

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECOLOGIA

SILVANO LIMA DO NASCIMENTO FILHO

**EFEITOS DE FORÇANTES AMBIENTAIS E DO PERIFÍTON SOBRE
MACROINVERTEBRADOS BENTÔNICOS EM RESERVATÓRIOS DO
SEMIÁRIDO NEOTROPICAL**

**RECIFE
2017**

SILVANO LIMA DO NASCIMENTO FILHO

**EFEITOS DE FORÇANTES AMBIENTAIS E DO PERIFÍTON SOBRE
MACROINVERTEBRADOS BENTÔNICOS EM RESERVATÓRIOS DO
SEMIÁRIDO NEOTROPICAL**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia da Universidade Federal Rural de Pernambuco, como parte dos requisitos para a obtenção do Título de Mestre em Ecologia.

Orientadora:

Profa. Dra. Ariadne do Nascimento Moura

Co-Orientador:

Prof. Dr. Mauro de Melo Júnior

**RECIFE
2017**

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema Integrado de Bibliotecas da UFRPE
Biblioteca Central, Recife-PE, Brasil

N244e Nascimento-Filho, Silvano Lima do
Efeitos de forçantes ambientais e do perifíton sobre
macroinvertebrados bentônicos em reservatórios do semiárido
neotropical / Silvano Lima do Nascimento Filho. – 2017.
64 f.: il.

Orientadora: Ariadne do Nascimento Moura.
Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal Rural de
Pernambuco, Programa de Pós-Graduação em Ecologia, Recife,
BR-PE, 2017.
Inclui referências, anexo(s) e apêndice(s).

1. Diatomáceas 2. Grupos funcionais 3. Raspadores 4. Zonas
límpicas I. Moura, Ariadne do Nascimento, orient. II. Título

CDD 574.5

**EFEITOS DE FORÇANTES AMBIENTAIS E DO PERIFÍTON SOBRE
MACROINVERTEBRADOS BENTÔNICOS EM RESERVATÓRIOS DO
SEMIÁRIDO NEOTROPICAL**

SILVANO LIMA DO NASCIMENTO FILHO

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia (PPGE), da Universidade Federal Rural de Pernambuco, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Ecologia. Dissertação defendida e aprovada pela banca examinadora:

Orientadora: _____
Prof^a. Dr^a. Ariadne do Nascimento Moura
Titular/UFRPE

Co-orientador: _____
Prof. Dr. Mauro de Melo Júnior
Titular/UFRPE

Examinadores: _____
Prof^a. Dr^a. Paula Braga Gomes
Titular/UFRPE

Dr^a. Nísia Karine Cavalcanti Aragão-Tavares
Titular/UFRPE

Prof. Dr. Ulisses dos Santos Pinheiro
Titular/UFPE

Prof^a. Dr^a. Ana Carla Asfora El-Deir
Suplente/UFRPE

Data de aprovação: // 2017

RECIFE
2017

Dedicatória
Aos meus pais!

AGRADECIMENTOS

À Deus, por ser minha força, sustento, esperança e fé. Se não fosse Ele hoje não estaria terminando mais uma jornada da minha vida. Combati o bom combate, acabei a carreira e guardei a fé.

Aos meus pais Silvano Lima do Nascimento e Maria de Fátima Alves Lima Nascimento pelo amor, confiança e sabedoria. Todo esse esforço é dedicado a vocês por tudo o que fizeram por mim até hoje.

Ao meu tio Sérgio Lima e Andrea Rezende, por permitirem morar com minhas primas Samara e Samira em Recife! Por todo o apoio e auxílio nesses dois anos. Serei grato pelo resto de minha vida a tudo o que fizeram por mim.

À Sara Brito, pela força e apoio de que tudo iria dar certo.

À minha Tábatha, por todo o apoio, ajuda e conselhos compartilhados. Sempre presente em toda essa trajetória. Obrigada!

À Professora Ariadne do Nascimento Moura, por se dispor a compartilhar dos seus conhecimentos acadêmicos e, mais que isso, seus conhecimentos de vida. Pelos conselhos que muitas vezes nem foram expressos em palavras, e sim em gestos e atitudes. Muito obrigado por cada minuto dedicado ao meu aprendizado. Espero continuar trabalhando e aprendendo ao seu lado, pois tenho muito a aprender com a senhora. Agradeço imensamente por tudo o que fez durante esses dois anos e por me receber em seu laboratório.

Ao Professor Mauro de Melo Júnior, pelos ensinamentos que me permitiram chegar até aqui, assim como o apoio desde a seleção para o mestrado até o final dele. O senhor é um ser humano fantástico que merece muito ser feliz. Creio que Deus irá realizar todos os seus planos e sonhos! Muito obrigado professor por tudo!

Ao professor Elton, pelo apoio, ajuda e toda dedicação em laboratório, campo e amizade. Nunca pensei que um dia seria amigo do senhor, eita “você” e por conhecer o professor e ser humano incrível que É! Agradeço por tudo o que você ajudou do fundo do coração.

A Leidiane Diniz, por toda a ajuda na coleta e por momentos alegres compartilhados durante todo o percurso do mestrado.

Aos colegas do Laboratório de Bentos pela ajuda nas triagens e por compartilhado conhecimento e bons momentos vividos.

Aos colegas do Laboratório de Ficologia por me receberem da melhor forma e ajudar nas identificações. Aqui fiz muitas amizades com a Nísia, Juliana, Camila, Anamaria, Lucas, Cihélio, Danilo, Leo e Hermes! Fico admirado com o profundo conhecimento que todos possuem e sei que todos conseguirão um dia seus objetivos e logo seremos colegas de profissão. Agradeço a ajuda de todos!

Agradeço a Tháisy por toda a ajuda nas triagens e identificação!

Aos meus colegas Paulo, Luciana, Luiz, Gerson, Raul, Ricácio e Moab, pelo apoio e momentos de alegria.

Aos professores que participaram das avaliações das bancas, Marcos Souto, Nísia Aragão e Paula Braga! Suas considerações ajudaram na formação dessa dissertação.

À Unidade Acadêmica de Serra Talhada e Sede e a todos os funcionários que estiveram diariamente presentes, são muitos, mas lembrarei de vocês durante toda a minha vida.

A Facepe pelo concedimento da bolsa durante esses anos de estudo.

Enfim, a todos que direta ou indiretamente contribuíram para a concretização deste trabalho.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Localização da Bacia Hidrográfica do rio Pajeú, Município de Serra Talhada, PE, Brasil, com destaque para os reservatórios Borborema, Cachoeira II e Saco I.....	27
Figura 2: Histórico da precipitação média dos últimos 30 anos e mensal do período de estudo do município de Serra Talhada – PE, Brasil.....	31
Figura 3: Densidade média de algas perifíticas nos reservatórios Borborema, Saco I e Cachoeira II, Serra Talhada-PE, Brasil.....	34
Figura 4: Abundancia relativa dos grupos funcionais alimentares dos macroinvertebrados bentônicos dos reservatórios no município de Serra Talhada - PE, Brasil.....	35
Figura 5: Densidade média dos macroinvertebrados bentônicos nos reservatórios Borborema, Saco I e Cachoeira II, Serra Talhada-PE, Brasil.....	36
Figura 6: Análise de Correspondência Canônica (ACC) para as densidades de macroinvertebrados bentônicos, variáveis ambientais e algas perifíticas nos diferentes reservatórios (A – Borborema, B – Saco I e C – Cachoeira II).....	38

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Descrição estatística da clorofila <i>a</i> e das variáveis físicas e químicas (n = 18) nos reservatórios Saco I, Borborema e Cachoeira II, Serra Talhada, PE, Brasil. Observação: clorofila <i>a</i> fitoplanctônica.....	32
Tabela 2: Riqueza taxonômica das algas perifíticas dos reservatórios Saco I, Cachoeira II e Borborema, Serra Talhada-PE, Brasil.....	33
Tabela 3: Anova-um fator da densidade de macroinvertebrados nas diferentes zonas e período sazonais dos reservatórios no município de Serra Talhada-PE, Brasil.....	36
Tabela 4: Diversidade de espécies ($H' = \text{bits.ind}^{-1}$) e riqueza (S) dos macroinvertebrados bentônicos nas três diferentes zonas do reservatórios Borborema, Saco I e Cachoeira II, Serra Talhada-PE, Brasil.....	37

SUMÁRIO

RESUMO	11
ABSTRACT	12
Introdução Geral	14
Hipóteses.....	17
Objetivos.....	17
Referências.....	18
Artigo: O papel das algas perifíticas e variáveis ambientais sobre os macroinvertebrados bentônicos em reservatórios rasos da região semiárida Neotropical	
Resumo	23
Abstract.....	24
1. Introdução	24
2. Material e Métodos	26
2.1. Área de estudo.....	26
2.2. Variáveis ambientais.....	27
2.3. Algas perifíticas.....	28
2.4. Macroinvertebrados bentônicos.....	29
2.5. Análises estatísticas.....	29
3. Resultados.....	30
3.1. Variáveis ambientais.....	30
3.2. Algas perifíticas.....	33
3.3. Macroinvertebrados bentônicos.....	34
3.4. Interação algas perifíticas e macroinvertebrados bentônicos.....	37
4. Discussão.....	39
4.1. Variáveis ambientais.....	39
4.2. Algas perifíticas.....	40
4.3. Macroinvertebrados bentônicos.....	41
4.4. Interação algas perifíticas e macroinvertebrados bentônicos.....	43
5. Agradecimentos.....	44
6. Referências.....	45
Material suplementar.....	57
ANEXO.....	59

Nascimento-Filho, Silvano Lima do; M.Sc.; Universidade Federal Rural de Pernambuco; fevereiro de 2017; Efeitos de forçantes ambientais e do perifíton sobre macroinvertebrados bentônicos em reservatórios do semiárido Neotropical; Ariadne do Nascimento Moura (Orientadora), Mauro de Melo Júnior (Co-orientador).

RESUMO

O presente estudo teve como objetivo identificar possíveis forçantes abióticas e/ou bióticas da comunidade de macroinvertebrados bentônicos em três reservatórios rasos neotropicais do Nordeste do Brasil. O estudo foi realizado no período seco e chuvoso, nos reservatórios Saco I, Cachoeira II e Borborema, pertencentes à Bacia Hidrográfica do rio Pajeú -PE. As seguintes hipóteses foram levantadas: (i) as variáveis ambientais e as algas perifíticas são fatores que direcionam a distribuição e estrutura dos macroinvertebrados bentônicos em três reservatórios rasos do semiárido Neotropical; (ii) a estrutura da comunidade de macroinvertebrados bentônicos é distribuída heterogeneamente entre as diferentes zonas litorâneas dos reservatórios. Em campo, as variáveis físico-químicas da água foram mensuradas *in situ* através de sonda-multiparamétrica (Horiba/U-52). Uma amostra de água de 500 mL foi coletada em cada ponto amostral para posterior análise de clorofila *a* e nutrientes. As amostras da comunidade de algas perifíticas foram coletadas do sedimento na região litorânea, em trélicas, em cada zona do reservatório (fluvial, transição e lacustre), com uso de uma placa de Petri com área de 13,5 cm², com auxílio de espátula e água destilada. O mesmo desenho amostral a comunidade de macroinvertebrados bentônicos foi coletada com utilização de draga do tipo Petersen com área de 0,034 m². A comunidade de algas perifíticas foi dominada por diatomáceas (53,41%) e cianobactérias (43,38%) nos reservatórios Saco I e Borborema, enquanto que o reservatório Cachoeira II foi dominado apenas pelas diatomáceas. As espécies *Cylindropermopsis raciborskii* ($1,2 \times 10^6$ ind.cm⁻²) e *Chroococcus minutus* ($6,0 \times 10^3$ ind.cm⁻²) apresentaram as maiores densidades no reservatório Saco I. No reservatório Cachoeira II, as espécies de diatomáceas *Gomphonema* sp. ($1,0 \times 10^4$ ind.cm⁻²) e *Pinnularia major* ($1,9 \times 10^4$ ind.cm⁻²) apresentaram as maiores densidades no período chuvoso, enquanto no reservatório Borborema, foram as espécies *Geitlerinema amphibium* ($1,7 \times 10^4$ ind.cm⁻²) e *Scenedesmus* sp. ($8,3 \times 10^4$ ind.cm⁻²) no período chuvoso. A comunidade de macroinvertebrados foi representada pelos grupos taxonômicos Diptera, Gastropoda, Coleoptera, Hemiptera, dentre outros táxons. Foram quantificados 8.247 indivíduos, pertencentes a 32 táxons. Os grupos funcionais alimentares foram dominados por raspadores (68,60%) e menor contribuição dos coletores (6,13%). Os raspadores foram representados pelos táxons Chironomidae,

Melanoides tuberculatus e *Biomphalaria straminea*. A maior riqueza e diversidade de espécies foram apresentadas na zona lacustre nos reservatórios Borborema e Cachoeira II ($S = 10$; $H' = 2,07$ e $S = 16$; $H' = 1,71$ bits. ind⁻¹), respectivamente. No reservatório Saco I a zona de transição apresentou ($S = 8$; $H' = 1,75$ bits. ind⁻¹). A densidade de macroinvertebrados raspadores foi influenciada significativamente pelas algas perifíticas nos três reservatórios, explicando mais de 89,9% da variância total. Os herbívoros apresentaram relação positiva com as diatomáceas e negativa com as cianobactérias. Concluímos que altas densidades de invertebrados herbívoros foram relacionadas positivamente à maior disponibilidade de diatomáceas. A heterogeneidade do habitat e variáveis ambientais não influenciaram diretamente a densidade de macroinvertebrados bentônicos, contudo, foram possíveis fatores para mudança na dinâmica das algas perifíticas.

Palavras-chaves: Diatomáceas, grupos funcionais, raspadores e zonas límnicas

Nascimento-Filho, Silvano Lima do; M.Sc.; Universidade Federal Rural de Pernambuco; fevereiro de 2017; Effects of environmental forces and periphyton on benthic macroinvertebrates in Neotropical semiarid reservoirs; Ariadne do Nascimento Moura (Orientadora), Mauro de Melo Júnior (Co-orientador).

ABSTRACT

The present study had as objective to identify possible abiotic and / or biotic forcings of the community of benthic macroinvertebrates in three neotropical shallow reservoirs of Northeast Brazil. The study was carried out in two periods (dry and rainy) in the reservoirs Saco I, Cachoeira II and Borborema, belonging to the Pajeú-PE River Basin. The following hypotheses were raised: (i) the environmental variables and the periphyton are factors that direct the distribution and structure of the benthic macroinvertebrates in three shallow reservoirs of the Neotropical semiarid; (ii) the community structure of benthic macroinvertebrates is distributed heterogeneously among the different coastal zones of the reservoirs. In the field the physical-chemical variables of the water were measured in situ through a multiparameter probe (Horiba / U52). A sample of 500 mL water was collected at each sampling point for further analysis of chlorophyll *a* and nutrients. Samples from the periphytic algae community were collected from the sediments in the coastal region in triplicate in each zone of the reservoir (fluvial, transition and lacustrine), using a Petri dish with an area of 13.5 cm², using a spatula and water Distilled. The community of benthic macroinvertebrates was sampled using a Petersen type dredge with an area of 0.034 m². The

peripheral algae community was dominated by diatoms (53.41%) and cyanobacteria (43.38%) in the Saco I and Borborema Reservoirs, while the Cachoeira II reservoir was dominated only by the diatoms. The species *Cylindrospermopsis raciborskii* (1.2×10^6 ind.cm⁻²) and *Chroococcus minutus* (6.0×10^3 ind.cm⁻²) presented the highest densities in the Saco I reservoir. In the Cachoeira II reservoir, the diatom species *Gomphonema* sp. (1.0×10^4 ind.cm⁻²) and *Pinnularia major* (1.9×10^4 ind.cm⁻²) presented the highest densities in the rainy season, while in the Borborema reservoir were the species *Geitlerinema amphibium* (1.7×10^4 ind.cm⁻²) and *Scenedesmus* sp. (8.3×10^4 ind.cm⁻²) in the rainy season. The community of macroinvertebrates was represented by the taxonomic groups Diptera, Gastropoda, Coleoptera, Hemiptera, among other taxa. In total, 8,247 individuals from 32 taxa were quantified. The functional food groups were dominated by scrapers (68.60%) and lower contribution of the collectors (6.13%). The scrapers were represented by the taxa Chironomidae, *Melanoides tuberculatus* and *Biomphalaria straminea*. The macroinvertebrates did not present significant variation ($F = 12.98$, $p > 0.05$) in the distribution of the different zones of the reservoirs, as well as the density did not have significant seasonal variation ($F = 0.028$; $p = 0.86$). The species richness of the macroinvertebrates did not present significant difference between the zones of the reservoirs ($F = 0.67$, $p = 0.09$). The highest richness and diversity of species were presented in the lacustrine zone in the Borborema and Cachoeira II reservoirs ($S = 10$, $H' = 2.07$ and $S = 16$, $H' = 1.71$ bits.ind⁻¹), respectively, except in the Saco I reservoir where the transition zone presented ($S = 8$, $H' = 1.75$ bits.ind⁻¹). The density of herbivorous macroinvertebrate was significantly influenced by the periphytic algae in the three reservoirs, explaining more than 89,9% of the total variance. The herbivores showed a positive relation with diatoms and negative with the cyanobacteria. We conclude that high densities of herbivorous invertebrates were positively related to higher diatom availability. Habitat heterogeneity and environmental variables did not directly influence the density of benthic macroinvertebrates.

Abstract: Diatoms, functional groups, scrapers and limnic zones

INTRODUÇÃO GERAL

A água é considerada de elementar importância para às atividades humanas e manutenção da vida, entretanto, o seu uso desordenado, atrelado ao crescimento populacional acelerado, práticas agrícolas, lançamento de efluentes não tratados e barramento de rios, resultam em um cenário de perda de qualidade da água (AVISAR et al., 2009; KFIR et al., 2012). Para suprir as necessidades de crescimento populacional nos centros urbanos, muitos rios têm o seu deslocamento natural interrompido por barramentos para a construção de reservatórios, sendo esta uma das principais formas de intervenção humana nos corpos aquáticos continentais (PASCHOAL et al., 2012; FANNY et al., 2013).

De acordo com Esteves (1998) e Tundisi e Matsumura-Tundisi (2008), os reservatórios apresentam gradientes horizontais e verticais de variáveis físico-químicas e biológicas, e podem ser divididos em três zonas distintas:

- Zona fluvial ou zona de rio: região com características de ambiente lótico, raso e estreito, com altas taxas de sedimentação, altos valores de turbidez, presença de correnteza, concentração de nutriente e grande quantidade de matéria orgânica alóctone;
- Zona de transição: zona intermediária entre o sistema lêntico e lótico, com profundidade média, menores valores de turbidez, menor sedimentação e concentração de nutrientes;
- Zona lacustre: região com características de ambiente lêntico, com baixa correnteza, turbidez e concentração de nutrientes, apresenta as maiores profundidades e está situada próxima ao barramento.

A construção dos reservatórios tornou-se a principal forma de armazenamento de água para população humana, proporcionando múltiplos usos, tais como irrigação, atividades industriais, piscicultura e lazer (CHELLAPA et al., 2009). Neste contexto, a região semiárida do Brasil comporta grande parte destes ecossistemas, construídos, sobretudo devido à grande irregularidade na distribuição de chuvas nesta região (CIRILLO, 2008; SIMÕES et al., 2010). Além disso, diversas propriedades físico-químicas e biológicas dos reservatórios artificiais apresentam flutuação sazonal, sendo influenciadas, sobretudo pelo nível d'água, tempo de retenção, altas temperaturas e taxas de evaporação. Fatores estes, regulados principalmente por características climáticas e hidrológicas das bacias hidrográficas (NASELLI-FLORES, BARONE, 2005).

Uma das principais consequências ambientais resultantes das construções de reservatórios constitui-se na atenuação da heterogeneidade espacial, que afeta diretamente a

diversidade de espécies aquáticas levando a diminuição dos ambientes naturais (BUSCH, LARY, 1996; TUNDISI, MATSUMURA-TUNDISI, 2008). Além disso, os múltiplos usos favorecem a eutrofização, e interferem na dinâmica natural das comunidades biológicas, com consequente perda da biodiversidade e alterações no funcionamento desses corpos hídricos (PRADO, MORAES NOVO, 2008; PEREIRA, 2011). O enriquecimento com fósforo e nitrogênio por despejos de esgotos e lixiviação nos corpos aquáticos, por exemplo, promove mudanças na comunidade de produtores primários, favorecendo, sobretudo, a dominância de cianobactérias planctônicas e perifíticas (SPERLING et al., 2008; KFIR et al., 2012). Neste contexto, a eutrofização pode ser considerada o principal fator responsável por perdas da qualidade de água na região semiárida Neotropical (COSTA et al., 2006; ESKINAZI-SANT'ANNA et al., 2007).

Além dos grupos de microalgas citados anteriormente, os macroinvertebrados bentônicos constituem uma das principais comunidades aquáticas dos ecossistemas límnicos mantendo uma posição central na cadeia alimentar (CALLISTO, ESTEVES, 2010). Este grupo engloba uma gama de Filos e Classes, como por exemplo, Porifera, Annelida (Oligochaeta, Hirudinea), Mollusca (Gastropoda e Bivalvia) e Arthropoda, que incluem Crustacea e diversas Ordens pertencentes à Classe Insecta (Ephemeroptera, Plecoptera, Odonata, Heteroptera, Coleoptera, Trichoptera, Megaloptera, Diptera e Lepidoptera) (TUNDISI, MATSUMURA-TUNDISI, 2008; BARBOLA et al., 2011). Por possuírem ciclos de vida relativamente longos e hábitos sedentários, os macroinvertebrados bentônicos são capazes de refletir os efeitos cumulativos de parâmetros ambientais e disponibilidade de recursos (DUAN et al., 2011; ODUM, MULLER, 2011; OBOLEWSKI et al., 2014).

Dentre os principais fatores abióticos responsáveis pela estruturação da comunidade de macroinvertebrados bentônicos, estão o pH, temperatura, concentração de oxigênio e profundidade (PAMPLIN, ROCHA, 2007; TOKESHI, ARAKAKI, 2012). A concentração de oxigênio, por exemplo, considerado vital para os organismos aquáticos, depende da temperatura da água e pressão atmosférica, sendo suas baixas concentrações relacionadas às altas concentrações de material em suspensão, intensa mortalidade e alta decomposição de organismos aquáticos nos processos de eutrofização (TUNDISI, MATSUMURA-TUNDISI, 2008). Muitos organismos são afetados por esta variável, entretanto, a família Chironomidae é um grupo resistente às baixas concentrações de oxigênio, por apresentar hemoglobina no sangue, composto este que tem alta afinidade por moléculas de oxigênio (GULLAN, CRANSTON, 2008).

A turbidez da água é um fator resultante principalmente dos sólidos em suspensão inorgânicos (argila e silte) e orgânicos (plâncton e micro-organismos) (ESTEVES, 1998).

Vários são os fatores responsáveis pelo aumento da turbidez, como o aporte de esgotos e lixiviação do solo exposto durante o período chuvoso. O excesso de turbidez da água leva ao entupimento do aparato filtrador de moluscos bivalves, causando a morte de muitos indivíduos (LEVINTON, 1995). O pH é outro parâmetro que merece atenção em condições extremas, pois varia normalmente entre 6,0 a 8,5 em águas naturais, e quando em condições mais alcalinas, pode ocorrer a transformação do íon amônio em amônia, extremamente tóxica para os organismos aquáticos (MANAHAM, 2013). Além destes, a heterogeneidade do habitat e a composição granulométrica do sedimento também são fatores importantes (CALLISTO, ESTEVES, 1996; CARVALHO, UIEDA, 2004), assim como os bancos de macrófitas, conhecidos por proporcionarem maior disponibilidade de recursos, micro habitats e nichos eficazes, sendo capazes de promover maior riqueza e diversidade de espécies (HUMPHRIES et al., 2011; FONTANARROSA et al., 2013).

Assim como os macroinvertebrados, as algas perifíticas estão amplamente distribuídas, principalmente na região litorânea dos reservatórios, aderidas a pedras, pedaços de madeira, macrófitas e sedimento (GOLDSBOROUGH e ROBINSON, 1996; WETZEL, 2001). Compostas, principalmente, por cianobactérias (Cyanophyta), diatomáceas (Heterokontophyta) e algas verdes (Chlorophyta) (GOLDSBOROUGH et al., 2005), a comunidade de algas perifíticas desempenha importante papel como produtor primário (VADEBONCOEUR et al., 2001; LIBORIUSSEN, JEPPESEN, 2003), e, servindo como recurso alimentar para inúmeros herbívoros (LAMBERTI, 1996).

O efeito dos macroinvertebrados herbívoros sobre a estrutura e composição de algas perifíticas já foi discutido em vários estudos, que enfatizam a capacidade da variação espacial e temporal desses organismos é capaz de modificar os gradientes do seu recurso (MOLES et al., 2001; GRUNER et al., 2008). Porém, mudanças na composição da comunidade de algas perifíticas devido às mudanças sazonais dos parâmetros abióticos e à eutrofização dos mananciais são, por sua vez, capazes de alterar consideravelmente a comunidade de macroinvertebrados bentônicos (DANGER et al., 2008). Os gastrópodes, crustáceos, larvas de insetos e outros invertebrados, por exemplo, alimentam-se principalmente de algas perifíticas consideradas altamente nutritivas, como as diatomáceas (JONES, SAYER, 2003; VERMAAT, 2005). Estudos salientam que este processo de herbivoria pode ser altamente seletivo, de modo que, mudanças na composição de algas perifíticas podem se estender aos macroinvertebrados (VERMAAT, 2005). Porém, a dominância de cianobactérias perifíticas, consideradas alimento de má qualidade para muitos herbívoros, comum em ecossistemas eutrofizados do semiárido, pode modificar a estrutura e distribuição dos macroinvertebrados (DANGER et al., 2008).

Diante desta complexa interação, são necessários maiores esforços para entender como a comunidade de algas perifíticas é capaz de direcionar a estrutura de macroinvertebrados, especialmente em reservatórios da região semiárida Neotropical, cujos ecossistemas estão sujeitos a longos períodos de escassez hídrica, eutrofização e dominância de cianobactérias.

Estudos de heterogeneidade espacial em reservatórios têm demonstrado que, além da zonação longitudinal em função dos processos hidrodinâmicos, que provocam alterações limnológicas ao longo do eixo rio-barragem também é importante avaliar as possíveis interações com a bacia hidrográfica. Assim como as atividades antrópicas nas margens e reentrâncias dos reservatórios podem ser decisivas sobre a qualidade da água e as comunidades de algas perifíticas e de macroinvertebrados bentônicos. Contudo, a influência desses fatores sobre as características estruturais da comunidade de macroinvertebrados bentônicos ainda é pouco compreendida.

HIPÓTESES

As hipóteses do presente estudo são: (i) As variáveis ambientais e o perifíton são fatores que direcionam a distribuição e estrutura dos macroinvertebrados bentônicos em três reservatórios rasos do semiárido Neotropical; (ii) a estrutura da comunidade de macroinvertebrados bentônicos é distribuída heterogeneamente entre as diferentes zonas litorâneas dos reservatórios; (iii) o grupo funcional alimentar dos raspadores tem maior contribuição de indivíduos dentre todos os grupos alimentares, visto a maior disponibilidade de recursos.

OBJETIVOS

Os objetivos desse estudo foram: (i) avaliar a influência de fatores abióticos e do perifíton sobre a comunidade de macroinvertebrados bentônicos em três reservatórios rasos do município de Serra Talhada-PE, localizados no semiárido Neotropical; (ii) avaliar a influência do gradiente longitudinal dos reservatórios sobre a comunidade de macroinvertebrados bentônicos; (iii) verificar a comunidade de macroinvertebrados bentônicos quanto aos grupos funcionais alimentares.

REFERÊNCIAS

- AVISAR, D.; LESTER, Y.; RONEN, D. Sulfamethoxazole contamination of a deep phreatic aquifer. **Science of the Total Environment**, v. 407, n. 14, p. 4278-4282, 2009.
- BARBOLA, I. F. et al. Avaliação da comunidade de macroinvertebrados aquáticos como ferramenta para o monitoramento de um reservatório na bacia do rio Pitangui, Paraná, Brasil. **Iheringia, Série Zoologia**, v. 101, n. 1-2, p. 15-23, 2011.
- BUSCH, W. D. N.; LARY, S. J. Assessment of habitat impairments impacting the aquatic resources of Lake Ontario. **Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences**, v. 53, n. 1, p. 113-120, 1996.
- CALLISTO, M.; ESTEVES, F. A. Macroinvertebrados bentônicos em dois lagos amazônicos: Lago Batata (um ecossistema impactado por rejeito de bauxita) e Lago Mussurá (Brasil). **Acta Limnologica Brasiliensia**, v. 8, p. 137-147, 1996.
- CALLISTO, M.; ESTEVES, F. A. Categorização funcional dos macroinvertebrados bentônicos em quatro ecossistemas lóticos sob influência das atividades de uma mineração de bauxita na Amazônia Centra (Brasil). **Oecologia Australis**, v. 5, p. 223-234, 2010.
- CARVALHO, E. M.; UIEDA, V. S. Colonização por macroinvertebrados bentônicos em substrato artificial e natural em um riacho da serra de Itatinga, São Paulo, Brasil. **Revista Brasileira de Zoologia**, v. 21, p. 287-293, 2004.
- CHELLAPPA, S.; BUENO, R. M. X.; CHELLAPPA, T.; CHELLAPPA, N. T.; VAL, V. M. F. A. Reproductive seasonality of the fish fauna and limnoecology of semiarid Brazilian reservoirs. **Limnologica**, v. 39, p. 325-329, 2009.
- CIRILLO, J. A. Políticas públicas de recursos hídricos para o semiárido. **Estudos avançados**, v. 22, n. 63, p. 61-82, 2008.
- COSTA, F. L. M.; OLIVEIRA, A.; CALLISTO, M. Inventário da diversidade de macroinvertebrados bentônicos no reservatório da estação ambiental de Peti, MG, Brasil. **Neotropical Biology and Conservation**, v. 1, n. 1, p. 17-23, 2006.
- DANGER, M. et al. Effects of food-web structure on periphyton stoichiometry in eutrophic lakes: a mesocosm study. **Freshwater Biology**, v. 53, n. 10, p. 2089-2100, 2008.

DUAN, X.; WANG, Z.; XU, M. Effects of fluvial processes and human activities on stream macroinvertebrates. **International Journal of Sediment Research**, v. 26, n. 4, p. 416-430, 2011.

ESKINAZI-SANT'ANNA, E. M. et al. Composição da comunidade zooplanctônica em reservatórios eutróficos do semiárido do Rio Grande do Norte. **Oecologia Brasiliensis**, v. 11, n. 3, p. 410-421, 2007.

ESTEVEZ, F. A. **Fundamentos de Limnologia**. 2. ed. Rio de Janeiro. Interciência. 1998.

FANNY, C. et al. Benthic indicators of sediment quality associated with run-of-river reservoirs. **Hydrobiologia**, v. 703, p. 149-164, 2013.

FONTANARROSA, M. S.; CHAPARRO, G. N.; O'FARRELL, I. Temporal and spatial patterns of macroinvertebrates associated with small and medium-sized free-floating plants. **Wetlands**, v. 33, n. 1, p. 47-63, 2013.

GARCIA, F. C. et al. Water quality of an urban reservoir subjected to periodic applications of copper sulphate: the case of Ibirité reservoir, southeast Brazil. **Acta Limnologica Brasiliensis**, v. 21, n. 2, p. 235-243, 2009.

GOLDSBOROUGH, L. G.; MCDOUGAL, R. L.; NORTH, A. K. Periphyton in freshwater lakes and wetlands. In: AZIM, M. E.; VERDEGEM, M. C. J.; VAN DAM, A. A.; BEVERIDGE, M. C. M. (eds). **Periphyton: Ecology, Exploitation and Management**. CABI Publ., UK, p. 71-89, 2005.

GOLDSBOROUGH, L. G.; ROBINSON, G. G. C. Pattern in Wetlands. In: Algal Ecology. LOWE, R. L.; STEVENSON, R. J.; BOTHWELL, Max. L. (Ed.). **Algal ecology: freshwater benthic ecosystems**. Academic Press, 1996.

GRUNER, D. S. et al. A cross-system synthesis of consumer and nutrient resource control on producer biomass. **Ecology Letters**, v. 11, n. 7, p. 740-755, 2008.

GULLAN, P. J.; CRANSTON, P. S. **Os Insetos: Um resumo de Entomologia**. 3ª ed. São Paulo: Roca, 456 p. 2008.

HUMPHRIES, A. T et al. Testing the effect of habitat structure and complexity on nekton assemblages using experimental oyster reefs. **Journal of Experimental Marine Biology and Ecology**, v. 409, p. 172-179, 2011.

JONES, J. I.; SAYER, C. D. Does the fish-invertebrate-periphyton cascade precipitate plant loss in shallow lakes? **Ecology**, v. 84, n. 8, p. 2155-2167, 2003.

KFIR, O.; TAL, A.; GROSS, A.; ADAR, E. The effect of reservoir operational features on recycled wastewater quality. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 68, p. 76-87, 2012.

LAMBERTI, G. A. The niche of benthic food webs. In: LOWE, R. L.; STEVENSON, R. J.; BOTHWELL, M. L. (Ed.). **Algal ecology: freshwater benthic ecosystems**. Academic Press, 1996.

LEVINTON, J. S. **Marine Biology: function, biodiversity, ecology**. Oxford: Oxford University Press, 420p. 1955.

LIBORIUSSEN, L.; JEPPESEN, E. Temporal dynamics in epipelagic, pelagic and epiphytic algal production in a clear and a turbid shallow lake. **Freshwater Biology**, v. 48, n. 3, p. 418-431, 2003.

MANAHAM, S. E. **Química Ambiental**. 9ª ed. Bokman, 944 p. 2013.

MOLES, A. T. et al. Assessing the evidence for latitudinal gradients in plant defence and herbivory. **Functional Ecology**, v. 25, n. 2, p. 380-388, 2011.

NASELLI-FLORES, L.; BARONE, R. Water-level fluctuations in Mediterranean reservoirs: setting a dewatering threshold as a management tool to improve water quality. **Hydrobiologia**, v. 548, n. 1, p. 85-99, 2005.

OBOLEWSKI, K.; STRZELCZAK, A.; GLIŃSKA-LEWCZUK, K. Does hydrological connectivity affect the composition of macroinvertebrates on Stratiotes aloides L. in oxbow lakes? **Ecological Engineering**, v. 66, p. 72-81, 2014.

ODUM, O. N.; MULLER, W. J. Diversity and structure of Chironomidae communities in relation to water quality differences in the Swartkops river. **Physics and Chemistry of the Earth**, v. 36, n. 14, p. 929-938, 2011.

PAMPLIN, P. A. Z.; ROCHA, O. Temporal and bathymetric distribution of benthic macroinvertebrates in the Ponte Nova Reservoir, Tietê river (São Paulo, Brazil). **Acta Limnologica Brasiliensia**, v. 19, n. 40, p. 439-452, 2007.

PASCHOAL, L. G.; CONCEIÇÃO, F. T. D.; CUNHA, C. M. L. D. Hydrogeomorphological changes due to dynamics of land use in the Santa Gertrudes Stream Watershed. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 42, p. 70-83, 2012.

- PEREIRA, A. L. Princípios da restauração de ambientes aquáticos continentais. **Boletim da Associação Brasileira de Limnologia**, v. 39, n. 2, p. 1-21, 2011.
- PRADO, R. B.; MORAES NOVO, E. M. L. Avaliação espaço-temporal da relação entre o estado trófico do reservatório de Barra Bonita (SP) e o potencial poluidor de sua bacia hidrográfica. **Revista Sociedade & Natureza**, v. 1982, p. 4513, 2008.
- SIMÕES, A. F. et al. Enhancing adaptive capacity to climate change: The case of smallholder farmers in the Brazilian semi-arid region. **Environmental Science & Policy**, v. 13, n. 8, p. 801-808, 2010.
- SPERLING, E.; SILVA, F. A. C.; GOMES, L. N. L. Comparative eutrophication development in two Brazilian water supply reservoirs with respect to nutrient concentrations and bacteria growth. **Desalination**, v. 226, n. 1, p. 169-174, 2008.
- TOKESHI, M.; ARAKAKI, S. Habitat complexity in aquatic systems: fractals and beyond. **Hydrobiologia**, v. 685, p. 27-47, 2012.
- TUNDISI, J. G.; MATSUMURA-TUNDISI, T. **Limnologia**. São Paulo: Oficina de Textos, 632p. 2008.
- VADEBONCOEUR, Y.; LODGE, D. M.; CARPENTER, S. R. Whole-lake fertilization effects on distribution of primary production between benthic and pelagic habitats. **Ecology**, v. 82, n. 4, p. 1065-1077, 2001.
- VERMAAT, J. E. Periphyton dynamics and influencing factors. In: AZIM, M. E.; VERDEGEM, M. C. J.; VAN DAM, A. A; BEVERIDGE, M. C. M. (eds). **Periphyton: Ecology, Exploitation and Management**, CABI Publ., UK, 2005. p. 35-49.
- WETZEL, R. G. **Limnology**. Academic Press, San Diego, California.2001.

ARTIGO A SER SUBMETIDO À REVISTA AQUATIC SCIENCES

O papel das algas perifíticas e fatores ambientais sobre os macroinvertebrados bentônicos em reservatórios rasos da região semiárida Neotropical

Silvano Lima do Nascimento Filho¹; Elton Jose de França²; Mauro de Melo Júnior¹;

Ariadne do Nascimento Moura^{1*}

¹Programa de Pós-Graduação em Ecologia, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Rua D. Manoel de Medeiros, S/N Dois Irmãos, CEP 52171-030 Recife, PE, Brasil.

² Unidade Acadêmica de Serra Talhada, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Avenida Gregório Ferraz Nogueira, S/N José Tomé de Souza Ramos, CEP 56909-535 Serra Talhada, PE, Brasil.

*Autora para correspondência: ariadne_moura@hotmail.com

Resumo: Os macroinvertebrados bentônicos constituem uma das principais comunidades aquáticas dos ecossistemas límnicos, mantendo uma posição central na cadeia alimentar. Os invertebrados herbívoros utilizam como principal recurso alimentar as algas perifíticas. Neste contexto, foram analisadas as comunidades de macroinvertebrados e algas perifíticas em três reservatórios entre os anos de 2015 e 2016. Foi previsto que a densidade de macroinvertebrados herbívoros aumentaria com o aumento da densidade de diatomáceas. Os raspadores foram dominantes nos reservatórios, representados pelos moluscos *Melanoides tuberculatus*, *Biomphalaria straminea* e larvas da família Chironomidae. As algas foram representadas principalmente por diatomáceas e cianobactérias. As condições de elevadas concentrações de fósforo solúvel reativo no período chuvoso propiciaram a dominância de cianobactérias, principalmente das espécies *Cylindrospermopsis raciborskii*, *Geitlerinema amphibium* e *Chroococcus minutus*. Os herbívoros apresentaram relação positiva com as diatomáceas e negativa com as cianobactérias. Conclui-se que a densidade dos herbívoros foi positivamente maior com a disponibilidade de diatomáceas e a heterogeneidade do habitat e variáveis ambientais não influenciaram diretamente a densidade de macroinvertebrados bentônicos, contudo, foram possíveis fatores para mudança na dinâmica das algas perifíticas.

Palavras-chaves: controle bottom-up, ecossistemas lênticos, invertebrados, raspadores

Abstract: Benthic macroinvertebrates constitute one of the main aquatic communities of the limnic ecosystems, maintaining a central position in the food chain. Herbivorous invertebrates use periphytic algae as their main food resource. In this context, the communities of

macroinvertebrates and periphytic algae were analyzed in three reservoirs between the years of 2015 and 2016. It was predicted that the density of herbivorous macroinvertebrates would increase with increasing diatom density. The scrapers were dominant in the reservoirs, represented by the molluscs *Melanoides tuberculatus*, *Biomphalaria straminea* and larvae of the Chironomidae family. The algae were represented mainly by diatoms and cyanobacteria. The conditions of high concentrations of reactive soluble phosphorus in the rainy season led to the dominance of cyanobacteria, mainly *Cylindrospermopsis raciborskii*, *Geitlerinema amphibium* and *Chroococcus minutus*. The herbivores showed a positive relation with diatoms and negative with cyanobacteria. It was concluded that herbivore density was positively higher with diatom availability and habitat heterogeneity and environmental variables did not directly influence the density of benthic macroinvertebrates, however, it was possible to change the dynamics of the periphytic algae.

Keywords: bottom-up control, lentic ecosystems, invertebrates, scrapers

Introdução

Os ecossistemas aquáticos são sistemas dinâmicos movidos por vários fatores em escala local e global (Vitousek et al. 1997; Tilman e Lehman 2001). A “hipótese da heterogeneidade do habitat” é um tema central para a compreensão da ecologia (Simpson 1949; MacArthur e Wilson 1967), de modo que muitos estudos apontam que a complexidade estrutural impulsiona a diversidade biológica e a estabilidade do ecossistema, fornecendo nichos e diversas oportunidades para utilização de recursos (Bazzaz 1975).

Muitos são os fatores ambientais que modelam a estrutura da comunidade de macroinvertebrados, como heterogeneidade do habitat, predação, recurso alimentar e competição (Pinto-Coelho 2000), além destes, as variáveis físicas e químicas podem influenciar a comunidade macrobentônica (Esteves 1998; Tundisi e Matsumura-Tundisi 2008). Embora essa relação entre macroinvertebrados bentônicos e fatores ambientais seja um tema central nas pesquisas ecológicas (Mittelbach et al. 2001), poucos estudos investigaram, especificamente, a relação das algas perifíticas e dos macroinvertebrados em diferentes complexidades estruturais (Tonkin et al. 2014).

De maneira geral, as algas podem ser encontradas livremente na coluna d’água formando a comunidade planctônica, ou aderidas a diversos substratos submersos, formando a comunidade perifítica (Esteves 2011). De acordo com o substrato, ao qual essas algas perifíticas estão aderidas, a comunidade recebe denominação específica, incluindo indivíduos que se desenvolvem sobre vegetais (epifíticas), superfícies de animais (epizóicas), rochas

(epilíticas), grãos de areia (episêmicas) ou sobre sedimento argiloso (epipélicas) (Round 1964; Round et al. 1990; Burliga e Schwarzbald 2013). Em todos os casos, essas microalgas desempenham um importante papel no metabolismo dos ecossistemas aquáticos, pois contribuem significativamente para a produção primária, ciclagem de nutrientes e transferência de energia para os consumidores herbívoros bentônicos (Vadeboncoeur e Steinman 2002; Guo et al. 2015).

Estes produtores primários podem constituir a principal fonte alimentar para vários invertebrados bentônicos (Cattaneo et al. 1993; Goldsborough et al. 2005) e, em comparação com as fontes alóctones, são geralmente reconhecidos como alimento de elevada qualidade para os herbívoros por causa dos altos níveis de proteínas e ácidos graxos poli-insaturados de alguns grupos algais (Goldsborough et al. 2005; Hill et al. 2011), influenciando diretamente o crescimento e reprodução dos herbívoros (Guo et al. 2015).

Muitos estudos salientam que a variação das interações algas-herbívoros não depende somente da vulnerabilidade das algas em serem consumidas pelos herbívoros, mas também das variações ambientais, incluindo o regime de chuvas, a complexidade do habitat e disponibilidade de nutrientes (Hunter e Price 1992; Rosemond et al. 1993; Persson et al. 1996; Sala e Graham 2002; Hillebrand et al. 2007).

Os macroinvertebrados bentônicos herbívoros podem influenciar diretamente as algas perifíticas por pastagem, e indiretamente por regeneração de nutrientes (Zebek e Szymanska 2014). A pressão de pastejo intensivo, por exemplo, pode produzir significativas mudanças na composição, biomassa e produtividade perifítica (Biggs 1996; Hillebrand e Kahlert 2001; Jones e Sayer 2003; Carlsson e Bronmark 2006; Yang e Dudgeon 2010). Ainda assim, mesmo tendo muitos estudos evidenciando que a pressão de herbivoria pode aumentar a produção primária (Lamberti e Resh 1983; Dangeret et al. 2008), outros tem demonstrado que essa pressão pode não alterar significativamente (Mundy e Hann 1997; Wellnitz e Poff 2006). Por outro lado, a biomassa algal pode aumentar em resposta à pressão de herbivoria, pela remoção de células senescente e de algas aderidas a outras algas maiores, resultando em maior recurso externo para as células viáveis (Lamberti e Resh 1983; Jacoby 1987; Hillebrand 2009).

Para melhor compreender estas complexas interações diretas e indiretas da cadeia trófica aquática é necessário o desenvolvimento de pesquisas que demonstrem a verdadeira força da interação entre algas perifíticas e macroinvertebrados (Rydeleket et al. 1992; Peckarsky et al. 2015), de modo a entender como essas forças direcionam as comunidades de macroinvertebrados bentônicos, no intuito de contribuir na elaboração de estudos ecológicos e suas inter-relações em ecossistemas límnicos.

Nesse sentido, o presente estudo busca analisar a interação microalgas-macroinvertebrados em três reservatórios rasos da região semiárida Neotropical. As seguintes hipóteses foram levantadas: (i) As variáveis ambientais e as algas perifíticas são fatores que direcionam a distribuição e estrutura dos macroinvertebrados bentônicos em três reservatórios rasos do semiárido Neotropical; (ii) a estrutura da comunidade de macroinvertebrados bentônicos é distribuída heterogeneamente entre as diferentes zonas litorâneas dos reservatórios; (iii) a dominância de diatomáceas aumenta a densidade de macroinvertebrados herbívoros e a dominância de algas perifíticas impalatáveis como fonte de alimento provoca uma redução na densidade de herbívoros; (iv) o grupo funcional alimentar dos raspadores tem maior contribuição de indivíduos dentre todos os grupos alimentares, visto a maior disponibilidade de recursos.

Os objetivos desse estudo foram: (i) avaliar a influência de fatores abióticos e do perifíton sobre a comunidade de macroinvertebrados bentônicos em três reservatórios rasos do município de Serra Talhada-PE, localizados no semiárido Neotropical; (ii) avaliar a influência do gradiente longitudinal dos reservatórios sobre a comunidade de macroinvertebrados bentônicos; (iii) classificar a comunidade de macroinvertebrados bentônicos quanto aos grupos funcionais alimentares.

Material e Métodos

Área de estudo

O estudo ocorreu nos meses de setembro de 2015 (seco) e março de 2016 (chuvoso) nos reservatórios Saco I, Cachoeira II e Borborema, localizados no município de Serra Talhada-PE, na região semiárida Neotropical, Brasil (Fig. 1). O clima da região é do tipo BSw^h, com chuvas anuais variando entre 600 e 700 mm e temperatura média de 26°C, caracterizado por sua vegetação de caatinga hiperxerófila (CPRM 2010). A compartimentação longitudinal dos reservatórios possibilitou a divisão dos ecossistemas em três diferentes zonas: (1) zona fluvial, (2) transição e (3) lacustre, segundo Thornton (1990) e Terra e Araújo (2011).

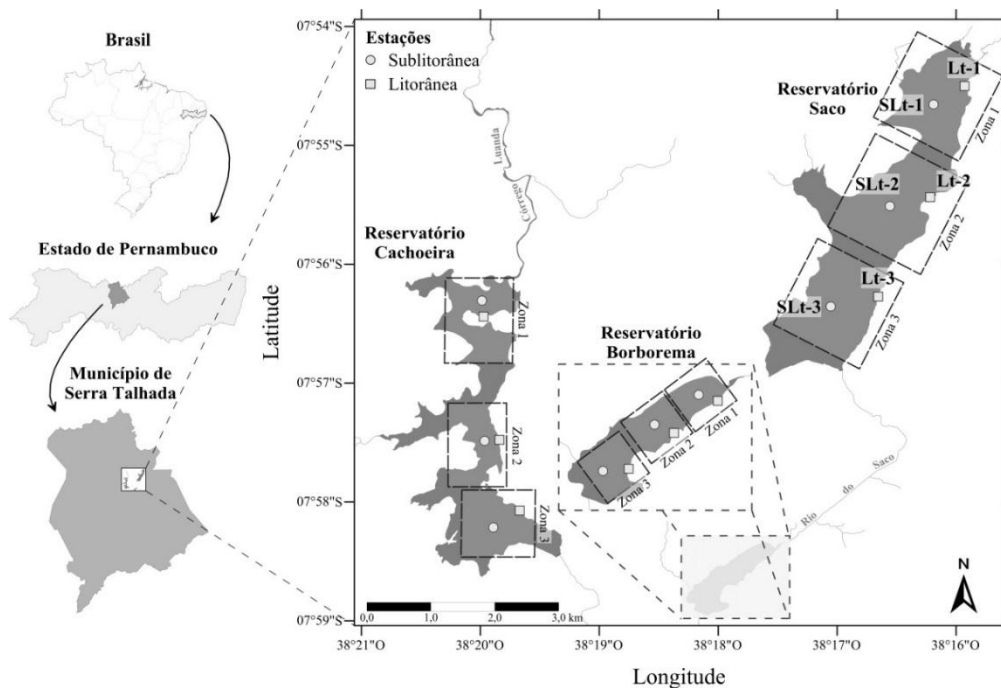


Fig. 1 Localização da Bacia Hidrográfica do rio Pajeú, Município de Serra Talhada, PE, Brasil, com destaque para os reservatórios Borborema, Cachoeira II e Saco I (zona 1 – fluvial, zona 2 – transição, zona 3 – lacustre).

O reservatório Saco I tem capacidade de acumulação de 33.000.000 m³, situado entre as coordenadas 7°56'53''S e 38°17'00''O, destinado ao abastecimento humano, irrigação e piscicultura, apresentando profundidade máxima de 10 metros. (FUNDAJ 2009; Lima et al. 2013). O reservatório Cachoeira II tem capacidade máxima de 21.031.145 m³, situado entre as coordenadas 7°58'10''S e 38°19'09''O, destinado ao abastecimento urbano e irrigação, atingindo profundidade média menor que 15 metros, com a presença de macrófitas aquáticas (FUNDAJ 2009). O reservatório Borborema está situado às margens da BR-232, entre as coordenadas 7°58'39''S e 38°17'54''O, é utilizado para despejos de esgotos sanitários e industriais, pesca e fonte de água para criadouros de animais. Em grande parte é coberto por plantas e macrófitas aquáticas.

Variáveis ambientais

Dados sobre a precipitação pluviométrica foram obtidos pela Agência Pernambucana de Águas e Clima (APAC). As variáveis físicas e químicas foram mensuradas e/ou coletadas concomitantemente com as amostragens de algas perifíticas e macroinvertebrados. As variáveis limnológicas mensuradas *in situ* foram: pH, temperatura da água (°C), oxigênio dissolvido (mg.L⁻¹), condutividade elétrica (µS.cm⁻¹) e turbidez (NTU) (sonda-multiparamétrica Horiba/U-52). Uma amostra de água com volume de 500 mL foi coletada em cada ponto amostral e transportada ao laboratório sob baixa temperatura e luminosidade

para posterior análise de clorofila *a* e nutrientes. A análise de clorofila *a* baseou-se no método descrito por Lawton et al. (1999). As concentrações de nitrito (N-NO₂) e nitrato (N-NO₃) foram obtidas segundo Mackereth et al. (1978) e o nitrogênio amoniacal (N-NH₃ + N-NH₄⁺), segundo Koroleff (1976), o fósforo total (PT), de acordo com Strickland e Parsons (1972) e nitrogênio inorgânico dissolvido (DIN) obtido através da soma das concentrações de nitrato, nitrito e nitrogênio amoniacal.

O estado trófico dos reservatórios foi estimado utilizando o índice de estado trófico (TSI_{tr}) desenvolvido por Cunha et al. (2013). O índice compreende os seguintes limites definidos para as classes do estado trófico: ultraoligotrófico ($\leq 51,1$), oligotrófico ($\geq 51,2 - 53,1$), mesotróficos ($\geq 53,2 - 55,7$), eutrófico ($\geq 55,8 - 58,1$), supereutrófico ($\geq 58,2 - 59,0$) e hipereutrófico ($\geq 59,1$).

Algas perifíticas

A comunidade de algas perifíticas foi coletada a partir da superfície do sedimento da região litorânea em cada zona dos três reservatórios. A coleta das algas foi realizada em réplicas, a partir de uma placa de Petri com 13,5 cm² de área, com auxílio de espátula e água destilada. Cada amostra foi acondicionada em potes de vidro devidamente identificado e fixado em formalina a 4%.

Para o estudo qualitativo, cinco lâminas de cada amostra foram analisadas em microscópio óptico (Zeiss/Axioskop), com sistema de fotodocumentação digital SAMSUNG SHC-730N, e identificadas até o menor nível taxonômico possível, utilizando bibliografia especializada, tais como: Komárek e Fott (1983), para as clorófitas, Komárek e Anagnostidis (1989; 1999; 2005) e Komárek e Cronberg (2001) para cianobactérias, Krammer e Lange-Bertalot (1991a, b), para as diatomáceas. Para identificação das diatomáceas, duas lâminas permanentes de cada ponto de amostragem foram confeccionadas, segundo Carr et al. (1986).

A análise quantitativa (ind.cm⁻²) foi realizada através do método de Utermöhl (1958), seguindo um transecto completo. A contagem dos organismos foi realizada sob microscópio invertido (Zeiss modelo Axiovert 135M). A dominância de espécies foi determinada de acordo com o critério adotado por Lobo e Leighton (1986). Para a frequência de ocorrência foi empregada à classificação estabelecida segundo Mateucci e Colma (1982), de forma que: > 70% - Muito Frequente $\leq 70\%$ a > 40% - Frequente $\leq 40\%$ e > 10% - Pouco frequente e $\leq 10\%$ - Rara.

Macroinvertebrados bentônicos

Os macroinvertebrados bentônicos foram amostrados na região litorânea das zonas fluvial, transição e lacustre nos três reservatórios. As amostras foram obtidas com auxílio de uma draga do tipo Petersen, com área de 0,0345 m². Em cada zona, réplicas foram coletadas para análise do material biológico, armazenadas em sacos plásticos e fixadas em álcool a 70%.

No laboratório, todo o material biológico coletado foi lavado com água, numa série de três peneiras sequenciais, com os seguintes tamanhos de malha: 1 mm, 0,5 mm e 0,25 mm. Os organismos retidos nas duas primeiras peneiras foram removidos e preservados em álcool a 70%, e todo o sedimento retido na peneira de 0,25 mm foi submetido a uma solução saturada de cloreto de sódio (NaCl) para separar o conteúdo orgânico e inorgânico para facilitar o estudo dos macroinvertebrados. A identificação e quantificação foram realizadas sob microscópio e estereomicroscópio óptico até o menor nível taxonômico possível (seguindo McCafferty 1981; Pérez 1988; Mugnai et al. 2010 e Trivinho-Strixino 2011). Todo material se encontra depositado na coleção do Laboratório de Ecologia de Plâncton (UFRPE). A categorização das estratégias morfo-comportamentais de alimentação foi realizada conforme Merrit e Cummins (1996) da seguinte maneira: (i) fragmentadores, (ii) coletores, (iii) raspadores e (iv) predadores.

Análises estatísticas

Todos os dados foram submetidos à análise de normalidade de Shapiro-Wilk (k amostras). O número total de espécies para a comunidade de algas perifíticas e de macroinvertebrados bentônicos foi analisado como indicador de riqueza taxonômica, enquanto que as abundâncias relativas foram obtidas para os cálculos de diversidade de Shannon-Wiener (H') e equitabilidade de Pielou como proposto por Magurran (2011).

A análise univariada descritiva e explanatória foi realizada por meio do programa PAST, versão 2.02 (Hammer et al. 2001). As espécies com ocorrência menor que 5% e abundâncias inferiores a 50% foram excluídas (Legendre e Legendre 1998). Para detectar diferenças significativas da densidade de macroinvertebrados bentônicos entre as zonas dos reservatórios e os períodos seco e chuvoso, aplicou-se a análise de variância (ANOVA-um fator). Assumindo-se a normalidade e homocedasticidade requerida para esta análise previamente testada, a densidade dos macroinvertebrados foi transformada em $\text{Log}(x+1)$, a partir do programa Statistica 7.0.

A influência da sazonalidade, parâmetros ambientais e a comunidade de microalgas perifíticas sobre a densidade dos macroinvertebrados foi testado através da Análise de Correspondência Canônica (ACC). Esta análise multivariada foi realizada a partir da matriz de covariância e dados transformados ($\log x+1$). A similaridade de Bray-Curtis com 4.999 permutações foi desenvolvida a partir da matriz principal. Após o teste, duas matrizes secundárias foram compostas com as densidades dos macroinvertebrados e valores dos fatores limnológicos e bióticos, excluindo possíveis resíduos da matriz principal. O procedimento BIOENV foi testado para verificar a similaridade entre as duas matrizes para identificar as variáveis ambientais e biológicas que fornecem uma melhor explicação para a análise multivariada, a partir do programa CANOCO 4.5.

Resultados

Variáveis ambientais

As precipitações mensais durante os anos de estudo permaneceram abaixo da média dos últimos 30 anos, exceto para os meses junho e julho de 2015 e os meses de janeiro e setembro de 2016 (Fig. 2). Durante o período de estudo, somente o mês de janeiro de 2016 apresentou precipitação superior à média histórica, com acúmulo de 184,6 mm. A sazonalidade foi estatisticamente significativa (ANOVA; $F = 26,06$, $p = 0,001$) com diferenciação do período seco e chuvoso, sendo assim, as variáveis ambientais apresentaram elevado coeficiente de variação ($> 45\%$) nos diferentes períodos sazonais nos reservatórios.

A clorofila *a* apresentou valores médios para todos os reservatórios entre 22,22 e 556,81 $\mu\text{g.L}^{-1}$. Foram registrados valores significativamente ($p < 0,05$) superiores durante o período chuvoso nos reservatórios Saco I e Borborema, enquanto que não foram registradas variações significativas entre os períodos sazonais ($p = 0,68$) no reservatório Cachoeira II. O reservatório Borborema a clorofila *a* variou de $307,30 \pm 80,65$ a $556,81 \pm 513,07 \mu\text{g.L}^{-1}$, o reservatório Cachoeira II variou entre $22,22 \pm 13,65$ a $70,75 \pm 151,38 \mu\text{g.L}^{-1}$, o reservatório Saco I a clorofila *a* entre $265,96 \pm 141,75$ a $533,77 \pm 125,20 \mu\text{g.L}^{-1}$.

O fósforo solúvel reativo foi significativamente superior no período chuvoso ($p < 0,05$) nos reservatórios Borborema e Saco I, com valor médio de $1108,97 \pm 43,11 \mu\text{g.L}^{-1}$ e $654,91 \pm 52,03 \mu\text{g.L}^{-1}$, respectivamente. Enquanto que o reservatório Cachoeira II, o fósforo solúvel reativo variou entre $148,49 \pm 108,16$ e $166,51 \pm 34,29 \mu\text{g.L}^{-1}$, mas não apresentou variação significativa (Anova; $p = 0,07$) entre os períodos sazonais (Tabela 1).

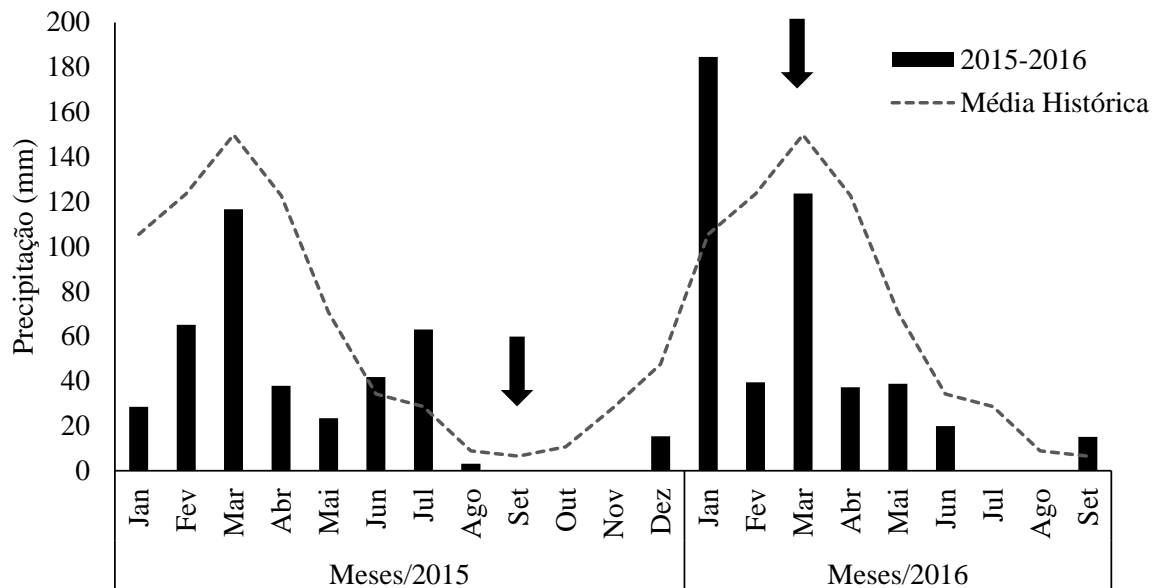


Fig. 2 Histórico da precipitação média dos últimos 30 anos e mensal do período de estudo do município de Serra Talhada – PE, Brasil, com destaque para o período seco e chuvoso.

A temperatura média da água não foi estatisticamente significativa (Anova; $p > 0,05$) durante a sazonalidade, a qual apresentou a maior média (31,08 °C) no período chuvoso e (29,76 °C) no período seco. O reservatório Saco I apresentou a maior média de temperatura no período seco (32,34 °C), enquanto que os demais reservatórios as maiores médias foram registradas no período chuvoso (30,32 e 31,10 °C).

Os reservatórios em geral apresentaram o pH ligeiramente alcalino, com valores que variaram de 7,76 a 8,87, não sendo apresentada diferença sazonal significativa ($p > 0,05$). O reservatório Borborema apresentou as maiores médias variando entre 8,84 e 8,87, enquanto que o reservatório Saco I apresentou pH entre 8,69 e 8,57. O reservatório Cachoeira II apresentou pH ligeiramente neutro a alcalino, com a menor média dentre os reservatórios variando entre 7,76 e 8,21.

Tabela 1 Descrição estatística da clorofila *a* e das variáveis físicas e químicas (n = 18) nos reservatórios Saco I, Borborema e Cachoeira II, Serra Talhada, PE, Brasil. Observação: clorofila *a* fitoplanctônica

Variáveis ($\mu\text{g.L}^{-1}$)	Saco I		Borborema		Cachoeira II	
	Seco	Chuvoso	Seco	Chuvoso	Seco	Chuvoso
Clorofila <i>a</i> *	265,96 (\pm 141,75)	533,77 (\pm 125,20)	307,30 (\pm 80,65)	556,81 (\pm 513,07)	22,22 (\pm 13,65)	70,75 (\pm 151,38)
Nitrato*	7,39 (\pm 1,84)	5,73 (\pm 1,18)	5,74 (\pm 1,08)	14,13 (\pm 6,53)	43,11 (\pm 50,86)	191,34 (\pm 149,01)
Nitrito*	3,10 (\pm 2,13)	3,20 (\pm 0,45)	2,30 (\pm 0,17)	17,82 (\pm 14,24)	9,60 (\pm 13,79)	13,51 (\pm 2,75)
Amônia*	649,14 (\pm 394,91)	97,23 (\pm 114,35)	34,31 (\pm 9,89)	161,57 (\pm 161,55)	72,34 (\pm 98,40)	39,17 (\pm 18,91)
Fósforo reativo*	301,27 (\pm 20,43)	654,91 (\pm 52,03)	341,62 (\pm 13,21)	1108,97 (\pm 43,11)	148,49 (\pm 108,16)	166,51 (\pm 34,29)
Temperatura ($^{\circ}\text{C}$)	32,34 (\pm 1,30)	31,83 (\pm 0,39)	27,50 (\pm 0,97)	30,32 (\pm 1,24)	29,45 (\pm 2,0)	31,10 (\pm 0,80)
pH	8,69 (\pm 0,17)	8,57 (\pm 0,37)	8,87 (\pm 0,12)	8,84 (\pm 0,32)	8,21 (\pm 0,47)	7,76 (\pm 0,05)
Condutividade ($\mu\text{S.cm}^{-1}$)	443 (\pm 42,50)	656,66 (\pm 3,51)	273,66 (\pm 1,52)	397 (\pm 33,40)	50,53 (\pm 2,55)	49,3 (\pm 0,8)
Turbidez	179,66 (\pm 8,14)	231,66 (\pm 15,63)	184 (\pm 56,70)	308,33 (\pm 96,12)	156,6 (\pm 175,79)	198,07 (\pm 270,2)
Oxigênio dissolvido	10,62 (\pm 1,74)	9,09 (\pm 7,71)	13,64 (\pm 4,89)	13,84 (\pm 6,08)	8,48 (\pm 2,08)	7,02 (\pm 0,65)
Sólidos dissolvidos	2,83 (\pm 0,27)	4,13 (\pm 0,02)	1,75 (\pm 0,01)	2,56 (\pm 0,17)	0,32 (\pm 0,01)	0,22 (\pm 0,17)
Salinidade (ppt)	0,23 (\pm 0,02)	0,36 (\pm 0)	0,14 (\pm 0)	0,21 (\pm 0,02)	0,02 (\pm 0)	0,02 (\pm 0)

*valores significativos ($p < 0,05$)

Os reservatórios foram classificados como hipereutróficos durante todo o estudo onde a concentração de nitrogênio e fósforo solúvel reativo foi maior no período chuvoso quando comparados com o seco para todos os reservatórios. O reservatório Cachoeira II apresentou o menor índice trófico (TSI = 61,50), seguido por Saco I (TSI = 67,60) e por último, o reservatório Borborema (TSI= 68,70). Os índices tróficos não foram diferentes significativamente ($p > 0,05$) durante a sazonalidade e entre as zonas dos reservatórios, portanto a eutrofização nos reservatórios esteve amplamente distribuída entre as zonas independentemente do período sazonal.

Algas perifíticas

A comunidade de algas perifíticas foi representada pelas classes Cyanophyceae (19), Zygnematophyceae (1), Chlorophyceae (5) e Bacillariophyceae (21) (Tabela S1). As algas perifíticas foram compostas principalmente por diatomáceas (53,41%) e cianobactérias (43,38%). Esses dois grupos alternaram-se quanto à dominância nos reservatórios Saco I e Borborema, no período seco e chuvoso, enquanto que o reservatório Cachoeira II foi dominado pelas diatomáceas ao longo de todo o período. Os reservatórios Saco I e Borborema apresentaram a maior riqueza de espécies ($S = 33$; 30, respectivamente), respectivamente, enquanto o reservatório Cachoeira II apresentou 18 espécies (Tabela 2).

Tabela 2 Riqueza taxonômica das algas perifíticas dos reservatórios Saco I, Cachoeira II e Borborema, Serra Talhada-PE, Brasil.

Classes	Reservatórios			Total
	Saco I	Cachoeira II	Borborema	
Cyanophyceae	17	4	12	19
Bacillariophyceae	11	13	14	21
Chlorophyceae	4	1	4	5
Zygnematophyceae	1	0	0	1
Riqueza (S)	33	18	30	46

Dos 46 táxons identificados, sete espécies foram classificadas como muito frequentes ($> 70\%$), representada principalmente pelas espécies *Cylindrospermopsis raciborskii* (Woloszynska) Seenayya e Subba Raju (100%), *Chroococcus minutus* (Kützing) Nägeli (83,33%) e *Geitlerinema amphibium* C. Agardh Gomont Anagnostidis (94,44%), no reservatório Saco I. As espécies *Cyclotella meneghiniana* Kützing (100%), *Aulacoseira granulata* (Ehrenberg) Simonsen (72,22%) e *Pinnularia major* (Kützing) Rabenhorst (77,77%) as mais frequentes no reservatório Cachoeira II, enquanto que no reservatório Borborema as

espécies mais frequentes foram *Geitlerinema amphibium* (100%) e *Oscillatoria terebriformes* C. Agardh Gomont (72,22%).

As espécies de cianobactérias *Cylindrospermopsis raciborskii* ($1,17 \times 10^6$ ind.cm⁻²) e *Chroococcus minutus* ($5,6 \times 10^5$ ind.cm⁻²) apresentaram as maiores densidades no reservatório Saco I no período chuvoso (Fig. 3). No reservatório Cachoeira II, as espécies de diatomáceas *Gomphonema* sp. ($7,6 \times 10^3$ ind.cm⁻²) e *Pinnularia major* ($1,0 \times 10^4$ ind.cm⁻²) foram às espécies de maior densidade no período chuvoso, contudo, no período seco, as espécies *C. meneghiniana* ($8,5 \times 10^3$ ind.cm⁻²) e *A. granulata* ($7,5 \times 10^3$ ind.cm⁻²) apresentaram as maiores densidades. Enquanto que no reservatório Borborema, as espécies com maiores densidade foram *Geitlerinema amphibium* ($5,6 \times 10^4$ ind.cm⁻²) no período chuvoso e *Scenedesmus* sp. ($2,9 \times 10^4$ ind.cm⁻²) no período seco.

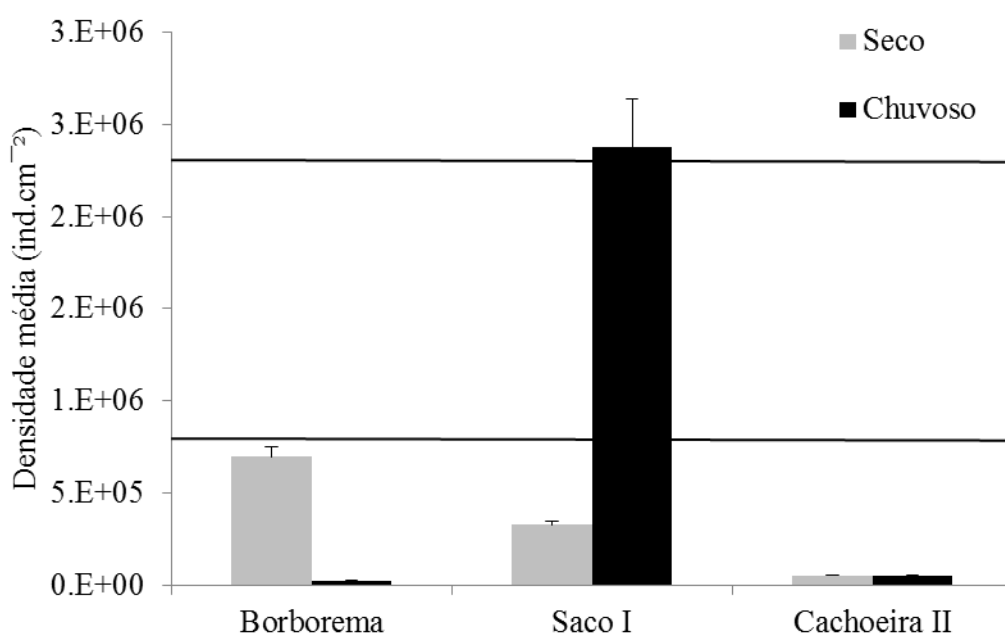


Fig. 3 Densidade média (ind.cm⁻²) de algas perifíticas nos reservatórios Borborema, Saco I e Cachoeira II, Serra Talhada-PE, Brasil.

Macroinvertebrados bentônicos

A comunidade de macroinvertebrados bentônicos foi representada por 32 táxons pertencentes a 17 grupos: Diptera (2), Gastropoda (8), Coleoptera (4), Hemiptera (3), Odonata (2) e os demais táxons, Bivalvia, Ephemeroptera, Trichoptera, Decapoda, Ostracoda, Collembola, Cladocera, Turbellaria, Oligochaeta, Arachnida, Conchostraca, Orthoptera (todos com 1) (Tabela S2). O reservatório Cachoeira II apresentou a maior riqueza taxonômica, com 26 táxons, seguido por Borborema com 15 e Saco I com 12. No total foram quantificados 8.247 espécimes, sendo as ordens Gastropoda (41,05%; 59,51%) e Diptera (51,21%; 32,34%)

mais abundante nos reservatórios Borborema e Saco I, respectivamente, e, Hemiptera (43,07%), Gastropoda (22,45%) e Diptera (19,38%) no Cachoeira II.

O grupo funcional alimentar raspador foi dominante (68,60%) e em menor contribuição os coletores (6,13%). Os raspadores foram representados, principalmente, pelos táxons Chironomidae, *Melanoides tuberculatus* (Muller, 1774) e *Biomphalaria straminea* (Dunker, 1848). Este grupo funcional alimentar apresentou abundância relativa reduzida no período chuvoso nos três reservatórios (Fig. 4). Os coletores apresentaram as menores contribuições, dentre os demais grupos alimentares, com valor mínimo de 2,95%, no período seco, no reservatório Cachoeira II e máximo de 11,52%, no período seco, no reservatório Saco I.

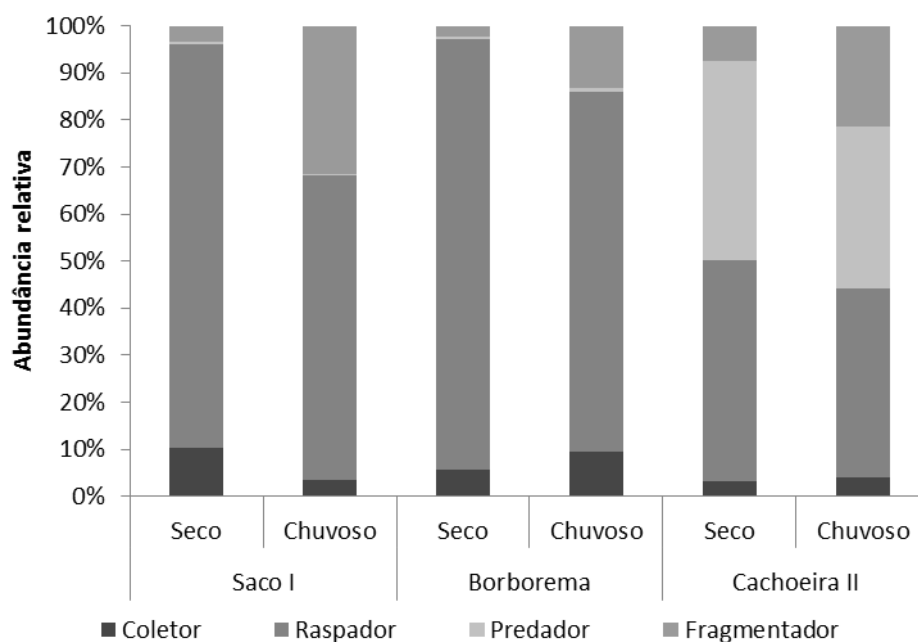


Fig. 4 Abundancia relativa dos grupos funcionais alimentares dos macroinvertebrados bentônicos dos reservatórios no município de Serra Talhada-PE, Brasil.

O reservatório Borborema apresentou maior contribuição dos raspadores, seguido pelos fragmentadores e coletores. Os raspadores foram representados pelos moluscos *Melanoides tuberculatus*, *Heleobia* sp., *Drepanotrema drepressissimum*, *Physa marmorata*, *Pomacea lineata* e *Biomphalaria straminea*, enquanto que o grupo fragmentador pela família Ceratopogonidae e coletor a família Chironomidae. A densidade de macroinvertebrados bentônicos não diferiu entre o período sazonal e as diferentes zonas ($p > 0,05$) nos reservatórios (Tabela 3).

Tabela 3 Anova-um fator da densidade de macroinvertebrados nas diferentes zonas e período sazonais dos reservatórios no município de Serra Talhada-PE, Brasil.

Reservatórios	Borborema		Saco I		Cachoeira II	
	Seco	Chuvoso	Seco	Chuvoso	Seco	Chuvoso
F	0,74	1,38	0,36	0,11	0,36	1,46
p-valor	0,51	0,25	0,70	0,89	0,70	0,23

A densidade média de macroinvertebrados bentônicos foi maior no reservatório Cachoeira II com $39.864,8 \pm 1476,4$ ind.m⁻², seguido pelo reservatório Saco I com $29.794,4 \pm 2482,8$ ind.m⁻² e Borborema com $24.209,3 \pm 1613,9$ ind.m⁻² (Fig. 5). As espécies de moluscos *Melanooides tuberculatus* e *Biomphalaria straminea*, juntamente com as famílias de dípteros Chironomidae e Ceratopogonidae apresentaram as maiores densidades entre os reservatórios. O reservatório Borborema a espécie de molusco mais representativa foi *M. tuberculatus* e as famílias Chironomidae e Ceratopogonidae. Contudo, o molusco exótico invasor *M. tuberculatus* apresentou densidade média de $11.522 \pm 9809,81$ ind.m⁻² e $3.048 \pm 3005,50$ ind.m⁻², no período seco e chuvoso, respectivamente. Assim como, os reservatórios Saco I e Cachoeira II, *M. tuberculatus* apresentou $9.466 \pm 2942,92$ ind.m⁻² e $11.007 \pm 6439,29$ ind.m⁻² para o período seco, respectivamente.

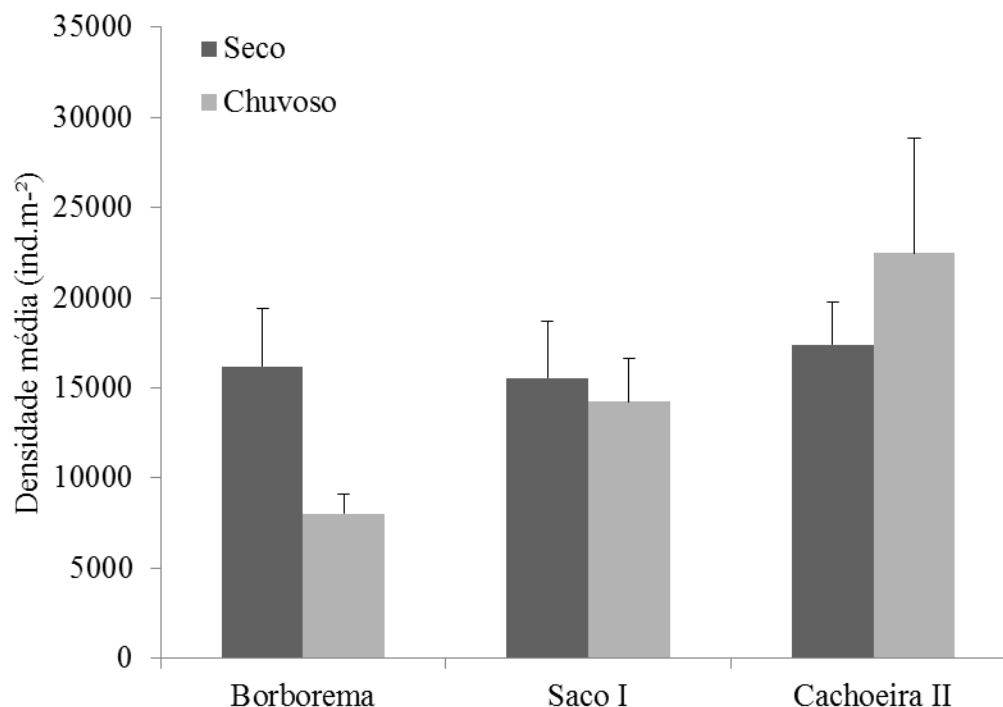


Fig. 5 Densidade média (ind.m⁻²) dos macroinvertebrados bentônicos nos reservatórios Borborema, Saco I e Cachoeira II, Serra Talhada-PE, Brasil.

As diferentes zonas não apresentaram diferenças significativas quanto à riqueza de espécies de macroinvertebrados bentônicos ($F = 0,67$; $p = 0,09$). Os maiores valores de riqueza taxonômica e diversidade de Shannon-Wiener foram observados na zona lacustre nos reservatórios Borborema e Cachoeira II ($S = 10$; $H' = 2,07$ e $S = 16$; $H' = 1,71$ bits. ind⁻¹), respectivamente, exceto no reservatório Saco I, onde a zona de transição apresentou a maior riqueza e diversidade ($S = 8$; $H' = 1,75$ bits. ind⁻¹) (Tabela 4). A diversidade de espécies não apresentou diferença significativa entre as zonas dos reservatórios ($F = 1,73$; $p = 0,25$). Da mesma maneira, a equitabilidade apresentou maior na zona lacustre (0,74 e 0,50), nos reservatórios Borborema e Cachoeira II, respectivamente, enquanto o reservatório Saco I a zona de transição apresentou a maior equitabilidade (0,64).

Tabela 4 Diversidade de espécies ($H' = \text{bits.ind}^{-1}$) e riqueza (S) dos macroinvertebrados bentônicos nas três diferentes zonas dos reservatórios Borborema, Saco I e Cachoeira II, Serra Talhada-PE, Brasil.

Zonas	Borborema	Saco I	Cachoeira II
Fluvial	1,46 (8)	1,47 (7)	0,78 (12)
Transição	1,69 (9)	1,75 (8)	1,28 (12)
Lacustre	2,07 (10)	1,65 (6)	1,71 (16)

Interação algas perifíticas e macroinvertebrados bentônicos

Após a eliminação sistemática das variáveis ambientais pelo modelo, apenas as algas perifíticas entraram na ACC. Os resultados mostraram que as espécies de invertebrados herbívoros foram influenciadas significativamente ($p < 0,05$) nos três reservatórios pelas algas perifíticas, explicando mais de 89,9% da variância total (Fig. 6). Os dois primeiros eixos explicaram todas as relações entre as espécies de invertebrados e algas. No reservatório Borborema, as espécies de herbívoros apresentaram relação positiva com as diatomáceas e negativa com as cianobactérias. A espécie *Melanoides tuberculatus* apresentou relação positiva com a espécie *Cymbella sp.*, e negativa com a cianobactéria *Oscillatoria terebriformes*. Os moluscos *Biomphalaria straminea* e *Physa marmorata* apresentaram relação positiva com as espécies *Cymbella sp.*, *Gomphonema sp.* e *Navicula sp.*

No reservatório Saco I, a ACC explicou 89,9% à relação alga/herbívoro, onde o eixo 1 explicou (61,6%) e eixo 2 (28,3%) da variação total. Nesse sentido, o molusco *M. tuberculatus* apresentou-se como a única interação com as algas perifíticas, obtendo relação positiva com as espécies de diatomáceas *Cyclotella meneghiniana* e *Gomphonema sp.* e relação negativa com as cianobactérias *Oscillatoria terebriformes* e *Cylindrospermopsis raciborskii*.

No reservatório Cachoeira II, o modelo explicou mais de 90% da variação total entre os macroinvertebrados bentônicos e algas perifíticas. O invertebrado herbívoro *M. tuberculatus* apresentou relação positiva com as espécies de diatomáceas *Pinnularia major* e *Surirella robusta*, contrariamente, respondeu negativamente com as espécies de cianobactérias *Oscillatoria terebriformes* e *Cylindrospermopsis raciborskii*. As espécies de moluscos *Biomphalaria straminea*, *Heleobia* sp. e *Gundlachia radiata* apresentaram relação positiva com a espécie *Aulacoseira granulata*.

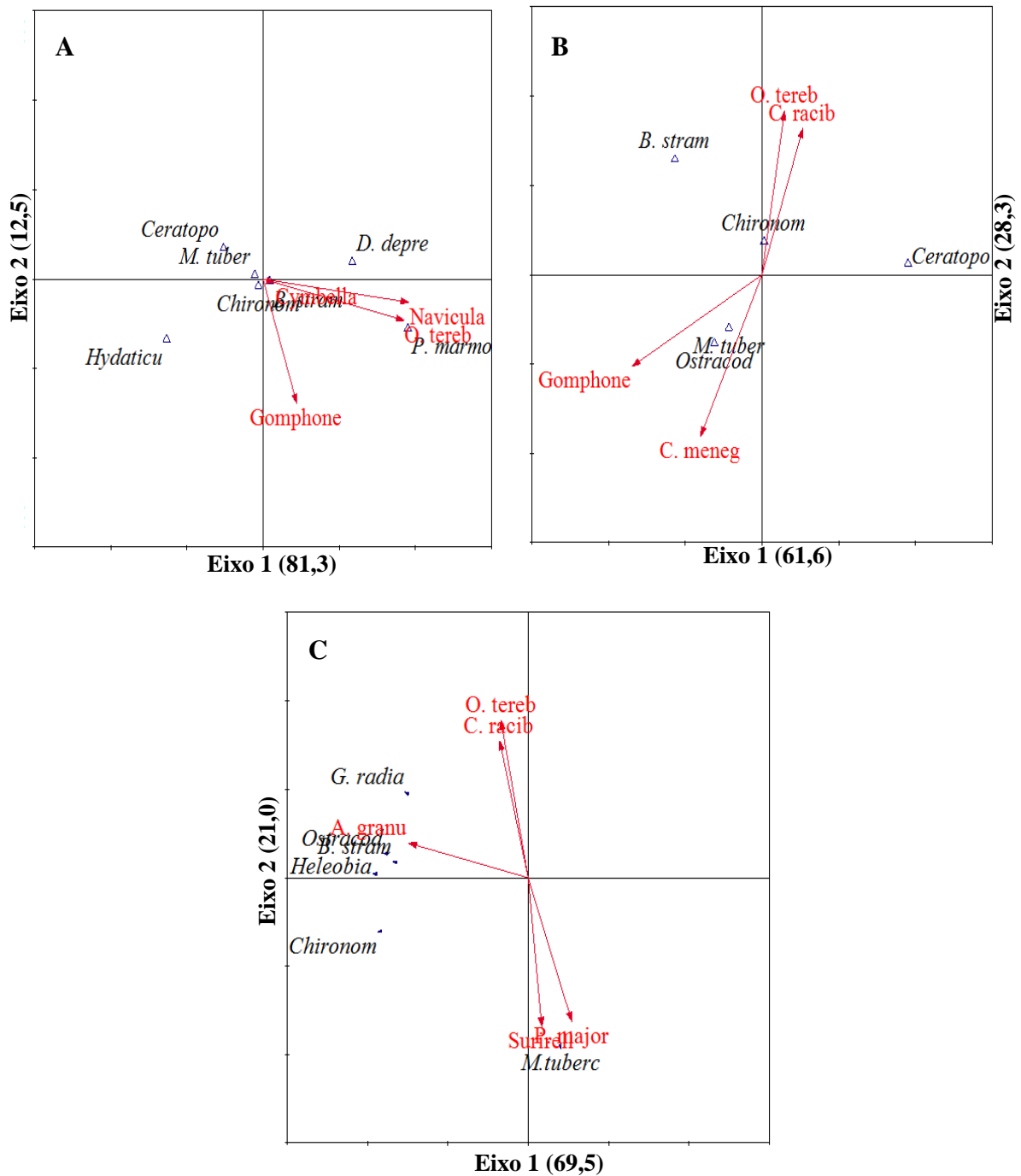


Fig. 6 Relação entre macroinvertebrados bentônicos, variáveis ambientais e algas perifíticas nos reservatórios (A – Borborema, B – Saco I e C – Cachoeira II).

Discussão

Variáveis ambientais

As variáveis ambientais apresentaram variação ao longo do estudo, sobretudo devido à alta precipitação nos meses pontuais de coleta, que possibilitaram a distinção entre período seco e chuvoso. Durante o estudo foram registradas as menores médias de precipitação dos últimos 30 anos para a região do município de Serra Talhada. A dinâmica sazonal nos ecossistemas aquáticos tropicais pode ser controlada pela precipitação segundo Felisberto e Rodrigues (2005). Este fator atua bruscamente no nível de água, na concentração de nutrientes e, conseqüentemente, no estado hidroquímico dos ecossistemas (Miretzky et al. 2002).

A diminuição do volume de água dos reservatórios e a conseqüente falta de renovação da água por chuvas, forte evaporação e a influencia permanente das emissões de atividades antropogênicas, principalmente da piscicultura, da agricultura irrigada e dos resíduos urbanos, favorecem a concentração de sais, a acumulação de nutrientes e o aumento do pH. Estudos prévios em lagos e reservatórios, em regiões semiáridas, mostraram haver alta condutividade elétrica, que tipicamente excedem $300 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$, e apresentaram correlação negativa com o nível de água (Eskinazi-Sant'Anna et al. 2007; Barbosa et al. 2012). Com isso, os altos valores de condutividade elétrica encontrados indicam uma grande quantidade de matéria orgânica ionizável decorrente de aportes alóctones. Espíndola e Brigante (2003) destacam que em águas oligotróficas a condutividade elétrica está entre 10 e $100 \mu\text{S}/\text{cm}^{-1}$ e Rossaro et al. (2007) destacam que altos valores de condutividade possuem efeitos negativos sobre a comunidade de macroinvertebrados reduzindo o crescimento das espécies.

Neste estudo, no período chuvoso foram registradas altas concentrações de fósforo reativo solúvel, nitrito e nitrato que podem favorecer a coexistência de espécies e conseqüentemente aumentam a densidade de algas perifíticas, devido à maior diversidade de recursos disponíveis nesse período. Resultados semelhantes foram encontrados por Brasil et al. (2015), analisando as variáveis físicas e químicas de 40 lagos artificiais no semiárido nordestino no final dos períodos chuvosos e secos.

O índice de estado trófico classificou os ambientes em hipereutróficos, devido às elevadas concentrações de nutrientes. Assim, o grau de limitação é considerado baixo, indicando possíveis condições favoráveis para a produtividade primária de acordo com os nutrientes (Liu et al. 2010). A concentração de fósforo solúvel reativo foi maior no período chuvoso devido aos processos de lixiviação de nutrientes que ocorrem na bacia de drenagem da área dos reservatórios. Isto provavelmente aconteceu porque no entorno dos reservatórios predominam monoculturas, criadouros de animais e despejos de esgotos. Em geral, os

ecossistemas apresentaram águas quentes, alcalinas, bem oxigenadas e hipereutróficas. Estas características agem sinergicamente e juntamente com altas concentrações de fósforo solúvel reativo provavelmente favoreceram a riqueza de espécies de algas perifíticas.

Algas perifíticas

A condição hipereutrófica e os altos valores de condutividade nos ecossistemas estudados favoreceram o desenvolvimento de algumas espécies de diatomáceas tolerantes à carga orgânica que são típicas da comunidade de algas perifíticas. Os indivíduos deste grupo são geralmente encontrados bem representados em uma ampla gama de ecossistemas e diferentes períodos (Cavati e Fernandes 2008; Taniwaki et al. 2013). De acordo com Murakami et al. (2009), a predominância de diatomáceas está associada à sua característica morfológica e fisiológica da mucílca secretada que permite a adesão aos substratos. Além disso, Dunck et al. (2013) relataram que esta característica proporciona uma vantagem competitiva em condições ambientais menos favoráveis impostas pela redução de volume e corrente da água. Da mesma forma, neste estudo, observou-se um aumento na densidade de diatomáceas nos reservatórios durante o período seco, provavelmente devido à diminuição da entrada de aportes alóctones, carregados pela água da chuva, proporcionando a estabilidade do corpo hídrico.

As diatomáceas e cianobactérias foram os grupos de algas perifíticas mais abundantes e frequentes nos reservatórios estudados. As espécies de diatomáceas mais frequentes foram *A. granulata* e *C. meneghiniana*, essas espécies são associadas a ambientes aquáticos com altas concentrações de nutrientes (Donget al. 2008; Zalat 2000). Em particular, *C. meneghiniana* está associada a uma mudança marcante para condições hipereutróficas em reservatórios no sudeste do Brasil (Costa-Boddeker et al. 2012). Além disso, *A. granulata* também foi relatada em diferentes corpos aquáticos associados ao desmatamento e erosão (Fontana et al. 2014).

No estudo, houve uma maior representatividade das cianobactérias no período chuvoso, favorecida pela condição limnológica, como altas concentrações de nutrientes. Segundo Fonseca e Rodrigues (2005), a maior presença de cianobactérias na estação chuvosa está relacionada a diferentes níveis de características presentes nesse período, como concentrações mais altas de fósforo solúvel reativo, nitrato e nitrito. Além disso, Fernandes et al. (2009) relataram que a tolerância de cianobactérias a altas temperaturas associadas a sua capacidade de utilizar formas nitrogenadas tornam-nas extremamente competitivas em comparação com outros grupos de algas que favorecem sua prevalência.

As condições de elevadas concentrações de fósforo solúvel reativo no período chuvoso propiciaram à dominância e florações de cianobactérias, principalmente, as espécies *C. raciborskii* (espécie tipicamente planctônica), *Geitlerinema amphibium* e *Chroococcus minutus*. Essa dominância de cianobactérias corrobora com estudos anteriores em reservatórios do estado de Pernambuco (Bouvy et al. 2003; Dantas et al. 2011). Bittencourt-Oliveira et al. (2011) e Borges et al. (2015) observaram que o período chuvoso favoreceu o aumento de populações de *C. raciborskii*, proporcionando condições mais adequadas ao seu crescimento, a formação de *blooms* da espécie e a ocorrência da mesma no sedimento. Contudo, a estrutura perifítica foi predominantemente composta por diatomáceas nos três reservatórios durante o período seco. Mesmo com a dominância de cianobactérias no período chuvoso, a participação das diatomáceas na estrutura das algas perifíticas foi evidenciada pelas espécies *Gomphonema* sp. e *P. major*. A espécie *Gomphonema* sp. é altamente competitiva e está associada a ambientes eutrofizado (Biggs et al. 1998; Passy 2007).

Em relação aos períodos hidrológicos, as diatomáceas e cianobactérias dominaram a comunidade perifítica. Observou-se maior densidade de diatomáceas no período seco, enquanto no período chuvoso as cianobactérias e clorófitas aumentaram. Resultado semelhante ao encontrado por Borduqui e Ferragut (2012), avaliando a sucessão de algas perifíticas em um reservatório tropical hipereutrífico. Os autores registraram maior dominância de diatomáceas no período seco, enquanto no período chuvoso as cianobactérias foram mais representativas. De acordo com Fernandes et al. (2009), quase todas as cianobactérias dominantes pode formar filamentos e serem encontradas tipicamente associadas com perifíton.

Diante disto, a composição de espécies de algas perifíticas não respondeu a mudanças nos períodos hidrológicos (período seco e chuvoso). No entanto, os períodos hidrológicos alteraram a dinâmica da comunidade de algas perifíticas, dominada por diatomáceas e cianobactérias no período seco. No período chuvoso, este padrão permaneceu, no entanto, houve redução da densidade de diatomáceas, enquanto que houve um aumento da densidade de cianobactérias e clorófitas.

Macroinvertebrados bentônicos

A riqueza de táxons dos macroinvertebrados variou sazonalmente, sendo observada menor riqueza de espécies no período seco e maior no chuvoso. A riqueza de espécies observada nos reservatórios Cachoeira II, Borborema e Saco I podem ser considerados moderados como descrito para outros ambientes lênticos em regiões neotropicais. Lucca et al. (2010) analisaram a comunidade de macroinvertebrados no lago oligotrófico de Caçó – MA,

com riqueza de 23 táxons. Santos et al. (2015) relataram 19 e 38 táxons nos reservatórios de Paulo Afonso e Xingó, respectivamente, na bacia hidrográfica do rio São Francisco. Azevedo et al. (2015) observaram uma riqueza taxonômica de 7 e 11 táxons nos reservatórios de Poções e Camalaú.

Os reservatórios foram dominados por herbívoros raspadores. Estes invertebrados possuem um aparelho bucal modificado para raspar e mastigar perífiton aderido às rochas, macrófitas, troncos e sedimento, alimentando-se, principalmente, de algas (Cummins et al. 2005). No presente estudo a presença da guilda raspador e coletor está associado quase que exclusivamente às grandes abundâncias dos moluscos *Melanoides tuberculatus* e *Biomphalaria straminea* e da larva Chironomidae. Estes resultados são semelhantes aos encontrados nos trabalhos de Callisto et al. (2001), Piedras et al. (2006), Henriques-Oliveira e Nessimian (2010) e Barbola et al. (2011).

As larvas de Chironomidae em muitos estudos desenvolvidos em reservatórios apresentam-se em altas densidades devido principalmente a suas tolerâncias a diversificadas condições ambientais (Marques et al. 1999; Costa et al. 2006). De acordo com Trivinho-Strixino (2011), a principal causa do sucesso de colonização dos substratos por quironomídeos é devido à quantidade de matéria orgânica, sobretudo de algas perifíticas, este recurso alimentar amplamente explorado por larvas com estratégia alimentar coletor e/ou raspador.

Quanto à diversidade de espécies e equitabilidade dos macroinvertebrados bentônicos foi considerada moderada para os reservatórios em estudo. Quando comparadas com os estudos desenvolvidos por Barbola et al. (2011) para o reservatório de Alagados-PR, onde a diversidade variou entre 0,33 a 1,03 e os descritos por Piedras et al. (2006) para o reservatório de Santa Bárbara – RS, onde a diversidade variou entre 1,44 e 1,75 bits.ind⁻¹. Os autores inferem que os baixos valores de diversidade com a deterioração da água, impede a colonização de diversos organismos. Assim como, os reservatórios de regiões tropicais o resultados foram maiores que os descritos por Azevedo et al. (2015) nos reservatórios de Camalaú 0,91 bits.ind⁻¹ e 0,29 bits.ind⁻¹ no estado da Paraíba.

A diminuição da riqueza, equitabilidade e diversidade de espécies dos macroinvertebrados em função de uma maior eutrofização nos reservatórios estudados, confirmaram a predominância de táxons tolerantes e invasores, como o molusco invasor *M. tuberculatus* e a família Chironomidae. O domínio deste molusco tem sido relatado como efeito negativo para as espécies nativas, sobre a biodiversidade local (Karatayev et al. 2009; Santos e Eskinazi-Sant'Anna 2010). Está espécie foi introduzida no Brasil no final da década de 1960 e está agora em quase todas as regiões (Fernandez et al. 2003). O primeiro registro

foi em Santos – SP, provavelmente introduzida junto com peixes e plantas ornamentais da África (Santos e Eskinazi-Sant’Anna 2010). Este caracol tem uma alta capacidade de colonização e adaptação aos habitats e pode limitar ou excluir espécies nativas (Giovanelli et al. 2003). A espécie *M. tuberculatus* é frequentemente encontrado associado ao biofilme devido à sua preferência alimentar por algas e matéria orgânica.

Interação algas perifíticas e macroinvertebrados bentônicos

Nos reservatórios rasos estudados, a estrutura da comunidade de macroinvertebrados bentônicos esteve diretamente relacionada à composição e densidade de algas perifíticas. Embora não tenha sido verificada relação da comunidade de macroinvertebrados com as mudanças ambientais relacionadas à sazonalidade, houve relação direta com as algas perifíticas, como ficou evidente na ACP.

A densidade de macroinvertebrados herbívoros aumentou proporcionalmente com o aumento das densidades de diatomáceas. A relação dos herbívoros com as espécies de diatomáceas *C. meneghiniana* e *P. major* foi evidente durante o estudo. Outros estudos também registraram a preferência dos organismos herbívoros pelas diatomáceas como fonte de alimento em relação a outros grupos algais (Pérez-Martínez e Cruz-Pizarro 1995; Karjalainen et al. 1998; González 2000).

As diatomáceas cêntricas, como *C. meneghiniana*, são consideradas vulneráveis à herbivoria, uma vez que são mais fáceis de serem ingeridas e digeridas quando comparado com algumas clorofíceas que apresentam longos processos celulares, espinhos e mucilagem (Delazari-Barroso et al. 2011). Estas algas constituem uma importante fonte de alimento para larvas de Chironomidae e gastrópodes. O papel das diatomáceas como fonte de alimento para larvas de quironomídeos foi relatado em estudos anteriores (Cattaneo 1983; Tokeshi 1985; Tall et al. 2006). De acordo com Olafsson (1992), as diatomáceas e algas verdes são alimentos ricos em proteínas e ácidos graxos. Portanto, são alimentos essenciais e de alta qualidade para o crescimento dos invertebrados herbívoros (Ingvason et al. 2004).

Os invertebrados herbívoros apresentaram densidade reduzida com o aumento das espécies de cianobactérias, principalmente, no período chuvoso. É provável que o aumento das concentrações de nutrientes possa explicar a tendência do aumento das cianobactérias *C. raciborskii* e *C. minutus* no período chuvoso. Nos últimos anos, a espécie *C. raciborskii* tem sido frequentemente registrada nos reservatórios eutróficos do Nordeste (Bouvy et al. 2000, 2001; Molica et al. 2005; Moura et al. 2007).

Estudos mostram que muitas espécies de cianobactérias não são eficientemente consumidas por invertebrados herbívoros, pois apresentam estratégias de defesa contra

predação, como a morfologia filamentosa ou colonial, bainha mucilaginosa e produção de toxinas, o que dificulta a ingestão e/ou digestão pelos macroinvertebrados herbívoros (Jones et al. 1998; Reynolds 2007; Tillmanns et al. 2008), ainda assim, muitas cianobactérias são consideradas de baixo valor nutricional, sendo pouco atraentes como fonte de alimento (Yang e Kong 2012; Davis et al. 2012).

As cianobactérias podem produzir toxinas e, portanto, ter um efeito negativo sobre o crescimento de herbívoros (Jones et al. 1998). Estudos de Vaughn (1986) mostraram a diminuição da população de tricópteros ao alimentar-se de cianobactérias. Lambertí et al. (1989) observaram um declínio na densidade de gastrópodes quando a estrutura da comunidade de algas perifíticas foi dominada por cianobactérias.

Uma das possíveis explicações para a redução de diatomáceas no período chuvoso durante o nosso estudo, pode ser explicado pelo aumento das concentrações do fósforo solúvel reativo e o nitrogênio inorgânico dissolvido, provocando a redução de invertebrados raspadores. Portanto, a adição de nutrientes enfraquece a interação alga-herbívoros como relatado por Taylor et al. (2002) e Peckarsky et al. (2013). Consequentemente, o aumento dos nutrientes alteram a palatabilidade das algas, favorecendo as formas filamentosas, principalmente, *C. raciborskii*, e *O. terebriformes*, promovendo assim, a diminuição da densidade de algas perifíticas palatáveis e influenciando indiretamente os invertebrados herbívoros (Rosemond et al. 1993; Persson et al. 1996; Roll et al. 2005).

Os macroinvertebrados herbívoros foram fortemente relacionados à maior densidade de diatomáceas, ao passo que a heterogeneidade do habitat e variáveis limnológicas não influenciaram diretamente a comunidade de macroinvertebrados bentônicos, entretanto, possivelmente influenciou a dinâmica da comunidade de algas perifíticas, influenciando assim, indiretamente os macroinvertebrados herbívoros.

Agradecimentos

Os autores agradecem a Professora Dra. Girlene Fábria Segundo Viana, pelo apoio estrutural do Laboratório de Bentos da Unidade Acadêmica de Serra Talhada da Universidade Federal Rural de Pernambuco, a Fundação de Amparo à Ciência e Tecnologia de Pernambuco (FACEPE) pelo apoio financeiro (Processo de N°: PBPB-09952.05/14) ao primeiro autor e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPQ) pela bolsa concedida ao último autor (Processo de N° 304237/2015-9) e ao Universal Rural (edital da UFRPE).

Referências

- Azevedo DJS, Barbosa JEL, Gomes WIA, Porto DE, Marques JC, Molozzi J (2015) Diversity measures in macroinvertebrate and zooplankton communities related to the trophic status of subtropical reservoirs: Contradictory or complementary responses? *Ecological Indicators* 50:135–149
- Barbola IF, Moraes MFPG, Anazawa TM, Nascimento EA, Sepka ER, Polegatto CM,... & Schuhli GS (2011) Avaliação da comunidade de macroinvertebrados aquáticos como ferramenta para o monitoramento de um reservatório na bacia do rio Pitangui, Paraná, Brasil. *Iheringia, Série Zoologia* 101:15-23
- Barbosa JEL, Medeiros ESF, Brasil J, Cordeiro RS, Crispim MCB, Silva GHG (2012) Aquatic Systems in Semi-arid Brazil: limnology and management. *Acta Limnologica Brasiliensia* 24:103-118
- Bazzaz FA (1975) Plant species diversity in old-field successional ecosystems in southern Illinois. *Ecology* 56:485-488
- Biggs BJ (1996) Hydraulic habitat suitability for periphyton in rivers. *River Research Applications* 12: 251-261
- Biggs B, Stevenson R, Lowe R (1998) A habitat matrix conceptual model for stream periphyton. *Archiv fur Hydrobiologie* 143: 21–56
- Bittencourt-Oliveira MC, Moura, AN, Hereman, TC, Dantas EW (2011) Increase in Straight and coiled *Cylindrospermopsis raciborskii* (Cyanobacteria) populations under conditions of thermal de-stratification in a shallow tropical reservoir. *Journal of Water Resource and Protection* 3: 245-252
- Borduqui M, Ferragut C (2012) Controlling factors of successional periphytic algae in tropical hypereutrophic reservoir. *Hydrobiologia* 683:109-122
- Borges HLF, Branco LHZ, Martins MD, Lima CS, Barbosa PT, Lira GAST, Bittencourt-Oliveira MC, Molica R.J.R (2015) Cyanotoxin production and phylogeny of benthic cyanobacterial strains isolated from the northeast of Brazil. *Harmful Algae* 43:46-57

- Bouvy MA, Falcão D, Marinho M, Pagano M, Moura A (2000) Occurrence of *Cylindrospermopsis* (Cyanobacteria) in 39 Brazilian tropical reservoirs during the 1998 drought. *Aquatic Microbial Ecology* 23:13-27
- Bouvy MA, Molica R, Oliveira S, Marinho M, Becker B (2001) Effects of a cyanobacterial bloom (*Cylindrospermopsis raciborskii*) on bacteria and zooplankton communities in Ingazeira reservoir (northeast Brazil). *Aquatic Microbial Ecology* 25:215-227
- Bouvy M, Nascimento SM, Molica RJR, Ferreira A (2003) Limnological features in Tapacurá reservoir (northeast Brazil) during a severe drought. *Hydrobiologia* 493:115-130
- Brasil J, Attayde JL, Vasconcelos FR, Dantas DD, Huszar VL (2015) Drought-induced water-level reduction favors cyanobacteria blooms in tropical shallow lakes. *Hydrobiologia* 770:1-20
- Burliga ALM, Schwarzbald A (2013) Perifíton: Diversidade Taxonômica e Morfológica. In: Schwarzbald, A, Burliga AL, Torgan LC (Org.) *Ecologia do Perifíton*, 1ªed. Rima, São Paulo, pp 1-6
- Callisto M, Moreno P, Barbosa FAR (2001) Habitat diversity and benthic functional trophic groups at Serra do Cipó, Southeast Brazil. *Revista Brasileira de Biologia* 61:259-266
- Carlsson NO, Brönmark C (2006) Size-dependent effects of an invasive herbivorous snail (*Pomacea canaliculata*) on macrophytes and periphyton in Asian wetlands. *Freshwater Biology* 51:695-704
- Carr JM, Hergenrader GL, Troelstrup NH (1986) A simple inexpensive method for cleaning diatoms. *Transactions of the American Microscopical Society* pp. 152-157
- Cattaneo A (1983) Grazing on epiphytes. *Limnology and Oceanography* 28: 124–132
- Cattaneo A, Legendre P, Niyonsenga T (1993) Exploring periphyton unpredictability. *Journal of the North American Benthological Society* 12: 418-430
- Cavati B, Fernandes VO (2008) Algas perifíticas em dois ambientes do baixo rio Doce (lagoa Juparanã e rio Pequeno Linhares, Estado do Espírito Santo): variação espacial e temporal. *Acta Scientiarum Biological Sciences* 30:439-448
- Chung N, Bae MJ, Li F, Kwon YS, Kwon TS, Kim JS, Park YS (2012) Habitat characteristics and trophic structure of benthic macroinvertebrates in a forested headwater stream. *Journal of Asia-Pacific Entomology* 15:495–505

Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM) (2010) Recursos Hídricos Subterrâneos 2011. Brasília, 2012. Serviço Geológico do Brasil: Recursos Minerais.

Costa FLM, Oliveira A, Callisto M (2006) Inventário da diversidade de macroinvertebrados bentônicos no reservatório da estação ambiental de Peti, MG, Brasil. *Neotropical Biology and Conservation* 1:17-23

Costa-Boddeker S, Bennion H, Jesus TA, Albuquerque ALS, Figueira RCL, Bicudo DC (2012) Paleolimnologically inferred eutrophication of a shallow, tropical, urban reservoir in southeast Brazil. *Journal of Paleolimnology* 48:751–766

Cummins KW, Merritt RW, Andrade PCN (2005) The use of invertebrate functional groups to characterize ecosystem attributes in selected streams and rivers in south Brazil. *Studies on Neotropical Fauna and Environment* 40:69-89

Cunha DGF, Calijuri MC, Lamparelli MCA (2013) A trophic state index for tropical/subtropical reservoirs (TSIts). *Ecological Engineering* 60:126-134

Danger M, Lacroix G, Oumarou C, Benest D, Mériquet J (2008) Effects of food-web structure on periphyton stoichiometry in eutrophic lakes: a mesocosm study. *Freshwater Biology* 53:2089-2100

Dantas EW, Moura NA, Bittencourt-Oliveira MC (2011) Cyanobacterial blooms in stratified and destratified eutrophic reservoirs in semi-arid region of Brazil. *Anais da Academia Brasileira de Ciências* 83:1327-1338

Davis TW, Koch F, Marcoval MA, Wilhelm SW, Gobler CJ (2012) Mesozooplankton and microzooplankton grazing during cyanobacterial blooms in the western basin of Lake Erie. *Harmful Algae* 15:26–35

Delazari-Barroso A, Giavarini K, Miranda OT, Sterza JM (2011) Phytoplankton-zooplankton interactions at Duas Bocas Reservoir, Espírito Santo State, Brazil: Growth responses in the absence of grazing. *Neotropical Biology and Conservation* 6:27-34

Dong X, Bennion H, Battarbee R, Yang X, Yang H, Liu E (2008) Tracking eutrophication in Taihu Lake using the diatom record: potential and problems. *Journal of Paleolimnology* 40:413–429

Dunck B, Nogueira IS, Felisberto SA (2013) Distribution of periphytic algae in wetlands (Palm swamps, Cerrado), Brazil. *Brazilian Journal of Biology* 73:331-346

Espíndola ELG, Brigante J (2003) Avaliação das modificações na qualidade da água do Rio Mogi-Guaçu: uma análise temporal. In: Brigante J, Espíndola ELG (Eds.) Limnologia fluvial, um estudo no Rio Mogi-Guaçu. Editora Rima, São Carlos, pp. 190-204

Eskinazi-Sant'anna EM, Menezes R, Costa IS, Panosso RF, Araújo MF, Attayde JL (2007) Composição da comunidade zooplanctônica em reservatórios eutróficos do semiárido do Rio Grande do Norte. *Oecologia Brasiliensis* 11:410-421

Esteves FA (1998) Fundamentos de Limnologia. Interciência, Rio de Janeiro

Esteves FA (2011) Fundamentos de Limnologia. Interciência, Rio de Janeiro

Felisberto, AS, Rodrigues, L (2005) Comunidade de algas perifíticas em reservatórios de diferentes latitudes. In: Rodrigues L, Thomaz SMT, Agostinho AA, GOMES LC. Eds. Biocenoses em reservatórios: padrões espaciais e temporais. São Carlos: RIMA, pp. 7-114

Fernandes VO, Cavati B, Souza BD, Machado RG, Costa AG(2009) Lagoa Mãe-Bá (Guarapari-Anchieta, ES): um ecossistema com potencial de florações de cianobactérias? *Oecologia Brasiliensis* 13:366-381

Fontana L, Albuquerque ALS, Brenner M, Bonotto DM, Sabaris TPP, Pires MAF, Cotrim MEB, Bicudo DC (2014) The eutrophication history of a tropical water supply reservoir in Brazil. *Journal of Paleolimnology* 51:29–43

FUNDAJ- Fundação Joaquim Nabuco. Dados dos reservatórios do estado de Pernambuco Disponível em: <http://www.fundaj.gov.br/docs/tropico/desat/js120299.doc>. Acesso em:18/09/2015

Giovanelli A, Vieira MV, Da Silva CLPAC (2003) Apparent competition through facilitation between *Melanoides tuberculatus* and *Biomphalaria glabrata* and the control of schistosomiasis. *Memórias do Instituto Oswaldo Cruz* 98:429-431

Goldsborough LG, McDougal RL, North AK (2005) Periphyton in freshwater lakes and wetlands. In: Azim ME, Verdegem MCJ, van Dam AA, Beveridge MCM (eds). Periphyton: Ecology, Exploitation and Management. CABI Publ., UK, p. 71-89

González EJ (2000) Nutrient enrichment and zooplankton effects on the phytoplankton community in microcosms from El Andino reservoir (Venezuela). *Hydrobiologia* 434:81-96

- Guo F, Kainz MJ, Sheldon F, Bunn SE (2015) Spatial variation in periphyton fatty acid composition in subtropical streams. *Freshwater Biology* 60:1411–1422
- Hammer O, Harper DAT, Ryan PD (2001) Past: Paleontological Statistics Software Package for Education and data analysis. *Palaeontologia Electronica*
- Henriques-Oliveira AL, Nessimian JL (2010) Aquatic macroinvertebrates diversity and composition in streams along an altitudinal gradient in Southeastern Brazil. *Biota Neotropica* 10: 115-128
- Hill WR, Rinchar J, Czesny S (2011) Light, nutrients and the fatty acid composition of stream periphyton. *Freshwater Biology* 56:1825–1836
- Hillebrand H, Kahlert M (2001) Effect of grazing and nutrient supply on periphyton biomass and nutrient stoichiometry in habitats of different productivity. *Limnology and Oceanography* 46: 1881-1898
- Hillebrand H, Gruner, DS, Borer ET, Bracken ME, Cleland EE, Elser JJ,.. & Smith JE (2007) Consumer versus resource control of producer diversity depends on ecosystem type and producer community structure. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 104: 10904-10909
- Hillebrand H (2009) Meta-analysis of grazer control of periphyton biomass across aquatic ecosystems. *Journal of Phycology* 45: 798-806
- Hunter MD, Price PW (1992) Playing chutes and ladders: heterogeneity and the relative roles of bottom-up and top down forces in natural communities. *Ecology* 73:724–732
- Ingvason HR, Olafsson JS, Gardarsson A (2004) Food selection of *Tanytarsus gracilentus* larvae (Diptera: Chironomidae): an analysis of instars and cohorts. *Aquatic Ecology* 38:231–237
- Jacoby JM (1987) Alterations in periphyton characteristics due to grazing in a Cascade foothill stream. *Freshwater biology* 18: 495-508
- Jones JI, Moss B, Young JO (1998) Interactions between periphyton, non-molluscan invertebrates and fish in standing freshwaters. In: Jeppesen E, Søndergaard MA, Søndergaard MO, Christofersen M (Eds.) *The Structuring Role of Submerged Macrophytes in Lakes*. Springer-Verlag, New York, pp. 69–90

- Jones JJ, Sayer CD (2003) Does the fish-invertebrate-periphyton cascade precipitate plant loss in shallow lakes? *Ecology* 84:2155-2167
- Karatayev AY, Burlakova LE, Karatayev VA, Padilla DK (2009) Introduction distribution, spread, and impacts of exotic freshwater gastropods in Texas. *Hydrobiologia* 619: 181–194
- Karjalainen H, Seppälä S, Walls M (1998) Nitrogen, phosphorus and *Daphnia* grazing in controlling phytoplankton biomass and composition – an experimental study. *Hydrobiologia* 363:309-321
- Komárek J, Fott B (1983) Chlorophyceae (Grünalgen). Ordnung: Chlorococcales. In: Huber-Pestalozzi G (Ed.) *Das Phytoplankton des Süßwassers, Teil 7 (1)*. E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung. Stuttgart.
- Komárek J, Anagnostidis K (1989) Modern approach to the classification system of Cyanophytes, 4: Nostocales. *Algol. Stud.* 56:247-345
- Komárek J, Anagnostidis K (1999) Cyanoprokaryota 1. In: Ettl H, Gartner G, Heyning H, Mollenhauer D. (Eds.) *Chroococcales. Subwasserflora von Mitteleuropa*. Gustav Fischer, Stuttgart
- Komárek J, Cronberg G (2001) Some chroococcalean and oscillatorialean Cyanoprokaryotes from African lakes, ponds and pools. *Nova Hedwigia* 73: 129-160
- Komárek J, Anagnostidis K (2005) Cyanoprokariota: Oscillatoriales. In: Ettl H, Gärtner G, Heynig H, Mollenhauer D (Eds.) *Süßwasserflora von Mitteleuropa*. Gustav Fischer, Stuttgart.
- Koroleff F (1976) Determination of Nutrients. In: Grasshoff, K. (Ed.) *Methods of Seawater Analysis*. Verlag Chemie, Weinheim pp. 117-187
- Krammer K, Lange-Bertalot H (1991a) Bacillariophyceae: Achananthaceae, Kritische Ergänzungen zu Navicula (Lineolatae) and Gomphonema Gesamthitratverzeichnis. In: Ettl, H, Gerloff J, Heynig H, Mollenhauer D (eds) *Süßwasser flora von Mitteleuropa*. Gustav Fischer, Stuttgart. 437p
- Krammer K, Lange-Bertalot H (1991b) Bacillariophyceael: Centrales, Fragilariaceae, Eunotiaceae. In: Ettl, H, Gerloff J, Heynig H, Mollenhauer D (eds). *Süßwasserflora von Mitteleuropa*. Gustav Fischer, Stuttgart. 576p
- Lamberti GA, Resh VH (1983) Stream periphyton and insect herbivores: an experimental study of grazing by a caddisfly population. *Ecology* 64: 1124-1135

- Lamberti GA, Gregory SV, Ashkeans LR (1989) Productive capacity of periphyton as a determinant of plant-herbivore interactions in streams. *Ecology* 70:1840–1856
- Lawton L, Marsalek B, Padisák J, Chorus I (1999) Determination of cyanobacteria in water: A guide to their public health consequences, monitoring and management. pp. 1-28
- Legendre L, Legendre P (1998) Numerical ecology: developments in environmental modelling. Elsevier, Amsterdam
- Liu W, Zhang Q, Liu G (2010) Lake eutrophication associated with geographic location, lake morphology and climate in China. *Hydrobiologia* 644:289–299
- Lima JRC, Shinozaki-Mendes RA, Almeida AQ (2013) Estimativa da batimetria do açude do Saco-PE com auxílio de dados orbitais. *Revista Engenharia Agrícola* 34:1017-1023.
- Lobo EA, Leighton G (1986) Estructuras comunitarias de las fitocenosis planctónicas de los sistemas de desembocaduras de rios y esteros de la Zona Central de Chile. *Revista Biología Marina* 22: 1-29
- Lucca JV, Pamplin PAZ, Fonseca-Gessner A, Trivinho-Strixino S, Spadano-Albuquerque AL, Rocha O (2010) Benthic macroinvertebrates of a tropical lake: Lake Caçó, MA, Brazil. *Brazilian Journal of Biology* 70:593-600
- Macarthur RH, Wilson EO (1967) *The Theory of Island Biogeography*. Princeton University Press, Princeton
- Mackereth FJH, Heron J, Talling JF (1978) *Water analysis: some revised methods for limnologists*. Scientific Publications, London
- Magurran AE (2011) *Biological diversity: frontiers in measurement and assessment*. Oxford University Press, Oxford
- Marques MGSM, Ferreira RL, Barbosa FAR (1999) A comunidade de macroinvertebrados aquáticos e características limnológicas das lagoas carioca e da barra, Parque Estadual do Rio Doce, MG. *Revista Brasileira de Biologia* 59:203-210
- Mateucci SD, Colma A (1982) La metodología para el estudio da vegetación. *Collection de Monografías Científicas. Série Biología* 22:168
- McCafferty WP (1981) *Aquatic entomology: The fishermen's guide and ecologists illustrated guide to insects and their relatives*. Jones and Bartlett Publishers, Boston

- Merritt RW, Cummins KW (1996) An introduction to the aquatic insects of North America. 3 ed. Dubuque: Kendall/Hunt
- Miretzky P, Maidana, NI, Cireli, AF (2002) Stability of diatom composition in a variable lake environment: Lake Chascomús, Argentina. *Limnology* 2:77-85
- Mittelbach GG, Steiner CF, Scheiner SM, Gross KL, Reynolds HL, Waide RB, Willig M R, Dodson SI, Gough L (2001) What is the observed relationship between species richness and productivity? *Ecology* 82: 2381–2396
- Molica RJR, Oliveira EJA, Carvalho PVVC, Costa ANSF, Cunha MCC, Melo GL, Azevedo SMFO (2005) Occurrence of saxitoxins and an anatoxin-a(s)-like anticholinesterase in a Brazilian drinking water supply. *Harmful Algae* 4:743-753
- Moura NA, Bittencourt-Oliveira MC, Dantas EW, Arruda-Neto JDT (2007) Phytoplanktonic Associations: A tool to understand dominance events in a tropical Brazilian reservoir. *Acta Botanica Brasilica* 21: 641-648
- Mugnai R, Nessimian JL, Baptista DF (2010) Manual de identificação de macroinvertebrados aquáticos do Estado do Rio de Janeiro. Technical Books, Rio de Janeiro
- Mundy CJ, Hann BJ (1997) Snail-periphyton interactions in a prairie wetland. *University Field Station (Delta Marsh) Annual Report* 31:40-52
- Murakami EA, Bicudo DC, Rodrigues L (2009) Periphytic algae of the Garças Lake, Upper Paraná River floodplain: comparing the years 1994 and 2004. *Brazilian Journal of Biology* 69:459-468
- Olafsson JS (1992) The feeding biology and micro-distribution of certain chironomid larvae (Diptera: Chironomidae) in a lentic environment, with emphasis on first instar larvae. PhD thesis University of Bristol, UK
- Passy SI (2007) Diatom ecological guilds display distinct and predictable behavior along nutrient and disturbance gradients in running waters. *Aquatic Botany* 86: 171–178
- Peckarsky BL, McIntosh AR, Ivarez MA, Moslemi JM (2013) Nutrient limitation controls the strength of behavioral trophic cascades in high elevation streams. *Ecosphere* 4:110

- Peckarsky BL, McIntosh AR, Álvarez M, Moslemi JM (2015) Disturbance legacies and nutrient limitation influence interactions between grazers and algae in high elevation streams. *Ecosphere* 6: 1-15
- Pérez GR (1988) Guía para el Estudio de los Macroinvertebrados Acuáticos del Departamento de Antioquia. Fondo FEN Colombia/Colciencias/Universidad de Antioquia. Antioquia. pp.217
- Pérez-Martínez C, Cruz-Pizarro L (1995) Species-specific phytoplankton responses to nutrients and zooplankton manipulations in enclosure experiments. *Freshwater Biology* 33: 93-203
- Persson L, Bengtsson J, Menge BA, Power ME (1996) Productivity and consumer regulation: concepts, patterns and mechanisms. In Polis GA, Winemiller KO (eds) *Food webs: integration of patterns and dynamics*. Chapman and Hall, New York, New York, USA pp. 396–435
- Piedras SRN, Bager A, Moraes PRR, Isoldi LA, Ferreira OGL, Heemann C (2006) Macroinvertebrados bentônicos como indicadores de qualidade de água na barragem Santa Bárbara, Pelotas, RS, Brasil. *Ciência Rural* 36:494-500
- Pinto-Coelho RM (2000) *Fundamentos em Ecologia*. Artmed, Porto Alegre
- Reynolds CS (2007) Variability in the provision and function of mucilage in phytoplankton: facultative responses to the environment. *Hydrobiologia* 578: 37–45
- Roll SK, Diehl S, Cooper SD (2005) Effects of grazer immigration and nutrient enrichment on an open algae-grazer system. *Oikos* 108:386–400
- Rosemond AD, Mulholland PJ, Elwood JW (1993) Top-down and bottom-up control of stream periphyton: effects of nutrients and herbivores. *Ecology* 74:1264–1280
- Rossaro B, Marzial, L, Cardoso AC, Solimini A, Free G, Giacchini R (2007) A biotic index using benthic macroinvertebrates for Italian Lakes. *Ecological Indicators* 7:41–429
- Round FE (1964) The ecology of benthic algae. In: Jackson DF (ed.). *New York Pelnum*. 1964. pp. 138-184
- Round FE, Crawford RM, Mann DG (1990) *The Diatoms: biology and morphology of the genera*. Cambridge University Press, Cambridge

- Sala E, Graham MH (2002) Community-wide distribution of predator–prey interaction strength in kelp forests. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 99: 3678-3683
- Santos CMD, Eskinazi-Sant’Anna EM (2010) The introduced snail *Melanooides tuberculatus* (Muller, 1774) (Mollusca: Thiaridae) in aquatic ecosystems of the Brazilian Semiarid Northeast (Piranhas-Assu River basin, State of Rio Grande do Norte). *Brazilian Journal of Biology* 70:1–7
- Santos NCL, Santana HS et al (2016) Distribution of benthic macroinvertebrates in a tropical reservoir cascade. *Hydrobiologia* 765: 265-275
- Simpson EH (1949) Measurement of diversity. *Nature* 163:688
- Strickland JDH, Parsons TR (1960) A manual of seawater analysis. *Journal of the Fisheries Research Board of Canada* 125:1-185
- Tall L, Cattaneo A, Cloutier L, Dray S, Legendre P (2006) Resource partitioning in a grazer guild feeding on a multilayer diatom mat. *Journal of the North American Benthological Society* 25:800-810
- Taniwaki RH, Borghi TC, Magrin, AGE, Calijuri MC, Bottino F, Moschini-Carlos V (2013) Structure and dynamics of the community of periphytic algae in a subtropical reservoir (state of São Paulo, Brazil). *Acta Botânica Brasílica* 27:551-559
- Taylor BW, McIntosh AR, Peckarsky BL (2002) Reach-scale manipulations show invertebrate grazers depress algal resources in streams. *Limnology and Oceanography* 47:893–899
- Terra BD, Araújo FG (2011) A preliminary fish assemblage index for a transitional river–reservoir system in southeastern Brazil. *Ecological Indicators* 11:874-881
- Thornton KW (1990) Perspectives on reservoir limnology. In: Thornton KW, Kimmel BL, Payne FE (Eds.) *Reservoir limnology: ecological perspectives*. Somerset: John Wiley & Sons, pp. 1-15
- Tillmanns AR, Wilson AE, Pick FR, Sarnelle O (2008) meta-analysis of cyanobacterial effects on zooplankton population growth rate: species-specific responses. *Fundamental and Applied Limnology/ Archiv für Hydrobiologie* 171/4: 285-295
- Tilman D, Lehman C (2001) Human-caused environmental change: impacts on plant diversity and evolution. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 98:5433-5440

- Tokeshi M (1995) Life cycles and population dynamics. In: The Chironomidae. The biology and ecology of non-biting midges. Armitage PD, Cranston PS, Pinder LCV (Eds). Chapman & Hall, London, pp. 225–268
- Tonkin JD, Death RG, Barquín J (2014) Periphyton control on stream invertebrate diversity: is periphyton architecture more important than biomass? *Marine and Freshwater Research* 65: 818-829
- Trivinho-Strixino S (2011) Chironomidae (Insecta, Diptera, Nematocera) do Estado de São Paulo, Sudeste do Brasil. *Biota Neotropica* 11:1-10
- Tundisi JG, Matsumura-Tundisi T (2008) *Limnologia*. Oficina de Textos, São Paulo
- Utermöhl H (1958) Zur Vervollkommen der quantitativen phytoplankton methodik. *Mitteilungen Internationale Vereinigung fuer Theoretische und Angewandte Limnologie* 9:1–38
- Vadeboncoeur Y, Steinman AD (2002) Periphyton Function in Lake Ecosystems. *The Scientific World Journal* 2:1-20
- Vaughn CC (1986) The role of periphyton abundance and quality in the microdistribution of a stream grazer, *Helicopsyche borealis* (Trichoptera: Helicopsychidae). *Freshwater Biology* 16:485-493
- Vitousek PM, Mooney HA, Lubchenco J, Melillo JM (1997) Human domination of Earth's ecosystems. *Science* 277:494-499
- Wellnitz T, Leroy PN (2006) Herbivory, current velocity and algal regrowth: how does periphyton grow when the grazers have gone? *Freshwater Biology* 51: 2114-2123
- Yang GY, Dudgeon D (2010) Response of grazing impacts of an algivorous fish (*Pseudogastromyzon myersi*: Balitoridae) to seasonal disturbance in Hong Kong streams. *Freshwater Biology* 55: 411–423
- Yang Z, Kong F (2012) Formation of large colonies: a defense mechanism of *Microcystis aeruginosa* under continuous grazing pressure by flagellate *Ochromonas* sp. *Journal of Limnology* 71: 61-66
- Zalat AA (2000) Distribution and paleoecological significance of fossil diatom assemblages from the Holocene sediments of Lake Manzala. *Egypt Diatom Res* 15:167–190

Zebek E, Szymanska U (2014) Gastrops and periphytic algae relationships in the vicinity of a small hydroelectric plant on the Paseka River in northeast Poland. Archives of Polish Fisheries 22: 69-80

Rydelek CHSPA, Sacks IS, Pacheco JF, Sykes LR, Abe K,...& Rundle JB (1992) Food-web analysis through field measurement of per capita interaction strength. Nature355: 73-75

Material suplementar

Tabela S1 Densidade de algas perifíticas (ind.cm⁻²) durante o período de setembro de 2015 e março de 2016, nos reservatórios Saco I, Cachoeira II e Borborema, Serra Talhada (PE, Brasil)

Táxons	Reservatórios					
	Saco I		Cachoeira II		Borborema	
	Seco	Chuvoso	Seco	Chuvoso	Seco	Chuvoso
Cyanophyceae						
<i>Anabaena</i> sp.	9,84E+03	7,59E+02	-	-	3,69E+04	-
<i>Chroococcus minutus</i> (Kützing) Nägeli	3,56E+04	5,62E+05	3,79E+02	-	3,58E+04	-
<i>Cylindrospermopsis raciborskii</i> (Wolosz.) Seenaya e Subba Raju	9,78E+04	1,17E+06	3,19E+03	-	-	-
<i>Dolichospermum</i> sp.	1,38E+03	-	-	-	-	-
<i>Geitlerinema amphibium</i> (C. Agardh) Anagnostidis	6,19E+04	3,02E+05	5,46E+03	2,77E+03	-	5,67E+04
<i>Merismopedia glauca</i> (Ehrenberg) Kützing	2,66E+03	-	-	-	-	1,48E+04
<i>Merismopedia minima</i> G.Beck	-	-	-	-	-	3,79E+02
<i>Merismopedia tenuissima</i> Lemmermann	-	1,90E+03	-	-	6,01E+04	-
<i>Microcystis aeruginosa</i> (Kützing) Kützing	-	4,93E+03	-	-	1,17E+02	-
<i>Microcystis</i> sp.	2,94E+03	3,79E+02	-	-	-	-
<i>Oscillatoria limosa</i> C.Agardh ex Gomont	-	4,81E+03	-	-	-	-
<i>Oscillatoria princeps</i> C.Agardh ex Gomont	-	-	-	-	7,59E+02	1,61E+03
<i>Oscillatoria</i> sp.	-	7,59E+02	-	-	2,35E+02	-
<i>Oscillatoria terebriformes</i> C.Agardh ex Gomont	3,79E+02	1,04E+05	8,69E+02	1,30E+04	-	2,38E+03
<i>Planktothrix agardhii</i> (Gomont) Anagnostidis e Komárek	6,14E+02	1,85E+04	-	-	-	-
<i>Pseudoanabaena</i> sp.	1,70E+03	1,36E+04	-	-	-	1,15E+03
<i>Raphidiopsis</i> sp.	7,59E+02	5,95E+03	-	-	-	-
<i>Sphaerospermopsis aphanizoides</i> (Forti) Zapomelová, Jezberová, Hrouzek, Hisem, Reháková & Komárková	1,52E+03	4,93E+03	-	-	-	-
<i>Spirulina</i> sp.	-	1,38E+05	-	-	5,02E+03	-
Chlorophyceae						
<i>Desmodesmus</i> sp.	-	-	4,70E+02	-	4,03E+04	-
<i>Kirchneriella lunaris</i> (Kirchner) K. Möbius	-	-	-	-	1,35E+03	-
<i>Kirchneriella obesa</i> (G.S. West) Schmidle	-	-	-	-	2,66E+03	-
<i>Monoraphidium</i> sp.	-	1,17E+02	-	-	-	-
<i>Pediastrum duplex</i> Meyen	3,79E+02	3,79E+02	-	-	-	-
<i>Pediastrum simplex</i> Meyen	1,26E+03	2,11E+03	-	-	-	-
<i>Scenedesmus</i> sp.	2,35E+02	-	-	-	2,90E+05	-
Zygnematophyceae						
<i>Cosmarium</i> sp.	-	6,34E+02	-	-	-	-
Bacillariophyceae						
<i>Amphora</i> sp.	1,90E+04	-	-	-	5,12E+03	-
<i>Aulacoseira granulata</i> (Ehrenberg) Simonsen	3,26E+04	2,51E+04	7,59E+03	2,01E+03	3,42E+03	2,69E+03
<i>Aulacoseira</i> sp.	-	-	-	1,52E+03	-	-
<i>Cocconeis placentula</i> Ehrenberg	3,79E+02	-	4,39E+03	1,18E+03	6,83E+03	-
<i>Cyclotella meneghiniana</i> Kützing	2,77E+03	-	8,51E+03	7,17E+03	3,00E+04	-
<i>Cyclotella selesiaca</i> Bleisch	3,79E+02	-	-	-	-	-
<i>Cymbella</i> sp.	-	-	-	-	1,29E+03	-
<i>Ephithemia turgida</i> (Ehrenberg) Kützing	-	-	1,17E+02	-	-	-
<i>Eunotia</i> sp.	9,49E+03	-	7,59E+02	-	-	-
<i>Frustulia</i> sp.	-	-	-	-	1,52E+03	-
<i>Gomphonema</i> sp.1	1,11E+04	3,79E+02	-	7,64E+03	5,23E+04	5,64E+02
<i>Gomphonema</i> sp.2	-	-	-	-	4,84E+03	-
<i>Gomphonema</i> sp.3	1,52E+03	1,01E+04	-	-	-	1,17E+02
<i>Gyrosigma balticum</i> (Ehrenberg) Rabenhorst	-	-	-	9,13E+03	-	1,55E+03
<i>Navicula</i> sp.1	-	-	2,77E+03	9,70E+02	1,90E+03	-
<i>Navicula</i> sp.2	-	-	6,34E+02	4,23E+02	-	-
<i>Nitzschia palea</i> (Kützing) Smith	4,93E+03	-	5,46E+03	8,02E+02	1,30E+04	-
<i>Pinnularia major</i> (Kützing) Rabenhorst	2,53E+04	7,59E+02	6,88E+03	1,01E+04	1,60E+04	-
<i>Surirella robusta</i> Ehrenberg	3,79E+02	3,79E+02	2,75E+03	1,18E+03	3,12E+03	-

Tabela S2 Densidade média (ind.m⁻²) de macroinvertebrados bentônicos durante o período de setembro de 2015 e março de 2016, nos reservatórios Saco I, Cachoeira II e Borborema, Serra Talhada (PE, Brasil)

Táxons	Reservatórios					
	Saco I		Cachoeira II		Borborema	
	Seco	Chuvoso	Seco	Chuvoso	Seco	Chuvoso
Gastropoda						
<i>Aylacostoma</i> sp.	-	-	-	11,11	-	-
<i>Biomphalaria straminea</i> (Dunker, 1848)	100	322,22	377,78	1251,85	748,15	81,48
<i>Drepanotrema drepessissimum</i> (Moricand, 1837)	-	-	-	-	570,37	11,11
<i>Gundlachia radiata</i> (Guilding, 1828)	-	-	1044,44	222,22	-	-
<i>Heleobia</i> sp.	-	-	1366,67	2018,52	-	3,70
<i>Melanoides tuberculatus</i> (Muller, 1774)	9466,67	2088,89	11007,41	17100	11522,22	3048,15
<i>Physa marmorata</i> Guilding, 1828	-	-	-	-	88,89	-
<i>Pomacea lineata</i> (Spix, 1827)	-	-	14,81	-	22,22	3,70
Bivalvia						
<i>Anodontites trapesialis</i> (Lamarck, 1819)	-	-	148,15	-	-	-
Diptera						
Ceratopogonidae	677,78	5448,15	3,70	14,81	518,52	1477,78
Chironomidae	3581,48	5892,59	425,93	137,04	1777,78	2485,19
Odonata						
<i>Anax</i> sp.	11,11	-	7,41	-	-	3,70
<i>Pantala</i> sp.	-	3,70	-	3,70	11,11	-
Coleoptera						
<i>Haliplus</i> sp.	-	-	12,96	-	5,56	5,56
<i>Hydaticus</i> sp.	-	-	74,07	-	118,52	18,52
<i>Hydrophilus</i> sp.	-	-	22,22	-	-	-
<i>Tanysphyrus</i> sp.	-	-	24,07	22,22	-	-
Hemiptera						
<i>Aphis</i> sp.	18,52	-	2518,52	1396,30	-	-
<i>Belostoma</i> sp.	-	7,41	37,04	-	-	-
<i>Sigara</i> sp.	3,70	5,56	-	-	-	-
Veliidae	-	-	-	88,89	-	-
Ephemeroptera						
<i>Campsurus</i> sp.	-	-	25,93	44,44	-	-
Trichoptera						
<i>Phylloicus</i> sp.	-	-	18,52	-	-	-
Orthoptera						
Grylotalphidae	22,22	-	-	-	-	-
Decapoda						
<i>Macrobrachium</i> sp.	-	-	-	3,70	-	-
Arachnida						
<i>Arrenurus</i> sp.	-	-	3,70	14,81	-	-
Cladocera						
	-	-	-	-	5,56	-
Cochostraca						
	-	-	18,52	-	-	-
Collembola						
	-	3,70	5,56	-	-	-
Oligochaeta						
	-	-	3,70	-	-	-
Ostracoda						
	1670,37	470,37	240,74	125,93	788,89	888,89
Turbellaria						
	-	-	-	-	-	3,70

Instructions for Authors



TYPES OF PAPERS

Research Articles

These are contributed articles that should describe, interpret and discuss results of original research, ranging from mechanistic studies on a molecular basis to studies on an ecosystem scale. In the chapter “Discussion”, the significance of the study to the field of aquatic sciences should be stressed. Aquatic Sciences welcomes manuscripts integrating field studies, laboratory work and mathematical modelling. Papers presenting new ideas and hypotheses, based on observations and first results, are included in Aquatic Sciences as well. These “hypothesis papers” also should describe the type of experiments needed to verify proposed hypotheses.

Research articles should not be longer than 8 printed pages. This accounts for approx. 870 words (or 4700 characters, plain text without spaces) per printed page. Figures and tables have to be counted in addition.

General structure: We suggest that these manuscripts include an “Abstract”, an “Introduction”, a “Materials and Methods” section, a “Results” section and “Discussion”. The “Discussion” section should include the special mention of the significance of the work to the field of aquatic sciences. The “Results” and “Discussion” sections may be combined as “Results and Discussion”. Each section may contain subsections. Deviation from this general style is permitted if it improves the clarity of presentation.

Overview and Review Articles

These are invited articles that should focus on cutting-edge research questions. Review articles should provide a synthesis of the state-of-the-art in a particular field incorporating cross boundary research, whereas overview articles should discuss studies performed among several research groups and institutions or give an overview of one’s own interdisciplinary research. Overview and review articles may be longer than 14 printed pages and do not to follow the general style of research articles (see below, “Format of Manuscripts”). In addition to comprehensive overviews and reviews, Aquatic Sciences also publishes short critical reviews. These articles should articulate future directions in fields transcending traditional

disciplines and approaches. General structure: Overview or Review Articles should be divided into sections and, if necessary, subsections, similarly to book chapters, however, without numbering the sections and subsections. An abstract is optional

Water Policy Articles

These are invited articles that should present research at the interface of natural sciences, social sciences, and public policy. They should describe developments and suggest trends in the sustainable management of local and global water systems, and provide relevant information to policy makers and governments. Water policy articles may be longer than 14 printed pages and do not need to follow the general style of research articles

General structure.

Water Policy Articles: These articles should be organized in a different way than research articles. They are divided into sections and, if necessary, subsections, similarly to book chapters, however, without numbering the sections and subsections. An abstract is optional.

Special Feature

Articles in this section are commissioned by the Editors/Editorial Board Members of Aquatic Sciences. Special Feature articles need not cover fully original work by the authors, but instead can review or synthesize a body of work. Special feature article are expected to stimulate research and application on a specific, or emerging scientific topic.

EDITORIAL PROCEDURE

Peer Review

All contributed and invited manuscripts are reviewed by respected scientists who assess the quality, significance and originality of the work, as well as the clarity of its presentation. The review process is rapid and rigorous. Our goal is to limit the time from submission to publication on the World Wide Web to six months. To ensure that Aquatic Sciences presents a broad coverage of the many fields within its scope, manuscripts are initially evaluated by the Editor-in-Chief to determine their suitability for publication in Aquatic Sciences.

When uploading the manuscript in Editorial Manager authors are requested to provide names and contact information (including address, phone and fax number as well as e-mail address) of two experts in the field as possible reviewers of their paper. Referees' comments will remain anonymous unless referees explicitly request to be named. Authors will be notified of manuscript receipt and acceptance or rejection.

MANUSCRIPT SUBMISSION

Manuscript Submission

Submission of a manuscript implies: that the work described has not been published before; that it is not under consideration for publication anywhere else; that its publication has been approved by all co-authors, if any, as well as by the responsible authorities – tacitly or explicitly– at the institute where the work has been carried out. The publisher will not be held legally responsible should there be any claims for compensation.

Permissions

Authors wishing to include figures, tables, or text passages that have already been published elsewhere are required to obtain permission from the copyright owner(s) for both the print and online format and to include evidence that such permission has been granted when submitting their papers. Any material received without such evidence will be assumed to originate from the authors.

Online Submission

Please follow the hyperlink “Submit online” on the right and upload all of your manuscript files following the instructions given on the screen.

TITLE PAGE

Title Page

The title page should include:

The name(s) of the author(s) A concise and informative title

The affiliation(s) and address(es) of the author(s)

The e-mail address, telephone and fax numbers of the corresponding author

Abstract

Please provide an abstract of 150 to 250 words. The abstract should not contain any undefined abbreviations or unspecified references.

Keywords: Please provide 4 to 6 keywords which can be used for indexing purposes.

TEXT

Text Formatting

Manuscripts should be submitted in Word.

Use a normal, plain font (e.g., 10-point Times Roman) for text. Use italics for emphasis.

Use the automatic page numbering function to number the pages. Do not use field functions.

Use tab stops or other commands for indents, not the space bar. Use the table function, not spreadsheets, to make tables.

Use the equation editor or MathType for equations.

Save your file in docx format (Word 2007 or higher) or doc format (older Word versions).

Manuscripts with mathematical content can also be submitted in LaTeX.

Headings

Please use no more than three levels of displayed headings.

Abbreviations

Abbreviations should be defined at first mention and used consistently thereafter.

Footnotes

Footnotes can be used to give additional information, which may include the citation of a reference included in the reference list. They should not consist solely of a reference citation, and they should never include the bibliographic details of a reference. They should also not contain any figures or tables.

Footnotes to the text are numbered consecutively; those to tables should be indicated by superscript lower-case letters (or asterisks for significance values and other statistical data).

Footnotes to the title or the authors of the article are not given reference symbols.

Always use footnotes instead of endnotes.

Acknowledgments

Acknowledgments of people, grants, funds, etc. should be placed in a separate section on the title page. The names of funding organizations should be written in full.

REFERENCES

Citation

Cite references in the text by name and year in parentheses. Some examples: Negotiation research spans many disciplines (Thompson 1990).

This result was later contradicted by Becker and Seligman (1996).

This effect has been widely studied (Abbott 1991; Barakat et al. 1995a, b; Kelso and Smith 1998; Medvec et al. 1999, 2000).

Reference list

The list of references should only include works that are cited in the text and that have been published or accepted for publication. Personal communications and unpublished works should only be mentioned in the text. Do not use footnotes or endnotes as a substitute for a reference list. Reference list entries should be alphabetized by the last names of the first author of each work. Order multi-author publications of the same first author alphabetically with respect to second, third, etc. author. Publications of exactly the same author(s) must be ordered chronologically.

Journal article

Gamelin FX, Baquet G, Berthoin S, Thevenet D, Nourry C, Nottin S, Bosquet L (2009) Effect of high intensity intermittent training on heart rate variability in prepubescent children. *Eur J Appl Physiol* 105:731-738. doi: 10.1007/s00421-008-0955-8

Ideally, the names of all authors should be provided, but the usage of “et al” in long author lists will also be accepted:

Smith J, Jones M Jr, Houghton L et al (1999) Future of health insurance. *N Engl J Med* 341:325–329

Article by DOI

Slifka MK, Whitton JL (2000) Clinical implications of dysregulated cytokine production. *J Mol Med*. doi:10.1007/s001090000086

Book

South J, Blass B (2001) The future of modern genomics. Blackwell, London Book chapter
Brown B, Aaron M (2001) The politics of nature. In: Smith J (ed) *The rise of modern genomics*, 3rd edn. Wiley, New York, pp 230-257

Online document

Cartwright J (2007) Big stars have weather too. IOP Publishing PhysicsWeb. <http://physicsweb.org/articles/news/11/6/16/1>. Accessed 26 June 2007

Dissertation

Trent JW (1975) Experimental acute renal failure. Dissertation, University of California
Always use the standard abbreviation of a journal’s name according to the ISSN List of Title Word Abbreviations, see

TABLES

All tables are to be numbered using Arabic numerals.

Tables should always be cited in text in consecutive numerical order.

For each table, please supply a table caption (title) explaining the components of the table. Identify any previously published material by giving the original source in the form of a reference at the end of the table caption.

Footnotes to tables should be indicated by superscript lower-case letters (or asterisks for significance values and other statistical data) and included beneath the table body.

ARTWORK AND ILLUSTRATIONS GUIDELINES

Electronic Figure Submission

Supply all figures electronically.

Indicate what graphics program was used to create the artwork.

For vector graphics, the preferred format is EPS; for halftones, please use TIFF format. MSOffice files are also acceptable.

Vector graphics containing fonts must have the fonts embedded in the files. Name your figure files with "Fig" and the figure number, e.g., Fig1.eps.

Line Art

Definition: Black and white graphic with no shading.

Do not use faint lines and/or lettering and check that all lines and lettering within the figures are legible at final size.

All lines should be at least 0.1 mm (0.3 pt) wide.

Scanned line drawings and line drawings in bitmap format should have a minimum resolution of 1200 dpi.

Vector graphics containing fonts must have the fonts embedded in the files.

Color Art

Color art is free of charge for online publication. If black and white will be shown in the print version, make sure that the main information will still be visible. Many colors are not distinguishable from one another when converted to black and white. A simple way to check this is to make a xerographic copy to see if the necessary distinctions between the different colors are still apparent. If the figures will be printed in black and white, do not refer to color in the captions. Color illustrations should be submitted as RGB (8 bits per channel).

Figure Lettering

To add lettering, it is best to use Helvetica or Arial (sans serif fonts). Keep lettering consistently sized throughout your final-sized artwork, usually about 2–3 mm (8–12 pt).

Variance of type size within an illustration should be minimal, e.g., do not use 8-pt type on an axis and 20-pt type for the axis label. Avoid effects such as shading, outline letters, etc. Do not include titles or captions within your illustrations.

Figure Numbering

All figures are to be numbered using Arabic numerals. Figures should always be cited in text in consecutive numerical order. Figure parts should be denoted by lowercase letters (a, b, c, etc.). If an appendix appears in your article and it contains one or more figures, continue the consecutive numbering of the main text. Do not number the appendix figures, "A1, A2, A3, etc." Figures in online appendices (Electronic Supplementary Material) should, however, be numbered separately.

Figure Captions

Each figure should have a concise caption describing accurately what the figure depicts. Include the captions in the text file of the manuscript, not in the figure file. Figure captions begin with the term **Fig.** in bold type, followed by the figure number, also in bold type. No punctuation is to be included after the number, nor is any punctuation to be placed at the end of the caption. Identify all elements found in the figure in the figure caption; and use boxes, circles, etc., as coordinate points in graphs. Identify previously published material by giving the original source in the form of a reference citation at the end of the figure caption.

Figure Placement and Size

Figures should be submitted separately from the text, if possible. When preparing your figures, size figures to fit in the column width. For most journals the figures should be 39 mm, 84 mm, 129 mm, or 174 mm wide and not higher than 234 mm. For books and book-sized journals, the figures should be 80 mm or 122 mm wide and not higher than 198 mm.