação com fatores ambientais em um reservatório eutrófico, São Paulo, SP, Brasil. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 26, n. 1, p. 97-112, 2003.
- UTERMÖHL, H. Zur Vervollkommung der quantitativen phytoplankton-methodik. **Mitteilungen Internationale Vereinigung für Theoretische und Angewandte Limnologie**, v. 9, n. 1, p. 1-38, 1958.
- VAN DEN HOECK, C.; MANN, D. G.; JAHNS, H. M. **Algae an introduction to phycology**. Cambridge: Cambridge University Press, 1997.
- VOLLENWEIDER, R. A. **Scientific fundamentals of the eutrophication of lakes and flowing waters, with particular reference to nitrogen and phosphorous as factor in eutrophication**. Paris: Report OECD, 1968.

Received on December 19, 2008.

Accepted on September 23, 2009.

License information: This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

APÊNDICE I

Lista de espécies mais abundantes nos quatro lagos estudados, código utilizado na ACC (ver figura 4) e escores dos dois primeiros eixos da ACC para as espécies.

Espécies	Código	Eixo 1	Eixo 2	Espécies	Código	Eixo 1	Eixo 2
<i>Chroococcus minor</i>	CHM	-0.12	-0.47	<i>Ankistrodesmus tortus</i>	ANT	1.01	-0.77
<i>Chroococcus obliteratus</i>	CHO	-0.13	-0.38	<i>Amphikrikos hexacosta</i>	AMH	0.15	-1.03
<i>Gleiterinema amphibium</i>	GLA	-1.54	0.97	<i>Asterococcus limneticus</i>	ASL	0.11	1.56
<i>Microcystis aeruginosa</i>	MIE	-0.74	0.15	<i>Choricystis minor</i>	CHMIN	0.81	-0.10
<i>Microcystis wesenbergii</i>	MIW	-0.98	-0.19	<i>Coelastrum proboscideum</i>	COP	-0.07	-0.28
<i>Planktolymnobia circuncrcta</i>	PLC	-0.72	0.03	<i>Coelastrum reticulatum</i>	COR	-0.10	-0.69
<i>Planktolymnobia limnetica</i>	PLL	-0.49	-0.10	<i>Coelastrum sp. 1</i>	CO1	1.11	-0.34
<i>Synechocystis aquatilis</i>	SYA	-0.38	-0.08	<i>Crucigeniella retangularis</i>	CRR	0.76	0.64
<i>Chrysococcus minutus</i>	CHMI	0.73	-0.89	<i>Eutetramorus fottii</i>	EUF	-0.65	0.10
<i>Dinobryon bavaricum</i>	DIB	1.09	1.50	<i>Eutetramorus planctonicus</i>	EUP	-0.73	0.36
<i>Dinobryon sertularia</i>	DIS	1.21	-0.07	<i>Koliella sp. 1</i>	KO1	0.64	-0.58
<i>Chrysophyceae sp. 1</i>	CH1	2.28	-0.57	<i>Koliella longiseta</i>	KOL	0.62	-0.21
<i>Chrysophyceae sp. 2</i>	CH2	2.28	-0.22	<i>Monoraphidium arcuatum</i>	MOA	0.23	0.13
<i>Chrysophyceae sp. 3</i>	CH3	2.32	-0.32	<i>Monoraphidium contortum</i>	MOC	-0.26	0.15
<i>Goniocloris mutica</i>	GOM	0.34	0.17	<i>Monoraphidium griffithii</i>	MOG	0.37	0.41
<i>Aulacoseira italica</i>	AUI	-0.33	-0.36	<i>Monoraphidium longiusculum</i>	MOL	0.65	-0.29
<i>Cyclotella sp. 1</i>	CI1	0.05	-1.02	<i>Monoraphidium minutum</i>	MOM	0.23	0.11
<i>Nitzschia sp. 1</i>	NI1	-0.43	-0.53	<i>Monoraphidium nanum</i>	MON	0.94	0.58
<i>Synedra ulna</i>	SYU	0.48	0.00	<i>Oocystis lacustris</i>	OOL	-0.43	1.17
<i>Tabellaria sp. 1</i>	TA1	-0.64	-1.17	<i>Radiococcus planctonicus</i>	RAP	-0.52	0.27
<i>Cryptomonas marsonii</i>	CRM	0.22	-0.06	<i>Scenedesmus bicaudatus</i>	SCB	-0.97	0.06
<i>Cryptomonas obovata</i>	CRO	0.00	0.17	<i>Scenedesmus ellipticus</i>	SCE	-0.44	0.51
<i>Cryptomonas pyrenoidifera</i>	CRP	0.56	0.53	<i>Scenedesmus spinosus</i>	SCS	-0.55	-0.15
<i>Peridinium sp. 1</i>	PE1	0.96	0.42	<i>Scenedesmus westii</i>	SCW	-0.83	0.18
<i>Trachelomonas volvocina</i>	TRV	0.86	0.07	<i>Scenedesmus opoliensis</i>	SCO	-0.37	-0.64
<i>Trachelomonas volvocinopsis</i>	TRVO	0.79	0.32	<i>Scenedesmus intermedius</i>	SCI	-0.51	-0.13
<i>Euglenophyceae sp. 1</i>	EU1	0.95	2.34	<i>Cosmarium sphagnicola</i>	COS	0.61	1.86
<i>Ankistrodesmus bernardii</i>	ANB	0.10	0.06	<i>Cosmarium sp. 5</i>	CO5	-0.31	-1.05
<i>Ankistrodesmus densus</i>	AND	-0.48	-1.27				