

A RELEVÂNCIA DE MÚLTIPLOS GRUPOS ZOOPLANCTÔNICOS PARA O MONITORAMENTO AMBIENTAL NO CERRADO: ESTUDO DA ESTAÇÃO ECOLÓGICA ÁGUAS EMENDADAS

THE RELEVANCE OF MULTIPLE ZOOPLANKTONIC GROUPS FOR ENVIRONMENTAL MONITORING IN THE CERRADO: STUDY OF ÁGUAS EMENDADAS ECOLOGICAL STATION

**Adriana Gomes Alarcão¹; João Paulo Sena-Souza²;
Bruno Leandro Oliveira Maciel¹; Carla Albuquerque de Souza³;
Tiago Borges Kisaka³; Juliana Ferreira de Santana¹;
Leonardo Fernandes Gomes³; José Vicente Elias Bernardi⁴
& Ludgero Cardoso Galli Vieira⁴**

¹Universidade de Brasília (UnB), Campus de Planaltina (FUP)
Curso de Gestão Ambiental, Área Universitária n. 1, Vila Nossa Senhora de Fátima,
73.340-710 - Planaltina – DF, Brasil.
{adriana.alarcao, julianasantana.17}@gmail.com, brunocovil@hotmail.com;

²Universidade de Brasília (UnB), Campus Darcy Ribeiro
Departamento de Geografia (GEA), Programa de Pós-Graduação em Geografia Asa
Norte, 70910-900 - Brasília – DF, Brasil.
jpsenasouza@gmail.com;

³Universidade de Brasília (UnB), Campus de Planaltina (FUP)
Curso de Pós Graduação em Meio Ambiente e Desenvolvimento Rural, Área Univer-
sitária n. 1, Vila Nossa Senhora de Fátima, 73.340-710 - Planaltina – DF, Brasil.
carlalbuquerque@unb.br, {tiagobk.df, leof.agro}@gmail.com;

⁴Universidade de Brasília (UnB), Campus de Planaltina (FUP), Área Universitária
n. 1, Vila Nossa Senhora de Fátima, 73.340-710 - Planaltina – DF, Brasil. E-mail:
{bernardi, ludgero}@unb.br;

Recebido 17 de Julho de 2013, aceito 12 de Março de 2014

RESUMO: Devido ao crescente e intenso impacto da população humana sobre os recursos naturais, programas de monitoramento ambiental tornam-se cada vez mais necessários para avaliar continuamente tais impactos e propor medidas mitigadoras em tempo hábil. Entretanto, eficientes programas de monitoramento são limitados pela falta de tempo, recursos financeiros e profissionais qualificados. Desta forma, este estudo pretende avaliar estratégias mais efetivas de monitorar a comunidade zooplancônica em um pequeno lago tropical (Lagoa Bonita, localizada na Estação Ecológica de Águas Emendadas, Brasília - DF). As seguintes questões foram levantadas: (i) qual a diversidade zooplancônica da área de estudo? (ii) os grupos zooplancônicos apresentam padrões de distribuição espacial concordantes? (iii) existe uma perda de informação significativa ao utilizar níveis taxonômicos superiores (dados de gêneros ao invés de espécies) e resoluções numéricas diferentes (dados de ocorrência de espécies ao invés de densidades de organismos)? Os resultados desse estudo indicam que programas de monitoramento ambiental na Lagoa Bonita poderiam avaliar cladóceros, copépodes e rotíferos utilizando informações em nível de gênero, pois a perda de informação relativa aos dados de espécies é pequena. Por outro lado, todos os grupos zooplancônicos e as informações geradas a partir de dados de densidade devem ser considerados.

Palavras-Chave: Biomonitoramento, concordância, resolução taxonômica, resolução numérica e Lagoa Bonita.

Abstract: Because of the growing and intense impact of human population on natural resources, environmental monitoring programs become increasingly necessary to continually evaluate such impacts and propose mitigation measures in a timely manner. However, effective monitoring programs are limited by the lack of time, financial resources and qualified professionals. Thus, this study aims to evaluate the most effective strategies to monitor the zooplankton community in the Lagoa Bonita, located in the Águas Emendadas Ecological Station, Planaltina (DF). The following issues were

raised: (i) which is the zooplankton diversity at the study area? (ii) do the zooplankton groups show concordant patterns of spatial distribution? (iii) is there a significant loss of information when using higher taxonomic levels (genera data instead of species data) and different numerical resolutions (species occurrence data instead of organisms density data?). The results of this study indicates that cladocerans, copepods and rotifers could be well evaluated in a environmental monitoring program at genus level, once the loss of species data information is low. On the other hand, all zooplankton groups and the information generated from density data must be considered.

Keywords: Biomonitoring, concordance, taxonomic resolution, numerical resolution and Lagoa Bonita.

INTRODUÇÃO

O bioma Cerrado ocupa uma extensa área da América do Sul, estimada em mais de 2 milhões de km², ocorrendo em grande parte do Planalto Central brasileiro (Ribeiro & Walter, 1998). Este bioma também se destaca por sua elevada biodiversidade, inclusive por apresentar diversas espécies endêmicas e ameaçadas de extinção, sendo considerado um dos 25 *hotspots* mundiais de biodiversidade (Myers et al., 2000). Uma das principais particularidades do Cerrado é a ocorrência de queimadas naturais, comuns durante as estações de estiagem, sendo este um evento importante na estruturação ambiental e biológica deste ecossistema (Coutinho, 1990). Por outro lado, esta enorme biodiversidade vem sofrendo consideráveis reduções devido a interferências humanas.

O impacto intensivo e não sustentável da população humana sobre os recursos naturais, tem gerado uma elevada e crescente preocupação na atualidade, inclusive pela perda de biodiversidade (Sanderson et al., 2002). Um instrumento importante para a preservação da biodiversidade em um contexto de expansão urbana e agrícola é a criação de Unidades de Conservação (UCs). O Sistema

Nacional de Unidades de Conservação do Brasil estabelece critérios para as normas de criação, implantação e gestão destas unidades, além de determinar claramente seus objetivos. Porém, para exercer um papel relevante na preservação, é necessário monitorar o impacto das diferentes atividades humanas tanto nas UCs quanto em seus entornos. Assim, programas de monitoramento ambiental são fundamentais para avaliar continuamente o impacto antrópico, inclusive em UCs, e propor medidas mitigadoras em tempo hábil. Por outro lado, eficientes programas de monitoramento demandam tempo, recursos financeiros e profissionais qualificados (Lovett et al., 2007).

Além das tradicionais caracterizações físicas e químicas do ambiente, os programas de monitoramento devem incluir as comunidades biológicas para avaliar o nível da qualidade ambiental e propor as ações pertinentes (Siqueira e Roque, 2010). Essas comunidades são classificadas como indicadoras ambientais, cujo potencial de bioindicação está associado a um menor custo financeiro (relativo à caracterização físico-química) e boa eficiência na detecção de alterações no ambiente (Mandelik et al., 2010; Oliver et al., 2004). Portanto, as informações bióticas advindas do biomonitoramento possibilitam o entendimento da integridade e dos processos do ecossistema estudado, a fim de avaliar as alterações ambientais (Callisto et al., 2001; Landson et al., 1999).

Em ambientes aquáticos, principalmente com características lânticas, a comunidade zooplânctônica pode ser utilizada como bioindicadora da qualidade ambiental, uma vez que responde rapidamente às alterações físico-químicas da água (Bini et al., 2007; Oberhaus et al., 2007). Estes organismos possuem um papel fundamental no ecossistema, pois atuam na transferência de matéria e energia nas cadeias alimentares aquáticas, desde os produtores (fitoplâncton) até consumidores de níveis tróficos superiores, como larvas de insetos e peixes jovens e adultos (Esteves, 1998). Portanto, a alteração na estrutura e dinâmica

desta comunidade é um fenômeno altamente relevante, tanto para a própria comunidade quanto para o funcionamento do ecossistema (Lansac-Toha et al., 2004; Barreiro et al., 2007; Trevisan & Forsberg, 2007).

A comunidade zooplantônica é composta principalmente por quatro grupos de organismos (cladóceros, copépodes, rotíferos e protozoários testáceos), cujo hábitat preferencial é a coluna d'água. Assim, ao estudar um ambiente lacustre, por exemplo, é assumido que esses grupos apresentam uma distribuição espacial homogênea e concordante e que a amostragem de um único ponto no lago é suficientemente robusta para estimar a distribuição dos grupos em todo o ambiente. Este estudo pretende gerar estratégias mais efetivas de monitorar a comunidade zooplantônica em um pequeno lago tropical, localizado na Estação Ecológica de Águas Emendadas, Planaltina (DF). Para tanto, as seguintes questões foram levantadas: (i) qual a diversidade zooplantônica da área de estudo? (ii) os grupos zooplantônicos apresentam padrões de distribuição espacial concordantes (Bini et al., 2007)? (iii) existe uma perda de informação significativa ao utilizar níveis taxonômicos superiores (dados de gêneros ao invés de espécies) e resoluções numéricas diferentes (dados de ocorrência de espécies ao invés de densidades de organismos) (Carneiro et al., 2010; Landeiro et al., 2012)? Desta forma, espera-se (i) uma elevada diversidade zooplantônica, pois a Lagoa Bonita além de ser bem preservada, apresenta regiões litorâneas e limnéticas bem definidas, com uma forte influência de bancos de macrófitas aquáticas, (ii) que devido a relações filogenéticas mais próximas, cladóceros e copépodes devem apresentar um nível mais elevado de concordância do que os demais grupos e (iii) que a utilização de dados em nível de gênero possa substituir os de espécie, assim como os dados de ocorrência de espécies possa substituir os de densidades de organismos, pois pouca informação seria perdida em ambas as situações.

MATERIAL E MÉTODOS

Área de Estudo

A área de estudo abordada nesse trabalho é a Estação Ecológica de Águas Emendadas (ESECAE) (Figura 1), que designa à proteção dos recursos naturais encontrados no bioma Cerrado. Neste local encontra-se um fenômeno marcante, causado pelo encontro das águas de duas grandes bacias hidrográficas, a Tocantins-Araguaia e Platina (SEDUMA, 2008). A ESECAE é delimitada por dois polígonos localizados na vizinhança da Região Administrativa de Planaltina, ao nordeste da cidade de Brasília-DF. No polígono menor situa a Lagoa Bonita (Figura 1), alvo deste estudo e considerada a maior lagoa natural do Distrito Federal por ter 120 hectares e uma profundidade média de 1,80 metros, cujas margens são cercadas por uma estreita mata de galeria não inundável com cerca de 570 metros (SEDUMA, 2008).

Amostragem

A amostragem ambiental e biológica foi realizada em fevereiro de 2011, durante a estação chuvosa, e compreendeu nove pontos de coletas distribuídos na área da lagoa Bonita (Figura 1). Em cada ponto foram mensurados os seguintes parâmetros físico-químicos utilizando equipamentos digitais portáteis da marca DIGIMED: pH, condutividade elétrica ($\mu\text{S}/\text{cm}$), turbidez (NTU), temperatura da água ($^{\circ}\text{C}$), oxigênio dissolvido (mg/L) e profundidade (cm).

Além disso, em cada ponto de coleta também foram obtidas amostras da comunidade zooplânctônica, por meio da filtragem de 300 litros de água através de uma rede de plâncton de $68\ \mu\text{m}$ de abertura de malha. O material foi fixado imediatamente em uma solução de formaldeído 4%, tamponada com carbonato de cálcio e armazenado em frascos de polietileno. A densidade final dos organismos está expressa em indivíduos. m^{-3} .

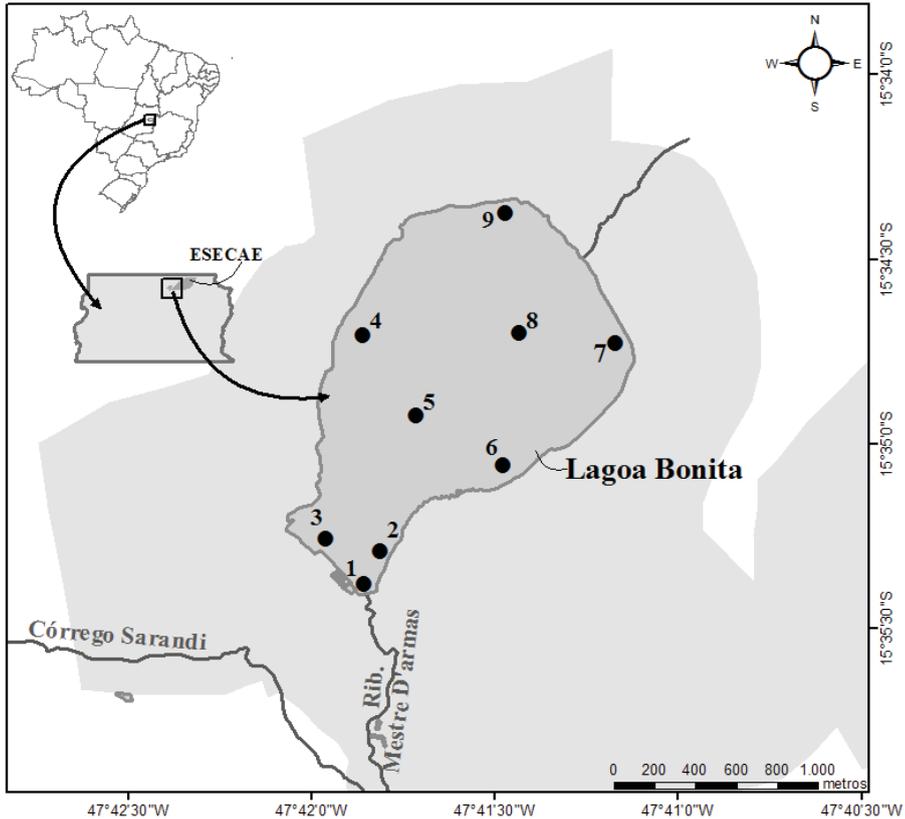


Figura 1 - Localização da Estação Ecológica de Águas Emendadas e das unidades de amostragem na Lagoa Bonita.

Análises de dados

Para avaliar a diversidade de espécies na Lagoa Bonita, foi utilizado o índice de diversidade de Shannon (Shannon & Weaver, 1963; Magurran, 2004) a partir da expressão:

$$H' = -\sum pi \log pi \quad \text{Eq. 1}$$

onde $pi = ni/N$; ni é o número total de indivíduos por espécie e N é o número total de indivíduos. O resultado pode ser classificado em níveis hierárquicos de

diversidade: $H > 3,0$ = diversidade alta; $2,0 < H \leq 3,0$ = diversidade média; $1,0 < H \leq 2,0$ = diversidade baixa; $H \leq 1,0$ = diversidade muito baixa.

A equidade ou equitabilidade (E), na lagoa foi obtida a partir da expressão (Pielou, 1966; Magurran, 2004):

$$E = H' / \text{Log}(S) \quad \text{Eq. 2}$$

onde H' é a diversidade da amostra e S é o número de espécies da amostra. O resultado varia entre 0 e 1, sendo os valores maiores do que 0,5 aqueles em que indivíduos estão bem distribuídos entre espécies.

A eficiência do esforço amostral para a caracterização da riqueza de espécies da Lagoa Bonita foi avaliada por meio da curva de riqueza esperada pelo estimador Jackknife 1 (Magurran, 2004):

$$S_{Jack1} = S_{obs} + Q_1 \left(\frac{m-1}{m} \right) \quad \text{Eq. 3}$$

onde S_{obs} é o número de espécies na amostra, Q_1 é o número de espécies que ocorrem em uma única amostra e m é o número de amostras.

Uma Análise de Componentes Principais (PCA) foi utilizada para resumir a dimensionalidade dos dados ambientais em apenas dois eixos de ordenação, facilitando a visualização dos gradientes ambientais na área de estudo (Legendre & Legendre, 1998).

Todas as análises de concordância entre dois conjuntos de dados foram realizados por meio de testes de Mantel (Legendre & Legendre, 1998). Assim, as matrizes de distância com dados de densidade foram calculados utilizando o índice de Bray-Curtis e com o índice de Jaccard para dados de presença/ausência de espécies. A significância do r de Mantel foi calculada por meio de 4999 aleatorizações.

Todas as análises foram realizadas no programa R (R Development Core Team, 2013).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Diversidade biológica

Um total de 68 espécies de organismos zooplantônicos foram encontradas na área de estudo, sendo 27 de protozoários testáceos, 18 de rotíferos e cladóceros cada e cinco táxons de copépodes (Tabela 1). Em relação à densidade, foi amostrado um total de 262.111 indivíduos, sendo os copépodes o grupo dominante com 205.816 indivíduos (cerca de 78,5% de todos os organismos coletados), seguidos por tecamebas (35.864 indivíduos e 13,7%), cladóceros (14.638 indivíduos e 5,6%) e rotíferos (5.793 indivíduos e 2,2%). A Lagoa Bonita apresenta uma alta diversidade de espécies ($H = 3,1$) e valores intermediários de equidade ($E = 0,5$), apresentando alguns táxons dominantes, tais como as formas larvais (nauplius) e juvenis (copepodito) de copépodes (Tabela 1).

O resultado gerado pelo estimador Jackknife 1 (utilizado para estimar a riqueza de espécies da área de estudo por meio dos nove pontos de coleta) indica que esta deve apresentar por volta de 88 espécies zooplantônicas, totalizando 20 espécies a mais do que fora amostrado (Figura 2). Assim, um monitoramento rápido que considerasse apenas um único ponto de coleta, estaria amostrando cerca de 29% da riqueza zooplantônica total estimada nesta área de estudo. Apenas delineamentos amostrais com sete ou mais pontos de coleta obteriam mais de 70% da riqueza de espécies na Lagoa Bonita. Este resultado indica um problema importante, pois uma grande parte dos estudos envolvendo a caracterização da comunidade zooplantônica (e.g., ver Bini et al., 2008; Lodi et al., 2011) acabam selecionando uma única localidade, podendo assim subestimar significativamente a diversidade destes ambientes.

Grupos zooplanctônicos e variáveis ambientais

Os dois primeiros eixos de ordenação da PCA retiveram 67,1% da variação contida na matriz ambiental, e os pontos de amostragem apresentaram uma elevada variação, principalmente em relação à turbidez e profundidade (Figura 3 e Tabela 2). Os maiores valores de pH e temperatura foram observados em P7, as maiores condutividades em P1, P2 e P4, os maiores valores de turbidez em P2 e P4 e a menor concentração de oxigênio dissolvido foi observada em P4 (Figura 3 e Tabela 2).

Tabela 1 - Espécies zooplanctônicas e suas respectivas densidades (ind.m⁻³) registradas na Lagoa Bonita – DF.

Grupo/Família	Espécie	Mínimo	Máximo	Média	Desvio Padrão
CLADÓCEROS					
Bosminidae	<i>Bosmina hagmanni</i>	0	23	5.9	7.8
	<i>Bosmina tubicen</i>	0	43	7.0	14.1
	<i>Bosminopsis deitersi</i>	3	3200	651.6	979.6
Chydoridae	<i>Alona cf. rustica</i>	0	1600	177.8	533.3
	<i>Alona davidi</i>	0	600	131.6	218.8
	<i>Alona guttata</i>	0	3	0.7	1.5
	<i>Alona monacantha</i>	0	317	36.3	105.2
	<i>Alona poppei</i>	0	167	18.9	55.4
	<i>Alona verrucosa</i>	0	13	2.2	4.4
	<i>Chydorus sp.</i>	0	3	0.7	1.5
	<i>Chydorus sphaericus</i>	0	3	0.7	1.5
	Daphniidae	<i>Ceriodaphnia cornuta</i>	0	167	26.3
Ilyocryptidae	<i>Ilyocryptus spinifer</i>	0	7	0.7	2.2
Macrothricidae	<i>Macrothrix sp.</i>	7	1900	511.2	604.6
Moinidae	<i>Moina minuta</i>	0	3	0.7	1.5

Grupo/Família	Espécie	Mínimo	Máximo	Média	Desvio Padrão
Sididae	<i>Moina</i> sp.	0	3	0.4	1.1
	<i>Diaphanosoma fluviatile</i>	0	3	0.4	1.1
	<i>Diaphanosoma</i> sp.	0	300	53.5	109.5
COPÉPODES					
Cyclopidae	Copepodito	0	422	65.4	144.7
	Nauplius	1500	7200	3344.4	2104.5
Diaptomidae	Copepodito	1161	46000	8914.2	14248.1
	Nauplius	633	36417	9250.6	10980.4
ROTÍFEROS					
Euchlanidae	<i>Dipleuchlanis propatula</i>	0	383	42.6	127.8
	<i>Dipleuchlanis</i> sp.	0	167	18.5	55.6
Hexarthridae	<i>Hexarthra mira</i>	0	156	17.7	51.7
Lecanidae	<i>Lecane bulla</i>	0	1267	382.5	476.2
	<i>Lecane cornuta</i>	0	3	0.4	1.1
	<i>Lecane hornemanni</i>	0	3	0.4	1.1
	<i>Lecane leontina</i>	0	3	1.1	1.7
	<i>Lecane luna</i>	0	3	0.4	1.1
	<i>Lecane lunaris</i>	0	317	36.7	105.0
	<i>Lepadella</i> sp.	0	3	0.4	1.1
Lepadellidae	<i>Lepadella</i> sp.	0	3	0.4	1.1
Philodinidae	Bdelloidea	0	333	76.7	141.0
	<i>Polyarthra dolichoptera</i>	0	178	19.8	59.3
Synchaetidae	<i>Polyarthra vulgaris</i>	0	3	1.1	1.7
	<i>Testudinella</i> sp.	0	3	0.4	1.1
Testudinellidae	<i>Testudinella</i> sp.	0	3	0.4	1.1
Trichocercidae	<i>Trichocerca cylindrica</i>	0	300	33.3	100.0
	<i>Trichocerca pusila</i>	0	3	0.4	1.1

Grupo/Família	Espécie	Mínimo	Máximo	Média	Desvio Padrão
	<i>Trichocerca similis</i>	0	106	11.7	35.2
Trichotriidae	<i>Macrochaetus sericus</i>	0	3	0.4	1.1
TECAMEBAS					
Arcellidae	<i>Arcella conica</i>	0	800	128.4	278.0
	<i>Arcella costata</i>	0	300	34.1	99.7
	<i>Arcella discoides</i>	0	800	200.6	309.3
	<i>Arcella gibbosa</i>	0	156	18.0	51.6
	<i>Arcella hemisphaerica</i>	0	1600	360.0	507.0
	<i>Arcella rota</i>	0	178	20.1	59.1
	<i>Arcella</i> sp.	0	3	0.4	1.1
	<i>Arcella vulgaris</i>	0	1600	199.3	528.1
Centropyxidae	<i>Centropyxis aculeata</i>	0	800	136.3	278.5
	<i>Centropyxis discoides</i>	0	3	0.4	1.1
	<i>Centropyxis ecornis</i>	0	1600	267.7	521.3
	<i>Centropyxis hirsuta</i>	0	800	186.4	275.2
	<i>Centropyxis marsupiformis</i>	0	383	42.6	127.8
	<i>Centropyxis</i> sp.	0	167	18.5	55.6
Difflogiidae	<i>Difflogia corona</i>	0	5600	879.3	1841.9
	<i>Difflogia gramen</i>	0	3	0.4	1.1
	<i>Difflogia lobostoma</i>	3	1600	545.2	581.7
	<i>Difflogia muriformis</i>	0	800	131.9	280.7
	<i>Difflogia oblonga</i>	0	800	112.7	267.0
	<i>Difflogia</i> sp.	0	3	0.7	1.5
	<i>Difflogia stellastoma</i>	0	800	88.9	266.7

Grupo/Família	Espécie	Mínimo	Máximo	Média	Desvio Padrão
Euglyphidae	<i>Euglypha</i> cf. <i>acanthophora</i>	0	383	43.3	127.5
	<i>Euglypha</i> sp.	0	156	17.3	51.9
Hyalosphenidae	<i>Lesquereusia modesta</i>	0	800	144.3	276.3
	<i>Lesquereusia spiralis</i>	0	1600	289.6	517.5
	<i>Lesquereusia spiralis hirsuta</i>	0	383	118.0	172.6
	<i>Nebela</i> sp.	0	3	0.7	1.5

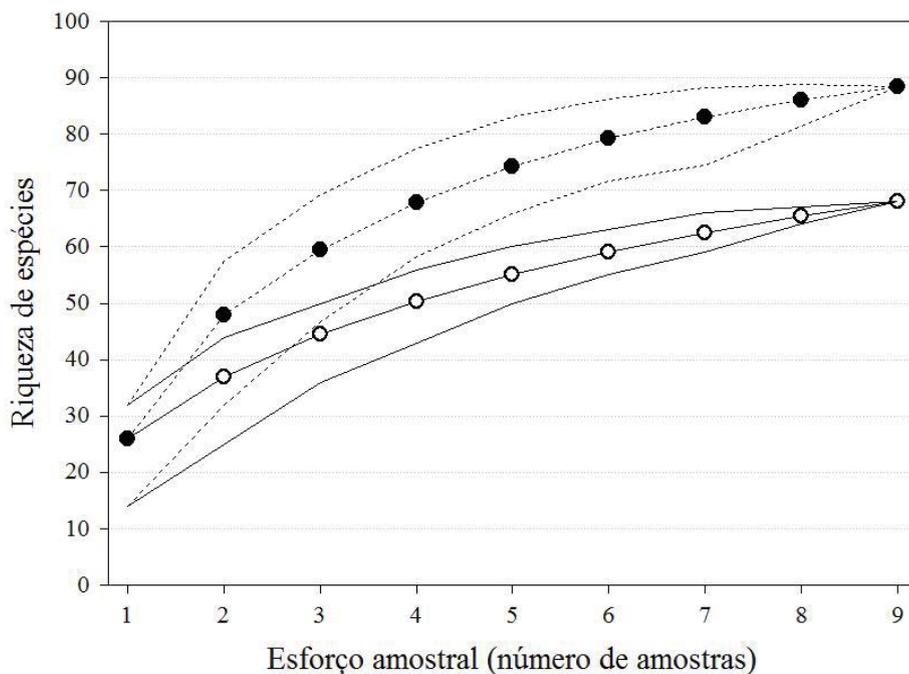


Figura 2 - Resultados da curva de rarefação de espécies (riqueza observada, círculos vazios) e de riqueza estimada pelo estimador Jackknife 1 (círculos preenchidos), com seus respectivos intervalos de confiança (95%).

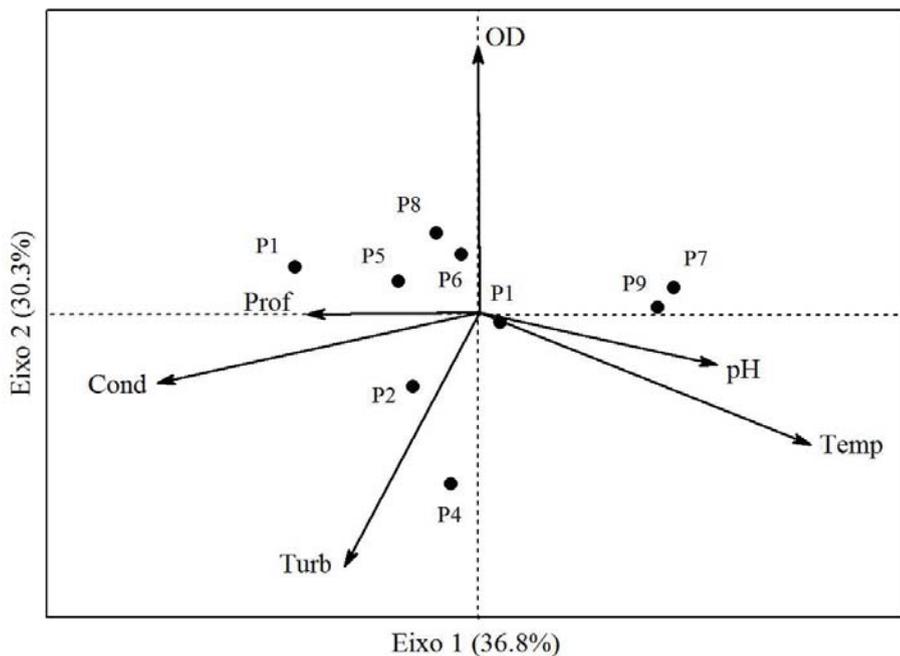


Figura 3 - Ordenação das unidades de amostragem (PCA) segundo suas características ambientais. Condutividade elétrica = Cond; turbidez = Turb; temperatura da água = Temp; oxigênio dissolvido = OD; profundidade = Prof.

Tabela 2 - Média, desvio padrão (DP), coeficiente de variação (CV) e loadings (correlação de Pearson entre cada variável e os eixos de ordenação da PCA) das variáveis ambientais na Lagoa Bonita.

Variáveis ambientais	Média	DP	CV (%)	r de Pearson	
				Eixo 1	Eixo 2
pH	7.90	0.31	3.95	0.64	-0.17
Condutividade elétrica ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	4.84	0.46	9.41	-0.84	-0.24
Turbidez (NTU)	0.69	0.50	72.36	-0.35	-0.85
Temperatura da água ($^{\circ}\text{C}$)	28.76	0.53	1.83	0.88	-0.44
Oxigênio Dissolvido (mg/L)	4.78	0.51	10.59	0.00	0.90
Profundidade (cm)	140.33	75.28	53.64	-0.45	0.00

Com exceção dos copépodes ($r = 0,43$; $P = 0,048$), os demais grupos zooplantônicos não apresentaram padrões de ordenação concordantes com as variáveis ambientais (Tabela 3). Este resultado pode apresentar duas possíveis explicações: ausência de um forte gradiente ambiental na Lagoa Bonita e/ou ausência de alguma variável local importante na estruturação do zooplâncton não considerada neste estudo (e.g., concentrações de N, P e clorofila-*a* e relações de predação). Por outro lado, as variáveis ambientais mensuradas são frequentemente relacionadas à estruturação da comunidade zooplantônica e algumas apresentam coeficientes de variação elevados (principalmente a turbidez e profundidade) (Chalkia & Kehayias, 2013; Lodi et al., 2011).

Em relação à concordância entre os grupos, cladóceros ($r = 0,40$; $P = 0,029$) e rotíferos ($r = 0,53$; $P = 0,025$) apresentaram padrões de distribuição espacial semelhantes aos das tecamebas, apesar da baixa relação filogenética entre eles (Tabela 3). Apesar desses resultados significativos, o nível de concordância pode ser considerado baixo, sugerindo a não utilização de grupos substitutos no zooplâncton por programas de monitoramento ambiental (Heino, 2010; Padial et al., 2012).

Era esperada uma relação significativa entre os cladóceros e copépodes por serem os grupos com maior relação filogenética no zooplâncton, apesar de suas diferenças de estratégias de vida (Bini et al., 2007), o que não foi observado.

Resoluções taxonômica e numérica

Todos os quatro grupos apresentaram um padrão concordante entre os dados em nível de espécies e gêneros (resolução taxonômica). Com exceção das tecamebas, o nível de concordância foi elevado para os demais grupos, variando entre 0,69 e 0,93 (Tabela 3). Por outro lado, apenas os cladóceros apresentaram um nível de resolução numérica (dados de densidade x presença/ausência de

espécies) significativo, embora baixo (Tabela 3).

Tabela 3 – Resultados do teste de Mantel.

Conjunto de dados comparados	<i>r</i>	<i>P</i>
Grupos zooplanctônicos e Variáveis ambientais		
Cladóceros X Ambiente	0,13	0,257
Copépodes X Ambiente	0,43	0,048
Rotíferos X Ambiente	-0,39	0,96
Tecamebas X Ambiente	0,33	0,911
Grupos zooplanctônicos		
Cladóceros X Copépodes	-0,11	0,668
Cladóceros X Rotíferos	0,30	0,074
Cladóceros X Tecamebas	0,40	0,029
Copépodes X Rotíferos	-0,16	0,682
Copépodes X Tecamebas	-0,32	0,853
Rotíferos X Tecamebas	0,53	0,025
Espécie e Gênero		
Cladóceros	0,69	< 0,001
Copépodes	0,93	< 0,001
Rotíferos	0,72	< 0,001
Tecamebas	0,50	0,006
Densidade e Presença/Ausência de espécies		
Cladóceros	0,37	0,030
Copépodes	-0,03	0,468
Rotíferos	0,11	0,242
Tecamebas	0,31	0,094

Muitos estudos avaliam formas de otimizar programas de monitoramento ambiental por meio da suficiência taxonômica e numérica considerando diversos grupos biológicos (Cardoso et al., 2004; Carneiro et al., 2010; Heino & Soininen, 2007). Mas não basta analisar os valores de *P* (significância do

efeito) para a tomada de decisão: é necessário avaliar a magnitude do efeito que reflete a perda de informação entre ambas as estratégias possíveis de serem adotadas (e.g. identificar os organismos em nível de gênero ao invés de espécies) (Carneiro et al., 2010). Portanto, os resultados deste estudo indicam que identificar cladóceros, copépodes e rotíferos ao nível de gênero mantém, de maneira satisfatória, o padrão de distribuição gerado com os dados em nível de espécies.

CONCLUSÕES

Os resultados desse estudo indicam que programas de monitoramento ambiental na Lagoa Bonita e, provavelmente, em outros corpos aquáticos do bioma Cerrado, poderiam avaliar cladóceros, copépodes e rotíferos utilizando informações em nível de gênero, pois a perda de informação relativa aos dados de espécies é pequena. Essa pode ser uma estratégia eficiente para superar a falta de taxonomistas dos diversos grupos biológicos e diminuir tempo e recursos financeiros. Por outro lado, todos os grupos zooplantônicos e as informações geradas a partir de dados de densidade devem ser considerados, sem a possibilidade de utilizar grupos substitutos.

AGRADECIMENTOS

Este estudo foi financiado pela Fundação de Apoio à Pesquisa do Distrito Federal (FAPDF, Proc. n.º 193.000.501/2009) e pela Fundação de Empreendimentos Científicos e Tecnológicos (Finatec, Proc. n.º 5302/2010).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BARREIRO, A.; GUISANDE, C.; MANEIRO, I.; VERGARA, A.; RIVEIRO, I.; IGLESIAS, P. (2007) Zooplankton interactions with toxic phytoplankton: some implications for food web studies and algal defence strategies of feeding selectivity

- behaviour, toxin dilution and phytoplankton population diversity. *Acta Oecologica*, v. 32, n. 3, p. 279-290.
- BINI, L.M.; DA SILVA, L.C.F.; VELHO, L.F.M.; BONECKER, C.C.; LANSAC-TÔHA, F.A. (2008) Zooplankton assemblage concordance patterns in Brazilian reservoirs. *Hydrobiologia*, v. 598, n. 1, p. 247-255.
- BINI, L.M.; GALLI VIEIRA, L.C.; MACHADO, J.; MACHADO VELHO, L.F. (2007) Concordance of species composition patterns among microcrustaceans, rotifers and testate amoebae in a shallow pond. *International review of hydrobiology*, v. 92, n. 1, p. 9-22.
- CALLISTO, M.; MORETTI, M.; GOULART, M. (2001) Macroinvertebrados Bentônicos como Ferramenta para Avaliar a Saúde de Riachos. *RBRH- Revista Brasileira de Recursos Hídricos*. v. 6, n.1, p.71-82.
- CARDOSO, P.; SILVA, I.; DE OLIVEIRA, N.G.; SERRANO, A.R. (2004) Higher taxa surrogates of spider diversity and their efficiency in conservation. *Biological Conservation*, v. 117, n. 4, p. 453-459.
- CARNEIRO, F.M.; BINI, L.M.; RODRIGUES, L.C. (2010) Influence of taxonomic and numerical resolution on the analysis of temporal changes in phytoplankton communities. *Ecological Indicators*, v. 10, n. 2, p. 249-255.
- CHALKIA, E.; KEHAYIAS, G. (2013) Zooplankton and environmental factors of a recovering eutrophic lake (Lysimachia Lake, Western Greece). *Biologia*, v. 68, n. 3, p. 459-469.
- COUTINHO, L.M. (1990) Fire in the ecology of the Brazilian cerrado. In: GOLDAMMER, J.G. *Fire in the tropical biota*. New York: Springer-Verlag, p. 82-105.
- ESTEVES, F. (1998) Fundamentos de Limnologia Place: Interciência, p. 602.
- FONSECA, F. O. (2008) *Águas Emendadas*, p. 542.

- HEINO, J. (2010) Are indicator groups and cross-taxon congruence useful for predicting biodiversity in aquatic ecosystems? *Ecological Indicators*, v. 10, n. 2, p. 112-117.
- HEINO, J. SOININEN, J. (2007) Are higher taxa adequate surrogates for species-level assemblage patterns and species richness in stream organisms? *Biological Conservation*, v. 137, n. 1, p. 78-89.
- LANDEIRO, V.L.; BINI, L.M.; COSTA, F.R.; FRANKLIN, E.; NOGUEIRA, A.; DE SOUZA, J.L.; MORAES, J.; MAGNUSSON, W.E. (2012) How far can we go in simplifying biomonitoring assessments? An integrated analysis of taxonomic surrogacy, taxonomic sufficiency and numerical resolution in a megadiverse region. *Ecological Indicators*, v. 23, p. 366-373.
- LANDSON, A.R.; WHITE, L. J.; DOOLAN, J. A.; TILLEARD, J. L. (1999) Development and testing of an index of stream condition for waterway management in Australia. *Freshwater Biology*. v. 41, n. 2, p. 453-468.
- LANSAC-TOHA, F.A.; BONECKER, C.C.; VELHO, L.F.M.; LIMA, A. (2004) Composition, species richness and abundance of the zooplankton community. The Upper Paraná River and its floodplain: physical aspects, ecology and conservation. Leiden: Backhuys Publishers, p. 145-190.
- LEGENDRE, L.; LEGRENDRE, L. (1998) Numerical ecology. Developments in environmental modelling Place:Elsevier Science & Technology, p. 853.
- LODI, S.; VIEIRA, L.C.G.; VELHO, L.F.M.; BONECKER, C.C.; DE CARVALHO, P.; BINI, L.M. (2011) Zooplankton Community Metrics as Indicators of Eutrophication in Urban Lakes. *Natureza & Conserva*, p. 87-92.
- LOVETT, G.M.; BURNS, D.A.; DRISCOLL, C.T.; JENKINS, J.C.; MITCHELL, M.J.; RUSTAD, L.; SHANLEY, J.B.; LIKENS, G.E.; HAEUBER, R. (2007) Who needs environmental monitoring? *Frontiers in Ecology and the Environment*, v. 5, n. 5, p. 253-260.

- MAGURRAN, A.E. (2004) Measuring biological diversity, p. 215.
- MANDELIK, Y.; ROLL, U.; FLEISCHER, A. (2010) Cost-efficiency of biodiversity indicators for Mediterranean ecosystems and the effects of socio-economic factors. *Journal of applied ecology*, v. 47, n. 6, p. 1179-1188.
- MYERS, N.; MITTERMEIER R.A.; MITTERMEIER, C.G.; FONSECA, G.A.B.; KENT, J. (2000) Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature*, v. 403, p. 853-858.
- OBERHAUS, L.; GÉLINAS, M.; PINEL-ALLOUL, B.; GHADOUANI, A.; HUMBERT, J.-F. (2007) Grazing of two toxic *Planktothrix* species by *Daphnia pulex*: potential for bloom control and transfer of microcystins. *Journal of Plankton research*, v. 29, n. 10, p. 827-838.
- OLIVER, I.; HOLMES, A.; DANGERFIELD, J.M.; GILLINGS, M.; PIK, A.J.; BRITTON, D.R.; HOLLEY, M.; MONTGOMERY, M.E.; RAISON, M.; LOGAN, V. (2004) Land systems as surrogates for biodiversity in conservation planning. *Ecological Applications*, v. 14, n. 2, p. 485-503.
- PADIAL, A.A.; DECLERCK, S.A.; DE MEESTER, L.; BONECKER, C.C.; LANSAC-TÔHA, F.A.; RODRIGUES, L.C.; TAKEDA, A.; TRAIN, S.; VELHO, L.F.; BINI, L.M. (2012) Evidence against the use of surrogates for biomonitoring of Neotropical floodplains. *Freshwater Biology*, v. 57, n. 11, p. 2411-2423.
- PIELOU, E. (1966) The measurement of diversity in different types of biological collections. *Journal of theoretical biology*, v. 13, p. 131-144.
- R DEVELOPMENT CORE TEAM (2013) R version 2.9. 2, R Project for Statistical Computing, Vienna, Austria.
- RIBEIRO, J. F.; WALTER, B. M. T. (1998) Fitofisionomias do Bioma Cerrado. In: SANO, S. M; ALMEIDA, S. P. *Cerrado: ambiente e flora*. Planaltina: EMBRAPA – CPAC, p. 89-166.

- ROQUE, F.O.; SIQUEIRA, T.; BINI, L.M.; RIBEIRO, M.C.; TAMBOSI, L.R.; CIOCHETI, G.; TRIVINHO □ STRIXINO, S. (2010) Untangling associations between chironomid taxa in Neotropical streams using local and landscape filters. *Freshwater Biology*, v. 55, n. 4, p. 847-865.
- SANDERSON, E.W.; JAITEH, M.; LEVY, M.A.; REDFORD, K.H.; WANNEBO, A.V.; WOOLMER, G. (2002) The Human Footprint and the Last of the Wild: The human footprint is a global map of human influence on the land surface, which suggests that human beings are stewards of nature, whether we like it or not. *BioScience*, v. 52, n. 10, p. 891-904.
- SHANNON, E. C.; WEAVER, W. (1963) *Mathematical theory of communication*, Urbana: University Illinois Press, p. 125.
- TREVISAN, G.V.; FORSBERG, B.R. (2007) Relationships among nitrogen and total phosphorus, algal biomass and zooplankton density in the central Amazonia lakes. *Hydrobiologia*, v. 586, n. 1, p. 357-365.