

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO TOCANTINS**  
**CAMPUS DE PORTO NACIONAL**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECOLOGIA DE ECÓTONOS**

**MACRÓFITAS AQUÁTICAS NA ÁREA DE TRANSIÇÃO ENTRE O RIO  
AREIAS E O RESERVATÓRIO DA USINA HIDRELÉTRICA LUÍS EDUARDO  
MAGALHÃES - TOCANTINS: COBERTURA, BIOMASSA E  
MACROINVERTEBRADOS ASSOCIADOS**

**ÚRIA GRAZIELA BARROSO DE SOUZA RODRIGUES**

**PORTO NACIONAL – TOCANTINS**

**MARÇO 2017**

**ÚRIA GRAZIELA BARROSO DE SOUZA RODRIGUES**

**MACRÓFITAS AQUÁTICAS NA ÁREA DE TRANSIÇÃO ENTRE O RIO  
AREIAS E O RESERVATÓRIO DA USINA HIDRELÉTRICA LUÍS EDUARDO  
MAGALHÃES - TOCANTINS: COBERTURA, BIOMASSA E  
MACROINVERTEBRADOS ASSOCIADOS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia de Ecótonos da Universidade Federal do Tocantins, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Ecologia de Ecótonos.

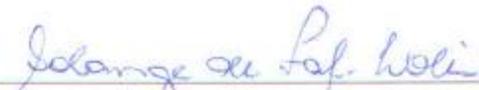
Orientadora: Profa. Dra. Solange de Fátima Lolis.

Coorientador: Prof. Dr. Rodney Haulien O. Viana.

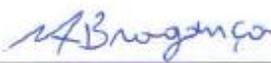
**PORTO NACIONAL - TOCANTINS**

**MARÇO 2017**

BANCA EXAMINADORA

  
\_\_\_\_\_  
Dr.ª Solange de Fátima Lolis  
Universidade Federal do Tocantins - UFT (Presidente)

  
\_\_\_\_\_  
Dr.ª Elineide Eugênio Marques  
Universidade Federal do Tocantins - UFT

  
\_\_\_\_\_  
Dr. Marcos Antônio Lima Bragança  
Universidade Federal do Tocantins - UFT

Aprovada em: 16 de março de 2017

Local de defesa: Auditório do Neamb

Universidade Federal do Tocantins, Campus Universitário de Porto Nacional - To

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)**  
**Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal do Tocantins**

---

- R696m Rodrigues, Úria Graziela Barroso de Souza.  
Macrófitas aquáticas na área de transição entre o rio Areias e o reservatório da Usina Hidrelétrica Luís Eduardo Magalhães - Tocantins: cobertura, biomassa e macroinvertebrados associados. / Úria Graziela Barroso de Souza Rodrigues. – Porto Nacional, TO, 2017.  
44 f.
- Dissertação (Mestrado Acadêmico) - Universidade Federal do Tocantins – Câmpus Universitário de Porto Nacional - Curso de Pós-Graduação (Mestrado) em Ecologia de Ecótonos, 2017.  
Orientadora : Solange de Fátima Lolis  
Coorientador: Rodney Haulien Oliveira Viana
1. Composição de espécies. 2. Grupo Funcional Trófico. 3. Nicho trófico. 4. Plantas aquáticas. I. Título

**CDD 577**

---

TODOS OS DIREITOS RESERVADOS – A reprodução total ou parcial, de qualquer forma ou por qualquer meio deste documento é autorizado desde que citada a fonte. A violação dos direitos do autor (Lei nº 9.610/98) é crime estabelecido pelo artigo 184 do Código Penal.

**Elaborado pelo sistema de geração automática de ficha catalográfica da UFT com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).**

*Aos meus filhos, Gustavo e  
Vitória: herança do Senhor.*

## AGRADECIMENTOS

À minha orientadora Profa. Dra. Solange de Fátima Lolis pela compreensão, paciência e aprendizado desde o período da graduação e pela identificação das macrófitas aquáticas.

Ao meu coorientador Prof. Dr. Rodney Haulien O. Viana pelas instruções e auxílio.

Ao Prof. Dr. Fernando Mayer Pelicice pelas aulas sobre Ecologia Funcional.

Ao Prof. MsC. Rafael José de Oliveira pelas orientações na análise estatística.

À CAPES pela bolsa de estudo.

Ao Vagner Alves, ex-técnico de taxonomia vegetal, pela extrema generosidade e apoio com meus instrumentos de pesquisa no Herbário (HTO).

Aos graduandos em Biologia e estagiários do Herbário: Adão, Laiara, Maria Aparecida, Natália e Letícia. Também ao Benedito Albuquerque, atual técnico do Herbário.

À Bióloga Aurenicy de Sousa Monteiro, do laboratório de Ictiologia, que me auxiliou na identificação das larvas de Diptera.

Ao Prof. Dr. Tiago Kutter Krolow e estagiários do Laboratório de Entomologia pelo auxílio na identificação de parte do material coletado.

À Alice Ferreira de Araujo, colega de Mestrado, e minha amiga, Maria de Fátima da Conceição, pelo apoio durante o curso.

Ao Luis Carlos (Corró) pelo auxílio nas coletas de campo.

A todos os colegas da minha turma do Mestrado: Alice, André, Aline Lopes, Aline Schuch, Diôgo, Eiderson, Idelina, Oscar Eduardo, Pedro Henrique, Phamela e Renato. Aprendi muito com eles.

Aos vigilantes da UFT que foram companheiros quando várias vezes tive que lavar as plantas aquáticas até à noite na Universidade.

À Francisca (Fran), graduanda em Biologia, que me auxiliou na última coleta.

Ao apoio incondicional da minha família, meu marido Augustinho e, especialmente meus filhos, Gustavo e Vitória, que me ajudaram lavar e embalar as macrófitas aquáticas em todas as coletas.

Aos meus irmãos na Fé pelo notebook e principalmente pelas orações.

A DEUS... meu melhor amigo.

Grata a todos!

**Dissertação formatada conforme a norma da publicação científica Aquatic Ecology**

**Disponível: <http://www.springer.com/life+sciences/ecology/journal/10452>**

## SUMÁRIO

<b>Apresentação .....</b>	<b>1</b>
<b>CAPÍTULO 1 .....</b>	<b>1</b>
<b>COBERTURA E BIOMASSA DA ASSEMBLEIA DE MACRÓFITAS AQUÁTICAS NA ÁREA DE TRANSIÇÃO ENTRE O RESERVATÓRIO DA USINA HIDRELÉTRICA LUÍS EDUARDO MAGALHÃES E O RIO AREIAS, SEU AFLUENTE.....</b>	<b>1</b>
<b>Resumo.....</b>	<b>1</b>
<b>Introdução .....</b>	<b>2</b>
<b>Material e métodos.....</b>	<b>4</b>
<b>Área de estudo .....</b>	<b>4</b>
<b>Amostragem e levantamento de dados.....</b>	<b>5</b>
<b>Variáveis abióticas .....</b>	<b>5</b>
<b>Levantamento do grau de cobertura.....</b>	<b>5</b>
<b>Biomassa .....</b>	<b>6</b>
<b>Análise dos dados .....</b>	<b>6</b>
<b>Resultados.....</b>	<b>7</b>
<b>Variáveis abióticas .....</b>	<b>7</b>
<b>Grau de cobertura.....</b>	<b>8</b>
<b>Discussão.....</b>	<b>11</b>
<b>Referências .....</b>	<b>15</b>
<b>CAPÍTULO 2 .....</b>	<b>21</b>
<b>CARACTERIZAÇÃO FUNCIONAL TRÓFICA DE MACROINVERTEBRADOS ASSOCIADOS A MACRÓFITAS AQUÁTICAS NA ÁREA DE TRANSIÇÃO ENTRE O RESERVATÓRIO DA USINA HIDRELÉTRICA LUÍS EDUARDO MAGALHÃES E O RIO AREIAS, SEU AFLUENTE.....</b>	<b>21</b>
<b>Resumo .....</b>	<b>21</b>
<b>Introdução .....</b>	<b>22</b>
<b>Material e métodos.....</b>	<b>23</b>
<b>Área de estudo .....</b>	<b>23</b>
<b>Levantamento dos dados .....</b>	<b>24</b>
<b>Variáveis abióticas .....</b>	<b>24</b>

<b>Macrófitas aquáticas e macroinvertebrados aquáticos .....</b>	<b>25</b>
<b>Análise dos dados .....</b>	<b>26</b>
<b>Resultados.....</b>	<b>26</b>
<b>Variáveis abióticas .....</b>	<b>26</b>
<b>Macrófitas aquáticas.....</b>	<b>28</b>
<b>Macroinvertebrados aquáticos .....</b>	<b>29</b>
<b>Diversidade e similaridade .....</b>	<b>33</b>
<b>Nicho trófico .....</b>	<b>34</b>
<b>Discussão.....</b>	<b>35</b>
<b>Referências .....</b>	<b>39</b>

## Apresentação

Este trabalho foi estruturado em dois capítulos, intitulados “Cobertura e biomassa da assembleia de macrófitas aquáticas na área de transição entre o reservatório da Usina Hidrelétrica Luís Eduardo Magalhães e o rio Areias, seu afluente” (capítulo 1) e “Caracterização funcional trófica de macroinvertebrados associados a macrófitas aquáticas na área de transição entre o reservatório da Usina Hidrelétrica Luís Eduardo Magalhães e o rio Areias, seu afluente”, (capítulo 2). Ambos versam sobre plantas aquáticas e o segundo capítulo é complementar ao primeiro, uma vez que depende dos resultados diagnosticados neste.

O local escolhido foi um trecho de transição entre o reservatório da Usina Hidrelétrica Luís Eduardo Magalhães – UHE Lajeado, Tocantins, com o rio Areias, na região do município de Porto Nacional - TO. A formação deste reservatório deu-se em 15 de setembro de 2001, encerrando-se em 07 de fevereiro de 2002 (INVESTCO 2002). Desde então foi observada uma grande colonização de macrófitas aquáticas, principalmente nos primeiros anos de operação da usina. Sendo assim, este estudo foi necessário para entender a dinâmica da vegetação aquática local e as espécies que se estabeleceram ao longo dos anos. Este foi o tema do primeiro capítulo desta dissertação que teve como objetivos principais inventariar as espécies de plantas aquáticas atuais no referido afluente, bem como acompanhar a sazonalidade da biomassa desta vegetação.

O segundo capítulo desta dissertação trata da macrofauna de invertebrados associada às plantas aquáticas avaliadas no capítulo 1. Os macroinvertebrados foram retirados das plantas e categorizados, segundo seu modo de aquisição do alimento, em grupos funcionais tróficos (GFTs), de acordo com a metodologia de Merritt et al. (2008). Este método utiliza atributos funcionais para caracterizar comunidades de invertebrados em diferentes ecossistemas aquáticos. A hipótese testada foi a de que a cobertura e a biomassa de macrófitas aquáticas influenciam na diversidade e abundância dos macroinvertebrados associados. O capítulo corroborou com diversos estudos ao mostrar que a vegetação aquática oferece abrigo e substrato, abrigo e até mesmo alimento para invertebrados aquáticos, dentre outros organismos.

Dessa forma, o estudo contribuiu para entender melhor os aspectos ecológicos e as interações entre as espécies de plantas aquáticas e a associação destas com a macrofauna de invertebrados no reservatório.

## **CAPÍTULO 1**

# **COBERTURA E BIOMASSA DA ASSEMBLEIA DE MACRÓFITAS AQUÁTICAS NA ÁREA DE TRANSIÇÃO ENTRE O RESERVATÓRIO DA USINA HIDRELÉTRICA LUÍS EDUARDO MAGALHÃES E O RIO AREIAS, SEU AFLUENTE**

---

**COBERTURA E BIOMASSA DA ASSEMBLEIA DE MACRÓFITAS AQUÁTICAS  
NA ÁREA DE TRANSIÇÃO ENTRE O RESERVATÓRIO DA USINA  
HIDRELÉTRICA LUÍS EDUARDO MAGALHÃES E O RIO AREIAS, SEU  
AFLUENTE**

**Resumo** Os reservatórios são ambientes aquáticos lênticos de fácil colonização por macrófitas aquáticas, espécies determinantes na dinâmica estrutural de ecossistemas aquáticos. Foi realizada a cobertura e a variação sazonal da biomassa das espécies de macrófitas no trecho de transição entre o reservatório da Usina Hidrelétrica Luís Eduardo Magalhães - Tocantins e o rio Areias, seu afluente, a fim de relacionar estas variáveis com fatores abióticos e o comportamento interespecífico desses vegetais. As coletas foram trimestrais, compreendendo janeiro a outubro de 2016, e demarcados 10 pontos amostrais com 3 repetições. Foram analisadas frequência absoluta, frequência relativa, cobertura relativa, similaridade de Bray-Curtis, biomassa e variáveis abióticas (precipitação pluviométrica, temperatura, oxigênio, transparência, profundidade e pH). Foram amostradas 10 espécies, distribuídas em seis famílias. As espécies mais frequentes foram *Najas microcarpa*, *Oxycaryum cubense* e as de maior biomassa foram *Oxycaryum cubense* e *Eichhornia azurea*. *Salvinia auriculata* foi mais frequente no período chuvoso. Os resultados discutidos mostraram que a riqueza ( $S=10$ ) e a diversidade ( $H^{\prime}=1,73$ ) de macrófitas foram mais elevadas no período chuvoso, enquanto a biomassa foi mais elevada no período seco. Os resultados evidenciaram uma estabilidade do reservatório e predomínio de poucas espécies coexistindo no ambiente.

**Palavras-chave** Composição de espécies · Estabilidade · Frequência · Grupos ecológicos · Variáveis abióticas

**Abstract** The reservoirs are lentic aquatic environments of easy colonization by aquatic macrophytes, determining species in the structural dynamics of aquatic ecosystems. The cover and the seasonal variation of the biomass of macrophytes species were carried out in the transition stretch between the reservoir of the Luis Eduardo Magalhaes - Tocantins Hydroelectric Power Plant and the tributary river Areias, in order to relate these variables to abiotic factors and interspecific behavior of these vegetables. The collections were

quarterly, comprising January to October 2016, and 10 sample points were marked with 3 replicates. Absolute frequency, relative frequency, relative coverage, Bray-Curtis similarity, biomass and abiotic variables (rainfall, temperature, oxygen, transparency, depth and pH) were analyzed. Ten species were sampled, distributed in six families. The most frequent species were *Najas microcarpa*, *Oxycaryum cubense* and those with the highest biomass were *Oxycaryum cubense* and *Eichhornia azurea*. *Salvinia auriculata* was more frequent in the rainy season. The results showed that the richness ( $S = 10$ ) and the diversity ( $H' = 1.73$ ) of macrophytes were higher in the rainy season, while the biomass was higher in the dry period. The results showed a stability of the reservoir and the predominance of few species coexisting in the environment.

**Keywords** Species composition · Stability · Frequency · Ecological groups · Abiotic variables

## Introdução

As macrófitas aquáticas são vegetais que contribuem para estruturação e dinâmica da maioria dos ecossistemas aquáticos. Vários estudos evidenciaram a importância ecológica da vegetação aquática, sobretudo em regiões tropicais (Pompêo 1999). De acordo com sua forma de vida, as macrófitas aquáticas são classificadas em grupos ecológicos (Pedralli 1990), considerados essenciais para determinar a estrutura de uma comunidade de macrófitas aquáticas (Ferreira et al. 2010) e indicadores de sua riqueza funcional (Michelan et al. 2010). Segundo Esteves (1998) esses vegetais apresentam adaptações que permitem seu desenvolvimento em diversos locais nos rios, compreendendo desde os mais profundos aos mais rasos e, colonizam a maioria dos ecossistemas lóticos e lênticos (Thomaz 2002).

Os reservatórios são sistemas aquáticos lênticos que se tornaram comuns nas últimas décadas (Thomaz 2002), caracterizados por constituírem áreas de transição entre rios e lagos (Pompêo 1999), abundantemente colonizados por macrófitas aquáticas em sua fase inicial (Agostinho e Gomes 1997). A construção de barramento leva à formação dos reservatórios e modifica o ambiente de lótico para lêntico. A elevação do nível da água durante o enchimento dos reservatórios resulta no represamento dos tributários pela elevação do seu nível de base. Nesses locais são encontradas regiões que representam um gradiente de transição entre rios e o corpo do reservatório. Após estágios de sucessão e

adaptação nesses ambientes, tende a ocorrer alterações das espécies e variação dos grupos ecológicos da vegetação aquática (Thomaz 2002).

Geralmente os reservatórios apresentam níveis de água regulados pelas variações sazonais de precipitação, bem como alterações em sua operação (Pompêo et al 1997), como o de Luís Eduardo Magalhães (Lajeado), no rio Tocantins. Este tem seu nível de água relacionado à operação da usina de Lajeado e de outras represas localizadas à montante (Lolis e Thomaz 2011). As alterações nos níveis de água de reservatórios durante ciclos sazonais exercem influência na estrutura e composição da comunidade de macrófitas aquáticas (Tundisi 1985).

A vegetação aquática exerce função essencial no metabolismo de ecossistemas límnicos e sua anatomia proporciona a existência de muitos microhabitats (Pompêo 1999), bem como influência nas características físico-químicas (Pagioro e Thomaz 1999) e interfere nos usos múltiplos do sistema aquático (Thomaz 2002). Thomaz et al. (2003) relata ainda que condições ambientais acima dos limites de tolerância causam aumento indesejado de algumas espécies de macrófitas aquáticas, logo podem causar prejuízos ao ecossistema *in loco*.

O conhecimento da biomassa e composição florística de plantas aquáticas é necessário para o entendimento de suas interações químicas, físicas e biológicas no ecossistema aquático. Essas interações podem variar conforme a espécie ou forma de vida. Estudos indicam que espécies aumentam ou reduzem a biomassa de forma não-simultânea segundo o fluxo dos níveis de água (Junk e Piedade 1993), certamente para amenizar a competição interespecífica (Pompêo 1999). Além disso, a produtividade e colonização desses vegetais é limitada por vários outros fatores como, temperatura, ciclagem de nutrientes (Camargo et al. 2003), exposição ao vento (Thomaz 2002), radiação subaquática (Rooney e Kalff 2000), composição química da água (Bini et al. 1999), herbivoria e facilitação de espécies (Lacoul e Freedman 2006).

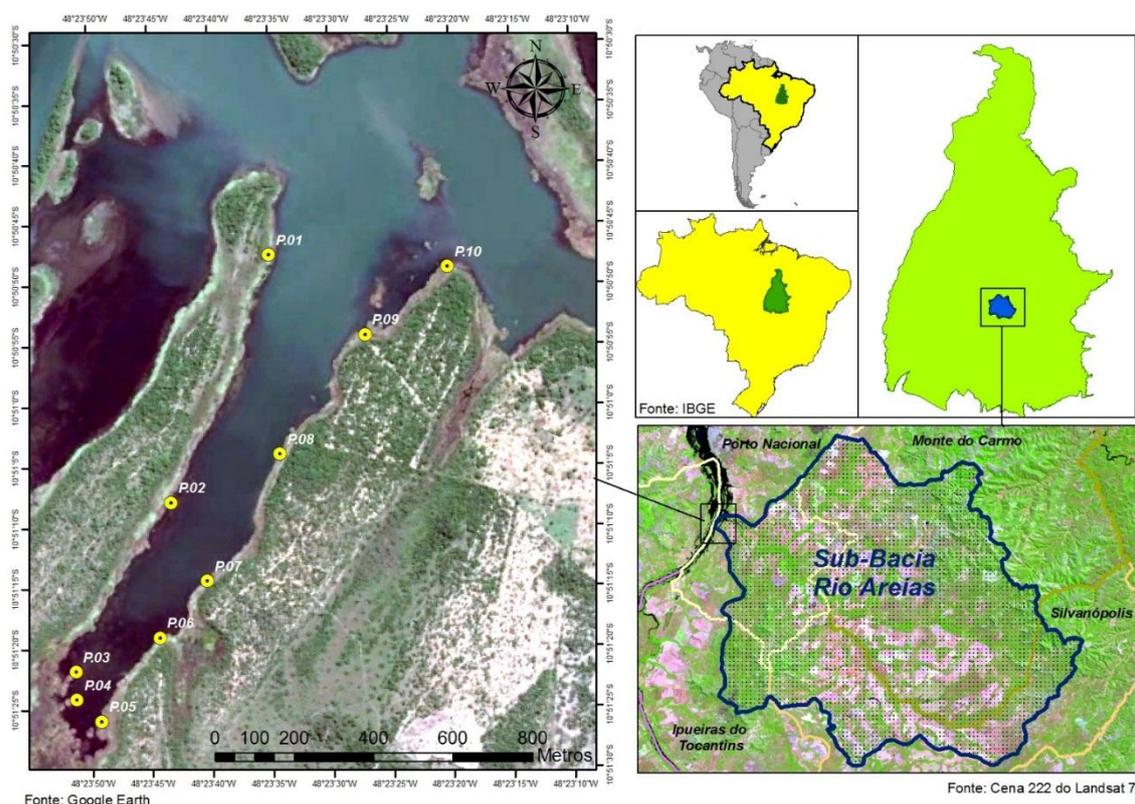
Este trabalho teve como objetivos avaliar a cobertura e a frequência da comunidade de macrófitas aquáticas, acompanhar a variação sazonal da biomassa, bem como relacionar a biomassa e composição das espécies com alguns fatores abióticos e comportamento interespecífico. Dessa forma, mostrar a dinâmica de plantas aquáticas na área de encontro do reservatório da Usina Hidrelétrica Luís Eduardo Magalhães com seu tributário Areias.

## Material e métodos

### Área de estudo

O reservatório da Usina Hidrelétrica Luís Eduardo Magalhães – UHE Lajeado localiza-se na bacia do rio Tocantins (Paiva 1982) entre os paralelos 2<sup>o</sup> e 18<sup>o</sup> de latitude Sul e 46<sup>o</sup> e 55<sup>o</sup> de longitude oeste com uma área de drenagem de 767.000 Km<sup>2</sup>, totalmente localizado em território brasileiro (Lolis e Thomaz 2011). A formação deste reservatório deu-se em 15 de setembro de 2001, encerrando-se em 07 de fevereiro de 2002, quando então o lago atingiu sua cota máxima de operação, ou seja, 212 m (INVESTCO 2002).

O estudo foi realizado na área de transição entre o corpo do reservatório da Usina de Lajeado e o rio Areias, seu afluente, sendo que esta área ecotonal faz parte do reservatório e está inserida no município de Porto Nacional, estado do Tocantins (Fig. 1).



**Figura 1** Localização da bacia hidrográfica do rio Areias, afluente do reservatório da Usina Hidrelétrica Luís Eduardo Magalhães - Tocantins (Pontos de coleta – P<sub>1-10</sub>)

A bacia hidrográfica do rio Areias constitui uma área aproximada de 239.693.534 hectares, localizada entre os paralelos 11°17'51" e 10°41'19" de Latitude Sul e os meridianos 48°27'00" e 47°47'00" de Longitude Oeste (Leite et al. 2014).

O clima da região é do tipo tropical, apresentando duas estações climáticas bem definidas, uma chuvosa, de outubro a abril, e uma seca, de maio a setembro, sendo que os níveis mais baixos de precipitações ocorrem no mês de setembro (Ribeiro et al. 1995).

## **Amostragem e levantamento de dados**

### **Variáveis abióticas**

As variáveis abióticas mensuradas foram: transparência da água (m), com auxílio do disco de Secchi; a condutividade elétrica ( $\mu\text{S cm}^{-1}$ ) com medidor digital; oxigênio dissolvido (mg/L), com o oxímetro digital; temperatura da água; e pH, com phmetro digital. Os dados de precipitação mensal (mm) foram obtidos da estação meteorológica do Instituto Federal do Tocantins, campus de Porto Nacional.

### **Levantamento do grau de cobertura**

As coletas foram realizadas nos meses de janeiro, abril, julho e outubro de 2016, totalizando quatro amostragens. O mês de janeiro foi considerado chuvoso, abril como vazante, julho, mês seco e, outubro, início das chuvas.

Para avaliar o grau de cobertura e biomassa das macrófitas aquáticas foram selecionados 10 pontos amostrais (Fig. 1), sendo que para a cobertura, em cada ponto foi utilizada uma parcela não fixa de 1m x 1m, lançada aleatoriamente no banco e em cada banco foram realizadas três repetições, totalizando 30 amostras por coleta.

O grau de cobertura das espécies de cada parcela foi definido utilizando uma escala de cobertura proposta por Braun-Blanquet (1979) para as estimativas dos parâmetros fitossociológicos, sendo: grau de cobertura muito pequeno, cobrindo entre 1 e 10% da superfície (grau médio de cobertura: 5%); entre 10 e 25% de cobertura da superfície (grau médio de cobertura: 17,5%); entre 25 e 50% (grau médio de cobertura: 37,5%); entre 50 e 75% (grau médio de cobertura: 62,5%); entre 75 e 100% (grau médio de cobertura: 87,5%).

Todas as espécies foram classificadas em grupos ecológicos de acordo com metodologia proposta por Pedralli (1990): submersa fixa, submersa livre, flutuante fixa, flutuante livre, emergentes, anfíbias e epífitas. Para apresentação da lista de espécies foi

utilizado o sistema de classificação APG III (2009), junto aos dados referentes às formas biológicas.

### **Biomassa**

Para estimativa das espécies foi utilizado um quadrado de 0,5 x 0,5 em cada ponto com três repetições, totalizando 30 amostras por coleta. Todas as plantas contidas nessa área foram coletadas, lavadas, colocadas em sacos plásticos e identificadas. O material triado foi levado para estufa a 60°C até atingir peso constante e os resultados expressos em grama de peso seco por metro quadrado (g.PS/m<sup>2</sup>).

### **Análise dos dados**

Com os dados de grau de cobertura foram estimados os parâmetros fitossociológicos da comunidade de macrófitas, sendo estes: frequência absoluta (FA), frequência relativa (FR), área de cobertura (AC), valor de cobertura (VC) e valor de cobertura relativa (CR), segundo Braun-Blanquet (1979) e Rebellato (2005). Os cálculos foram feitos no MS Excel (versão 2010), onde também foram calculados os valores aritméticos máximo, mínimo e médio dos dados abióticos.

A riqueza de espécies (S), a equitabilidade (E) e o índice de diversidade de Shannon-Wiener foram estimados com o programa Past, a partir dos dados de cobertura. O índice de diversidade de Shannon (H') considera peso igual entre as espécies raras e abundantes (Magurran 1988), e é o índice mais usado para medir diversidade de comunidades, uma vez que engloba tanto a riqueza quanto a equitabilidade. Os valores de diversidade se elevam com o aumento da riqueza de espécies e equitabilidade.

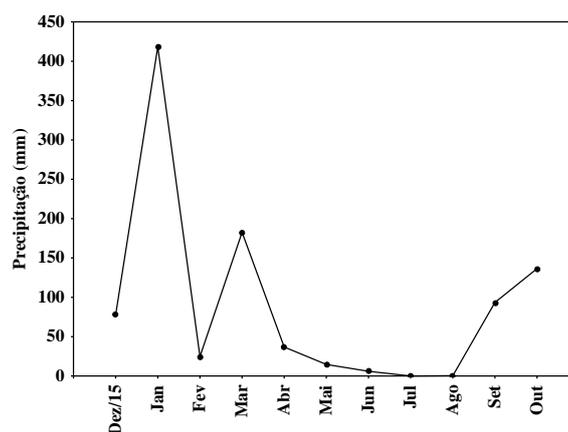
Para avaliar possíveis semelhanças entre as comunidades de macrófitas aquáticas coletadas entre os períodos amostrais foi utilizado o coeficiente de similaridade de Bray-Curtis, através do programa Past. A partir da matriz de similaridade foi gerado um dendrograma com base na composição de espécies entre os meses de coleta, com valores que variam de 0 a 1. Quanto maior o valor mais alto a similaridade.

A variação sazonal da biomassa das macrófitas foi avaliada por meio de análise de variância. A biomassa foi calculada somando os valores de cada espécie para obtenção das médias mensais, sendo consideradas para comparação as espécies de maior massa seca (g.PS/m<sup>2</sup>).

## Resultados

### Variáveis abióticas

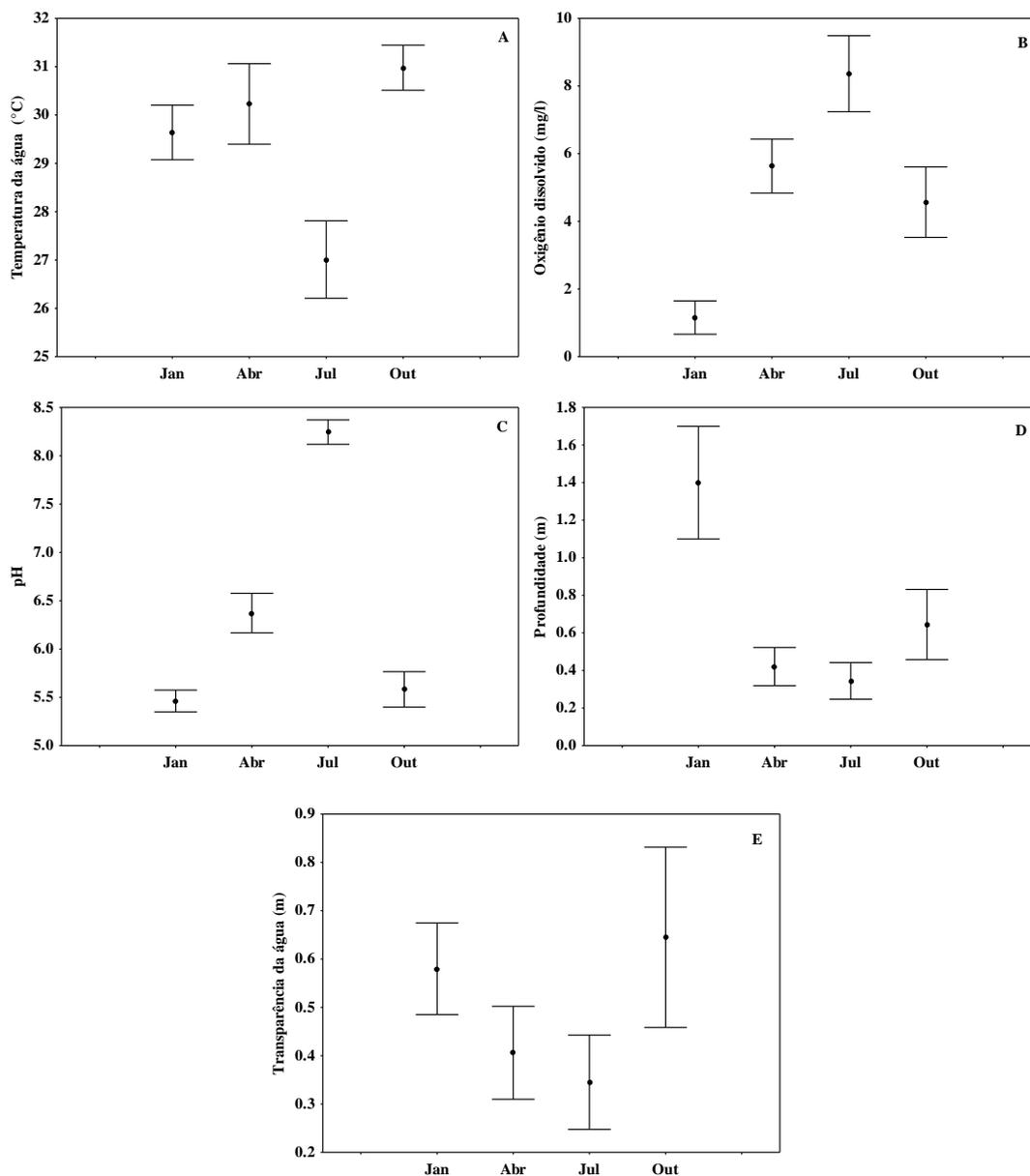
Os valores mensais dos índices de precipitação pluviométrica no período de dezembro de 2015 a outubro de 2016 para o município de Porto Nacional - Tocantins apontam um valor máximo registrado em torno de 450 mm no mês de janeiro. Não houve registro de chuva nos meses de julho e agosto de 2016 (Fig. 2).



**Figura 2.** Índice pluviométrico (mm) do município de Porto Nacional - Tocantins, entre os meses de dezembro de 2015 a outubro de 2016

Para a temperatura da água no período de coleta foi registrado um valor mínimo de 24,8°C (julho/2016), um valor máximo de 32°C (outubro/2016), obtendo uma média de 29,4°C, com desvio padrão (DP) de 0,20 (Fig. 3A). O valor médio de oxigênio dissolvido foi de 4,93 mg/L, com valor mínimo de 0,4 mg /L, em janeiro, e máximo de 10,13 mg O<sub>2</sub>/L, em julho (DP=1,14) (Fig. 3B). Em geral, os dados de temperatura da água e oxigênio dissolvido apresentaram valores antagônicos. Para o pH da água foi registrado um valor máximo de 8,58 (julho), mínimo de 5,2 (janeiro) e média de 6,41 (DP=2,87), apresentando uma amplitude de variação considerável (Fig. 3C). O nível de pH variou entre ácido e ligeiramente alcalino. Os níveis de pH foram equivalentes aos de oxigênio dissolvido.

A média para a profundidade foi de 0,7 m, com valor máximo de 2,4 m, em janeiro e valor mínimo de 0,1 m, em julho, (DP=0,49) (Fig. 3D). Os valores de transparência da coluna da água apresentaram mínima de 0,1 m e máxima de 1,3 m, com média de 0,49m (DP=0,20), implicando em transparência total em quase todo o período de coleta, sendo maior em julho devido à menor profundidade (Fig. 3E).



**Figura. 2** Variação sazonal das variáveis ambientais: temperatura da água (A), oxigênio (B), pH (C), profundidade (D) e transparência (E)

### Grau de cobertura

Houve registro de 10 espécies, distribuídas em seis famílias, durante o período amostral, sendo que uma espécie não foi identificada, ocorrida apenas no mês de julho (Tab. 1). A maioria das espécies identificadas faz parte do grupo ecológico das flutuantes fixas (três), pertencentes às famílias Onograceae, Poaceae e Pontederiaceae, com destaque para *Eichhornia azurea*, que foi a espécie mais abundante deste grupo. As espécies mais frequentes em todo o período de coleta foram *Najas microcarpa* (submersa fixa) e *Oxycaryum cubense* (emergente), pertencentes às famílias Najadaceae e Cyperaceae, respectivamente, e, portanto, as de maior cobertura relativa (CR).

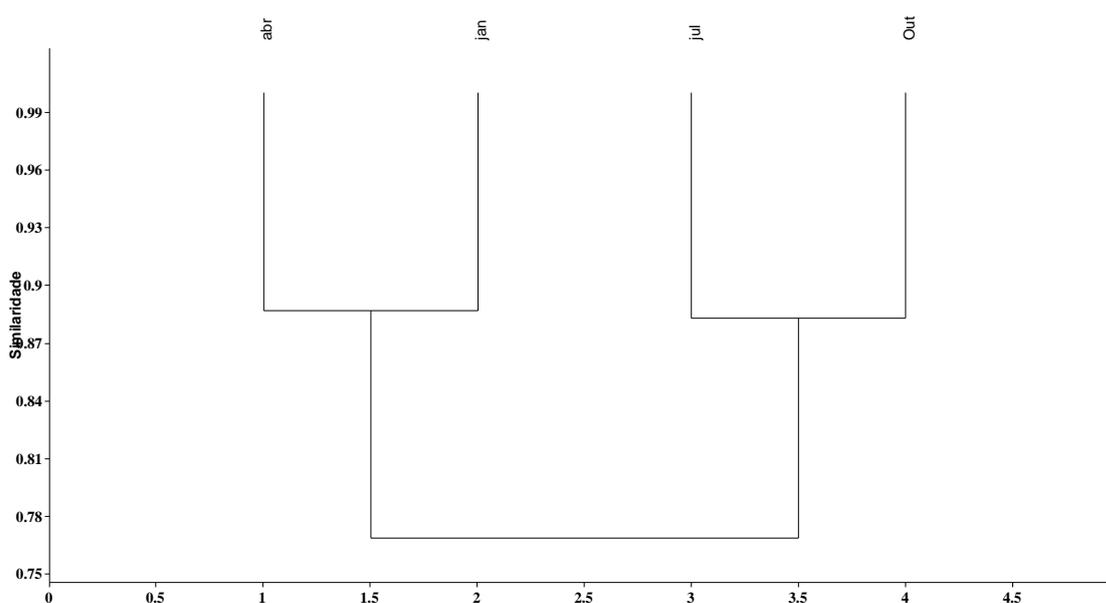
Das nove espécies identificadas, *Ludwigia sedoides*, que ocorreu apenas em janeiro (chuvoso) e abril (vazante), *Paspalum repens*, em janeiro (chuvoso) e julho (seco), ambos flutuantes fixos, e *Brachiaria mutica* (janeiro), anfíbia, foram as que registraram menor frequência (FA e FR) e cobertura relativa (CR). *Salvinia auriculata* (Salvineaceae), espécie flutuante livre, apresentou alto valor de frequência e cobertura em janeiro e abril, seguido de um declínio significativo em julho e outubro (seco e início chuvoso), enquanto *Najas microcarpa*, *Oxycaryum cubense* e *Eichhornia azurea* assumiram valores constantes em todo o período de coleta. Cyperaceae, Poaceae e Pontederiaceae foram as famílias que concentraram maior número de espécies, portanto as de maior riqueza (S). *Salvinia auriculata* teve seu grau de cobertura fortemente ligado ao período chuvoso, em especial no mês de janeiro (38,98%), período de maior precipitação pluviométrica no respectivo ano. Apesar de seu valor estável em todos os meses, *Eichhornia azurea* evidenciou um aumento na cobertura relativa no mês de julho (22,6%), período seco. *Pontederia parviflora* teve sua ocorrência ligada ao período chuvoso.

**Tabela 1.** Composição florística da região ecotonal do reservatório da Usina Hidrelétrica Luís Eduardo Magalhães - Tocantins com o rio Areias, constituindo os valores de riqueza de espécies (S), Equitabilidade (E), índices de diversidade de Shannon-Wiener (H'), formas biológicas (grupos ecológicos), valores de frequência absoluta (FA), frequência relativa (FR) e cobertura relativa (CR), no período de coleta (janeiro, abril, julho e outubro de 2016)

		Jan				Abr				Jul				Out			
		Riqueza de espécies (S)				Equitabilidade (E)				Diversidade de Shannon-Wiener (H')							
		10				6				7				6			
		0,75				0,85				0,71				0,78			
		1,73				1,53				1,38				1,4			
Famílias/Espécies	Grupos Ecológicos	Frequência Absoluta				Frequência Relativa				Cobertura relativa							
		Jan	Abr	Jul	Out	Jan	Abr	Jul	Out	Jan	Abr	Jul	Out				
<b>CYPERACEAE</b>																	
<i>Eleocharis interstincta</i> (Vahl) Roem. & Schult.	Emergente	6,67		3,33	23,33	1,85		1,35	9,86	1,24		1,92	12,13				
<i>Oxycaryum cubense</i> (Poepp. & Kunth) Lye	Epífita	93,33	76,67	83,33	73,33	25,93	26,74	33,78	30,99	28,77	31,63	34,89	37,34				
<b>NAJADACEAE</b>																	
<i>Najas microcarpa</i> K. Schum.	Submersa fixa	96,67	96,67	93,33	93,33	26,85	33,72	37,84	39,44	21,62	31,68	35,27	30,46				
<b>ONAGRACEAE</b>																	
<i>ludwigia sedoides</i> (H.B.K.) Hara	Flutuante fixa	6,67	6,67			1,85	2,33			0,18	0,82						
<b>POACEAE</b>																	
<i>Brachiaria mutica</i> (Forssk.) Stapf	Anfíbia	3,33				0,93				0,32							
<i>Paspalum repens</i> Berg.	Flutuante fixa	3,33		3,33		0,93		1,35		0,09		1,37					
<b>PONTERIACEAE</b>																	
<i>Eichhornia azurea</i> (Sw.) Kunth	Flutuante fixa	33,33	30,00	46,67	36,67	9,26	10,47	18,92	15,49	5,77	13,11	22,60	16,86				
<i>Pontederia parviflora</i> Alexander	Emergente	20,00	16,67		3,33	5,56	5,81		1,41	3,02	5,64		0,85				
<b>SALVINIACEAE</b>																	
<i>Salvinia auriculata</i> Aubl.	Flutuante livre	96,67	60,00	13,33	6,67	26,85	20,93	5,41	2,82	38,98	17,12	3,84	2,37				
<b>N. IDENTIFICADA (NI)</b>																	
Sp				3,33				1,35				0,11					

Quanto à distribuição de espécies, os valores de equitabilidade sugeriram alta uniformidade, principalmente no mês de abril ( $E=0,85$ ), indicando menor dominância. A riqueza de espécies e o índice de diversidade de Shannon foram maiores no mês de janeiro ( $S=10$ ;  $H'=1,73$  nats/ind), por outro lado,  $H'$  assumiu valor menor no mês de julho ( $H'=1,38$  nats/ind). O valor de riqueza foi menor em abril e outubro, períodos de transição ( $S=6$ ). Desta forma, a maior diversidade de espécies esteve relacionada com o período chuvoso.

Os resultados indicam que a similaridade foi considerada alta, mostrando não haver diferença entre os meses de coleta quanto à composição de macrófitas aquáticas. O dendrograma agrupou os períodos (meses) em dois subgrupos, similares entre si (Fig. 4). O primeiro subgrupo foi constituído por janeiro e abril, meses de maior diversidade específica, seguido do outro subgrupo, constituído por julho e outubro, que apresentou diversidade pouco menor. Os índices de similaridade de janeiro/abril e julho/outubro corresponderam a ordens próximas de 0,89 e 0,88, respectivamente.



**Figura 4** Dendrograma gerado a partir do índice de similaridade de Bray-Curtis entre os meses de coleta na área de transição entre o reservatório da Usina Hidrelétrica Luís Eduardo Magalhães e o rio Areias

Na Tabela 2, são apresentados os valores máximo, mínimo, médio e desvio padrão das espécies dominantes *Eichhornia azurea*, *Najas microcarpa*, *Oxycaryum cubense* e *Salvinia auriculata*, em relação aos períodos amostrais. *E. azurea* apresentou valores médios mensais de biomassa que variaram de 59,38 g.PS/m<sup>2</sup> (janeiro) a 161,46 g.PS/m<sup>2</sup>

(julho). Os valores de biomassa de *N. microcarpa* apresentou uma variação 13,76 g.PS/m<sup>2</sup> (janeiro) a 35,63 g.PS/m<sup>2</sup> (julho). A espécie *O. cubense* apresentou valores que variaram de 108,69 g.PS/m<sup>2</sup> no mês de (janeiro) a 157,95 g.PS/m<sup>2</sup> em (julho). Subsequente, *S. auriculata* exibiu biomassa 26,61 g.PS/m<sup>2</sup> (abril) a 84,74 g.PS/m<sup>2</sup> (outubro).

**Tabela 2.** Biomassa de *Eichhornia azurea*, *Najas microcarpa*, *Oxycaryum cubense* e *Salvinia auriculata* na área de transição entre o reservatório da Usina Hidrelétrica Luís Eduardo Magalhães e o rio Areias; Valores máximo, mínimo, médio e desvio padrão (DP) (g.PS/m<sup>2</sup>)

Período		<i>E. azurea</i>	<i>N. microcarpa</i>	<i>O. cubense</i>	<i>S. auriculata</i>
Jan	Máximo	159,04	93,48	283,16	174,24
Abr		351,68	161,52	415,32	126,00
Jul		334,64	88,60	393,96	98,12
Out		193,60	114,12	268,00	168,28
Jan	Mínimo	18,00	1,96	14,20	4,56
Abr		0,80	0,60	0,60	0,80
Jul		35,32	3,20	11,80	4,32
Out		17,72	1,00	7,80	1,20
Jan	Média	59,38	13,76	108,69	61,27
Abr		138,70	27,56	147,13	26,61
Jul		161,46	35,63	157,95	34,46
Out		108,52	31,60	119,08	84,74
Jan	DP	53,22	21,83	76,47	49,08
Abr		124,53	42,05	106,68	38,57
Jul		102,35	30,67	107,56	42,92
Out		54,74	32,12	71,69	118,14

Portanto, *E. azurea*, *N. microcarpa* e *O. cubense* apresentaram maior biomassa no mês de julho, período amostral de menor precipitação pluviométrica e, conseqüentemente, diminuição do nível de água do reservatório. Em contrapartida, *S. auriculata* teve valores reduzidos nos períodos amostrais mais secos (abril e julho). *O. cubense* manteve níveis de biomassa altos e constantes ao longo de todo o período amostrado.

## Discussão

Vários fatores bióticos e abióticos restringem o crescimento de macrófitas aquáticas, destacando-se, temperatura, luminosidade, profundidade, pH, disponibilidade de nutrientes, competição, facilitação e herbivoria (Camargo et al. 2003; Lacoul e Freedman. 2006). A temperatura é fundamental quanto às concentrações de oxigênio dissolvido em lagoas tropicais (Esteves 1998). Neste estudo, as concentrações de oxigênio foram maiores

no mês de julho, período onde a temperatura da água foi menor, havendo então, uma relação contrária entre as duas variáveis. Os resultados implicam dizer que o aumento da temperatura da água diminui a dissolubilização do oxigênio.

O aumento da temperatura também provoca aumento nas taxas de decomposição (Thomaz et al. 1992), processo pelo qual há maior consumo de oxigênio na água (Pagioro e Thomaz 1999). Ainda, foi verificado que durante o inverno níveis de oxigênio dissolvido variam menos, sendo que isso pode estar associado à menor decomposição de matéria orgânica e à maior circulação da água em ambientes (Thomaz et al. 1997). Sendo assim, os valores de oxigênio podem aumentar em ambientes com características lênticas, como os reservatórios.

Uma maior transparência da coluna de água foi observada no rio Areias, no mês de julho, coincidindo com altas taxas de oxigênio dissolvido. Tal resultado está relacionado ao fato de que, uma maior intensidade de luz acarreta em altas taxas de fotossíntese, aumentando a oxigenação nas regiões colonizadas por macrófitas aquáticas (Howard-Williams e Lenton 1975). Isto explica a correlação entre os níveis de transparência, oxigênio e pH, este último, pouco alcalino. Os processos fotossintéticos da vegetação aquática pode acarretar no aumento do pH do meio aquático (a não ser quando apresenta alta alcalinidade), e a diminuição deste está relacionada com o aumento da decomposição (Esteves 1998).

No reservatório da Usina Hidrelétrica Luís Eduardo Magalhães – UHE Lajeado, em seus primeiros anos de operação, constatou-se a presença de 50 táxons distribuídas em 19 famílias, sendo que no rio Areias verificou-se a segunda maior riqueza entre os tributários estudados (Lolis e Thomaz 2011), com 32 espécies presentes (Lolis, S. F. - comunicação pessoal). Neste estudo verificou-se um considerável declínio da riqueza de espécies para o mesmo local, explicada pelo grande aporte de nutrientes disponíveis na fase inicial dos reservatórios (Filippo 2003). Após estabilidade do reservatório de Lajeado, populações de macrófitas aquáticas que se adaptaram melhor ao ambiente, sobreviveram e estabeleceram-se no local. Isto porque durante uma sucessão ambiental pode ocorrer alteração de populações de plantas aquáticas e, inclusive, de grupos ecológicos (Thomaz 2002). O estabelecimento da vegetação aquática também decorre de processos como herbívora, competição (Janes et al. 1996; Camargo e Florentino 2000) e outros fatores (bióticos e abióticos), citados anteriormente.

*Najas microcarpa*, *Oxycaryum cubense* e *Eichhornia azurea*, seguidas de *Salvinia auriculata*, foram as espécies de maior cobertura no rio Areias. *O. cubense* e *S. auriculata*

formaram extensos bancos nos primeiros anos de formação do reservatório Luis Eduardo Magalhães, sendo que *O. cubense* é uma planta epífita de outras espécies de macrófitas aquáticas no início de seu desenvolvimento, inclusive de *E. azurea* e *S. auriculata* (Lolis 2008). No rio Paraná foi descrito pela primeira vez um caso de epifitismo envolvendo plantas aquáticas, com o desenvolvimento de *O. cubense* sobre *Salvinia minima* (Tur 1965). O epifitismo aquático ocorre com estabelecimento sobre espécies flutuantes (Pedralli 2000), associação denominada de ilha flutuante (Cuadrado e Neiff 1993), bem presente nas ilhas do Pantanal (Pivari, Pott e Pott 2008). Com o tempo, as espécies flutuantes deixam de se constituir substratos para fixação de epífitas, dando lugar a solos orgânicos, chamados de baceiros (Pott e Pott 2000). Essa substituição foi observada em campo com a espécie *O. cubense*, estabelecida em camadas de solos flutuantes. Este solo orgânico formou-se a partir da decomposição de macrófitas aquáticas acumuladas em suas raízes (Lima et al. 1999), principalmente *Salvinia auriculata*.

A maior riqueza e diversidade de espécies foram verificadas no período de maior precipitação pluvial, destacando *N. microcarpa* e *S. auriculata*. Esta última, seguida de *P. parviflora*, estiveram fortemente ligadas ao período chuvoso, quando as concentrações de oxigênio foram menores e a temperatura da água aumentou. O aumento da temperatura implica no aumento da taxa de decomposição de matéria orgânica, como já citado. A decomposição de *S. auriculata* diminui o oxigênio da água (Pott e Pott 2000).

A biomassa de *S. auriculata* foi alta em outubro (início das chuvas) e janeiro, fato que possivelmente incrementou o processo de decomposição, aumentando o consumo de oxigênio dissolvido na água. Estrategicamente, a espécie tem maior produção de esporocarpos no período de altas taxas populacionais a fim de que na seca ocorra reprodução assexuada, como garantia de sua sobrevivência (Coelho et al. 2005).

A maior produtividade de biomassa de *E. azurea* e *N. microcarpa* ocorreram no período seco (julho), com influência do níveis baixos de água e menor temperatura. A temperatura interfere diretamente sobre a produtividade das macrófitas aquáticas, causando adaptações na produção de sua biomassa (Ludlow 1987). Estudos com *Eichhornia crassipes* (Pontederiaceae) comprovam que a produção de biomassa de macrófitas aquáticas é acelerada por altas temperaturas (Kufner et al. 2011).

De modo geral, a biomassa não apresentou diferença significativa. Autores afirmam que em regiões tropicais há pequena variação da biomassa no decorrer do ano, pois sua produtividade é influenciada pelo clima constante (Esteves 1998).

*N. microcarpa* foi a única espécie submersa amostrada, porém a mais frequente. O aumento de nutrientes na coluna de água favorece a ocorrência de macrófitas aquáticas flutuantes e de algas planctônicas, sucessivamente há diminuição da radiação subaquática ocorrendo perda de espécies submersas (Bini et al. 1999; Thomaz et al. 2006). Porém o fato da espécie ter sido a mais abundante demonstra que pode haver flexibilidade entre interações interespecíficas (Ricklefs 2010) e outros fatores influenciam na dinâmica da vegetação aquática.

Em geral, espécies diferentes coexistindo num mesmo ambiente aquático, competem por recursos e por isso não apresentam crescimento igual (Neiff 2000). No entanto, a similaridade florística amostrada neste estudo foi considerada alta. Na verdade, a coexistência de espécies pode ser promovida ou limitada pelas interações interespecíficas (Ricklefs 2003). Em estudo sobre macrófitas aquáticas submersas verificou-se que a competição interespecífica é pouco significativa e que a utilização de recursos diferentes e a heterogeneidade espacial promovem a coexistência das espécies (Chambers e Prepas 1990). Sendo assim, a competição pode separar ou promover adaptações que facilitam a coexistência de espécies semelhantes (Odum 1988).

Um caso de facilitação de espécies é o epifitismo de *O. cubense* associada a outras espécies, como *S. auriculata* e *E. azurea*, entretanto o crescimento das espécies é limitado por outros fatores, bióticos ou abióticos, e não somente pelas interações entre elas. As plantas aquáticas hospedeiras podem ser chamadas de plantas-berçário, que são indivíduos que facilitam a germinação e o estabelecimento de outra espécie (Ricklefs 2010).

Portanto, os resultados apresentados indicam que a riqueza e diversidade de espécies foi mais elevada no período chuvoso, quando as 10 espécies estiveram presentes. Em contrapartida, a biomassa atingiu maiores valores no período seco. As espécies de maior cobertura e frequência relativa foram *N. microcarpa*, *O. cubense* e *E. azurea*. As macrófitas aquáticas *S. auriculata* e *P. parviflora* tiveram sua ocorrência relacionada ao período chuvoso. *O. cubense* manteve níveis elevados e constantes de cobertura e biomassa em todas as amostras, revelando grande adaptabilidade ao meio. As variáveis ambientais que mais influenciaram na dinâmica das macrófitas aquáticas amostradas no rio Areias foram a precipitação pluviométrica e a temperatura da água.

Tanto em relação à cobertura quanto à biomassa não houve diferença significativa entre os meses e a similaridade florística foi elevada. Em resposta ao ambiente estável verificou-se o estabelecimento de poucas espécies no afluente. A sobrevivência das

macrófitas aquáticas melhor sucedidas implica em interações interespecíficas que facilitaram a coexistência das espécies ao ecossistema aquático estudado.

**Agradecimentos** À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes) pela bolsa de estudo. Ao colegiado do Programa de Pós-Graduação em Ecologia de Ecótonos da Universidade Federal do Tocantins. Ao Núcleo de Estudos Ambientais (NEAMB/UFT) e ao Laboratório de Taxonomia Vegetal da Universidade Federal do Tocantins.

## Referências

- Agostinho AA, Gomes LC (1997) Reservatório de Segredo: bases ecológicas para o manejo. Maringá: Eduem, cap. 17, pp 319-364
- APG III (2009) An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG III. Botanical Journal of the Linnean Society, 161: 105-121
- Bini LM et al. (1999) Aquatic macrophyte distribution in relation to water and sediment conditions in the Itaipu Reservoir, Brazil. Hydrobiologia, 415: 147-154
- Braun-Blanquet J (1979) Fitossociologia. Bases para el estudio de las comunidades vegetales. Ed. Blume, Madrid
- Camargo AFM, Florentino ER (2000) Population dynamics and net primary production of the aquatic macrophyte *Nymphaea rudgeana* C. F. Mey in a lotic environment of the Itanhaém River basin (SP, Brazil). R. Bras. Biol., 60(1):83-92
- Camargo AFM, Pezzato MM, Henry-Silva GG (2003) Fatores limitantes à produção primária de macrófitas aquáticas. In: Thomaz SM, Bini LM (Eds.) Ecologias e manejo de macrófitas aquáticas. Maringá: Eduem, pp 319-341
- Coelho FF, Lopes FS, Sperber CF (2005) Persistence strategy of *Salvinia auriculata* Aublet in temporary ponds of Southern Pantanal, Brazil. Aquatic Botany, Amsterdam, 81: 343-352

- Chambers, PA e Prepas, EE (1990). Competition and coexistence in submerged aquatic plant communities: the effects of species interactions versus abiotic factors. *Freshwater Biology*, 23: 541-550
- Cuadrado GA e Neiff JJ (1993) Palynology of embalsados in dystrophic lakes in Northeastern of Argentina. *Revista Brasileira de Biologia* 53: 443-451
- Esteves FA (1998) Fundamentos de limnologia. 2ed. Rio de Janeiro: Interciência, FINEP, 575p
- Ferreira FA, Mormul RP, Pedralli G, Pott VJ, Potti A (2010) Estrutura da comunidade de macrófitas aquáticas em três lagoas do Parque Estadual do Rio Doce, Minas Gerais, Brasil. *Hoehnea* 37(1): 43-52
- Fillipo, R (2003) Colonização e regressão da comunidade de macrófitas aquáticas no reservatório da UHE Serra da Mesa - Goiás. In: Thomaz SM, Bini LM (Eds.) *Ecologia e manejo de macrófitas aquáticas*. Maringá: Eduem, pp 281-297
- Howard-Williams C, Lenton GM (1975) The role of the littoral zone in functioning of a shallow tropical lake ecosystem. *Freshwater Biology*, 5:445-459
- INVESTCO 2002. Plano de conservação e usos múltiplos do reservatório da Usina Hidroelétrica Luis Eduardo Magalhães - UHE Lajeado Tocantins. Instituto Internacional de Ecologia, 252 p
- Janes RA, Eaton JW, Hardwick K (1996) The effects of floating mats of *Azolla filiculoides* Lam. and *Lemna minuta* Kunth on the growth of submerged macrophytes. *Hydrobiologia*, 340:23-26
- Junk, WJ, Piedade MT (1993) Biomass and primary-production of herbaceous plant communities in the Amazon floodplain. *Hydrobiologia*, 263: 155-162
- Kufner DCL, Scremin-Dias E, Guglieri-Caporal A (2011) Composição florística e variação sazonal da biomassa de macrófitas aquáticas em lagoa de meandro do Pantanal. *Rodriguesia* 62 (4): 803-812
- Lacoul P, Freedman B (2006) Environmental influences on aquatic plants in freshwater ecosystems. *Environmental Review*, Denver, 14(2): 89-136
- Leite EF, Nunes AB, Costa JF, Nunes JC, Barros ML (2014) Panorama das condições ambientais na Bacia Hidrográfica do Rio Areias, Tocantins. *Interface*, 7: 117-126

- Lima ZM, Paula AM, Sérgio EC, Soares CR, Macedo M (1999) Aspectos ecológicos da dispersão em “camalotes” de macrófitas aquáticas na Baía Piuvial, Pantanal de Poconé – MT, pp 381-385. In: Anais do II Simpósio sobre Recursos Naturais e Sócio-Econômicos do Pantanal. Manejo e Conservação. Corumbá, EMBRAPA-DDT
- Lolis SF (2008) variação temporal da biomassa de *Oxycaryum cubense* (Poepp. & Kunth) Lye (Cyperaceae) e *Salvinia auriculata* Aubl. (Salviniaceae) no reservatório Luís Eduardo Magalhães-TO, Brasil. Defesa: 09 de maio 2008. 91p. Tese – Universidade Estadual de Maringá
- Lolis SF, Thomaz SM (2011) Monitoramento da composição específica da comunidade de macrófitas aquáticas no reservatório Luís Eduardo Magalhães. Planta Daninha, Viçosa-MG, 29(2): 247-258
- Ludlow M.M. (1987) Light stress at high temperature. In: Kylem DJ Osmondm CB, Arntzenm CJ (Eds.). Photoinhibition (9). 2ed. Elsevier Science Publishers, Amsterdam, pp 90-107
- Magurran, AE (1988) Ecological diversity and its measurement. New Jersey: Princeton University Press, 179 p
- Michelan TS, Thomaz SM, Mormull RP, Carvalho P (2010) Effects of an exotic invasive macrophyte (tropical signalgrass) on native plant community composition, species richness and functional diversity. Freshwater Biology, 55(13): 1315-1326.
- Neiff, JJ et al. (2000) Prediction of colonization by macrophytes in the Yciretá reservoir of the Paraná river (Argentina and Paraguay). Brazilian Journal of Biology, 60: 615-626
- Odum, EP (1988) Ecologia. Tradução: Christopher J. Tribe. Supervisão da tradução: Ricardo Iglesias Rios. Título original em inglês: Basic ecology. Rio de Janeiro: Ed. Guanabara, 434 p
- Pagioro TA, Thomaz, SM (1999) Influence of the decomposition of *Eichornia azurea* on selected abiotic limnological variables of different environments of the floodplain of the High Paraná River. *Acta Limnologica Brasiliensia*, Botucatu, 11(2):157-171
- Paiva MP (1982) Grandes represas do Brasil. Brasília: Editerra, 292 p
- Pedralli G (1990) Macrófitas Aquáticas: Técnicas e Métodos de Estudos. Estudos de Biologia. Educa: Curitiba, 26: 5-24

- Pedralli G (2000) Padrões florísticos como subsídios à conservação da biodiversidade de macrófitas aquáticas. In: Tópicos Atuais em Botânica, Brasília, Embrapa – Recursos Genéticos e Biotecnologia, Sociedade Botânica do Brasil, pp 335-339
- Pedralli G (2003) Macrófitas aquáticas como bioindicadores da qualidade de água: alternativa para usos múltiplos de reservatórios. In: Thomaz SM, Bini LM, Ecologia e manejo de macrófitas aquáticas (Eds), Maringá: Eduem, pp 171-188
- Pivari MO, Pott VJ e Pott A (2008) Macrófitas aquáticas de ilhas flutuantes (baceiros) nas sub-regiões do Aobral e Miranda, Pantanal, MS, Brasil. *Acta bot. bras.* 22(2): 563-571
- Pompêo MLM (1999) As macrófitas aquáticas em reservatórios tropicais: aspectos ecológicos e propostas de monitoramento e manejo. In: Pompêo MLM (Eds), *Perspectivas da Limnologia no Brasil*, São Luís: Gráfica e Editora União, São Luís, Brasil, pp 105-119
- Ribeiro MCLB, Petreire - Junior M, Juras AA (1995) Ecological integrity and fisheries ecology of the Araguaia – Tocantins river basin, Brazil. *Regulated Rivers: Research & Management*, 11: 325-350
- Pott VJ, Pott, A (2000) Plantas aquáticas do Pantanal. Centro de Pesquisa Agropecuária do Pantanal (Corumbá, MS). Brasília: Embrapa, 404 p
- Rebellato L, Nunes da Cunha, C (2005). Efeito do fluxo sazonal mínimo da inundação sobre a composição e estrutura de um campo inundável no Pantanal de Poconé, MT, Brasil. *Acta Botanica Brasilica* 19(4): 789-799
- Ricklefs RE (2003) *A economia da natureza*. 5ed. Rio de Janeiro, Guanabara: Koogan, 503p
- Ricklefs RE (2010) *A Economia da Natureza*. 6. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 572p.
- Rooney N, Kalff J (2000) Inter-annual variation in submerged macrophyte community biomass and distribution: the influence of temperature and lake morphometry. *Aquatic Botany*, 68(4): 321-335
- Thomaz SM (2002) Fatores ecológicos associados à colonização e ao desenvolvimento de macrófitas aquáticas e desafios de manejo. *Planta Daninha*, Rio de Janeiro, 20: 21-33 Edição especial.

- Thomaz SM (2006) Fatores que afetam a distribuição e o desenvolvimento de macrófitas aquáticas em reservatório: uma análise em diferentes escalas. In: Nogueira MG, Henry R, Jorcin A. (Eds.). *Ecologia de reservatório: Impactos potenciais, ações de manejo e sistema cascata*. 2.ed. São Carlos: Rima, pp 165-181
- Thomaz SM, Bini LM e Pagioro TA (2003) Macrófitas aquáticas em Itaipu: ecologia e perspectivas para o manejo. In: Thomaz, S.M., Bini, L.M. (Eds.), *Ecologia e Manejo de Macrófitas Aquáticas*. Maringá: Eduem, pp 319-341
- Thomaz SM, Roberto MC, Bini, LM (1997) Caracterização dos ambientes aquáticos e influência dos níveis fluviométricos. In: Vazzoler AEAM, Agostinho AA & Hahn NS. *A planície de inundação do alto rio Paraná: aspectos físicos, biológicos e sócio econômicos*, 1.ed, Maringá: Eduem, pp 73-102
- Thomaz SM, Roberto MC, Esteves FA, Lima, AF (1992) Influência do regime hidrológico do rio Paraná sobre os valores de transparência, oxigênio dissolvido e clorofila – a de três lagoas de sua várzea. *Revista Unimar, Maringá, PR*, 14: 153-162
- Tundisi JG (1985) Represas artificiais: Perspectivas para o controle e manejo da qualidade da água para usos múltiplos. In: *Anais do IV Simpósio Brasileiro de Hidrologia e Recursos Hídricos*, São Paulo, SP, pp 36-59
- Tur NM (1965) Un caso de epifitismo acuático. *Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica* 10: 323-327

## **CAPÍTULO 2**

# **CARACTERIZAÇÃO FUNCIONAL TRÓFICA DE MACROINVERTEBRADOS ASSOCIADOS A MACRÓFITAS AQUÁTICAS NA ÁREA DE TRANSIÇÃO ENTRE O RESERVATÓRIO DA USINA HIDRELÉTRICA LUÍS EDUARDO MAGALHÃES E O RIO AREIAS, SEU AFLUENTE**

---

**CARACTERIZAÇÃO FUNCIONAL TRÓFICA DE MACROINVERTEBRADOS  
ASSOCIADOS A MACRÓFITAS AQUÁTICAS NA ÁREA DE TRANSIÇÃO  
ENTRE O RESERVATÓRIO DA USINA HIDRELÉTRICA LUÍS EDUARDO  
MAGALHÃES E O RIO AREIAS, SEU AFLUENTE**

**Resumo** A comunidade de macroinvertebrados associados a macrófitas aquáticas no trecho de transição entre o rio Areias e o reservatório da Usina Hidrelétrica Luís Eduardo Magalhães - Tocantins, foi investigada para testar a hipótese de que a cobertura e biomassa da vegetação aquática influenciam na diversidade e abundância destes indivíduos. As espécies de macrófitas aquáticas de maior cobertura e biomassa, *Najas microcarpa*, *Oxycaryum cubense*, *Salvinia auriculata* e *Eichhornia azurea*, serviram de referência para relacionar os dados dos macroinvertebrados associados. As coletas ocorreram nos meses de janeiro, abril, julho e outubro de 2016 em 10 pontos amostrais. Os macroinvertebrados foram retirados da vegetação aquática e categorizados conforme o método de aquisição de alimento, sendo separados em grupos funcionais tróficos (GFTs). Foram analisadas variáveis ambientais, densidade numérica, abundância, frequência e constância de ocorrência, diversidade de Shannon-Wiener, similaridade de Bray-Curtis e teste de Tukey (Anova). Ainda avaliou-se o nicho alimentar dos invertebrados. A análise dos grupos funcionais tróficos de macroinvertebrados mostrou a dominância dos raspadores, representada por indivíduos da classe Gastropoda, seguidos dos predadores-engolidores, com destaque para Libellulidae (Odonata). Os resultados mostraram pouca variabilidade da macrofauna e dos grupos funcionais tróficos, como resposta à estabilidade do reservatório, indicando assim exclusão competitiva.

**Palavras-chave** Abundância · Diversidade · Grupo funcional trófico · Nicho trófico · Plantas aquáticas

**Abstract** The community of macroinvertebrates associated to aquatic macrophytes in the transition stretch between the Areias River and the reservoir of the Luis Eduardo Magalhaes - Tocantins Hydroelectric Power Plant was investigated to test the hypothesis that the cover and biomass of the aquatic vegetation influence the diversity and abundance of these individuals. The species of aquatic macrophytes of greater coverage and biomass, *Najas microcarpa*, *Oxycaryum cubense*, *Salvinia auriculata* and *Eichhornia azurea*, served

as reference to relate the data of the associated macroinvertebrates. The collections occurred in the months of January, April, July and October of 2016 in 10 sample points. The macroinvertebrates were removed from the aquatic vegetation and categorized according to the food acquisition method, being separated into functional trophic groups (GFTs). Environmental variables, numerical density, abundance, frequency and constancy of occurrence, Shannon-Wiener diversity, Bray-Curtis similarity, and Tukey's test (Anova) were analyzed. The invertebrate food niche was also evaluated. The analysis of the trophic functional groups of macroinvertebrates showed the dominance of the scrapers, represented by Gastropoda class, followed by predators-swallowers, especially Libellulidae (Odonata). The results showed little variability of macrofauna and trophic functional groups in response to reservoir stability, thus indicating competitive exclusion.

**Keywords** Abundance · Diversity · Trophic functional group · Trophic niche · Aquatic plants

## Introdução

As plantas aquáticas têm papel determinante na estruturação dos habitats ocupados pelas comunidades da fauna aquática, contribuindo para o aumento na heterogeneidade estrutural dos habitats, interferindo na diversidade biológica, nas relações interespecíficas e a produtividade do sistema (Agostinho et al. 2003). A diversidade da fauna é influenciada pela complexidade do banco de macrófitas aquáticas, em diversas escalas espaciais (Thomaz e Cunha 2010), como por exemplo, a complexidade da folha da planta pode interferir na densidade de invertebrados associados às mesmas, além de outras variáveis anatômicas do vegetal (Thomaz et al. 2008). Variáveis ambientais como temperatura e profundidade da água exercem influência direta na composição e distribuição de macroinvertebrados aquáticos (Vannote 1980).

A anatomia das macrófitas aquáticas oferece substrato para fixação, refúgio, oviposição e alimentação dos invertebrados aquáticos aumentando assim a sua diversidade (Taniguchi et al. 2003). Os macroinvertebrados aquáticos, assim como as plantas aquáticas, são utilizados para indicar a qualidade de água (Fonseca-Geesner e Guerreschi 2000), e também participam ativamente da ciclagem de nutrientes e da redução do tamanho das partículas orgânicas, dessa forma atuando no fluxo de energia dos ecossistemas

aquáticos, e constituem o maior recurso alimentar de outros macroinvertebrados, peixes e algumas aves insetívoras (Cummins e Merritt 1996). Invertebrados associados à vegetação aquática podem ser classificados como unidades ou grupos, de acordo com suas funções tróficas (Cummins et al 2005).

O método de grupos funcionais de alimentação foi desenvolvido na América do Norte (e.g. Cummins 1973,1974; Cummins e Klug 1979), sendo recente no Brasil (e.g. Cummins et al. 2005). Essa abordagem considera a comunidade como uma unidade funcional, como por exemplo, o conceito de guilda, sendo desnecessário analisar as espécies como entidades separadas (Odum 1988). A abordagem funcional é um sistema de classificação mais eficiente para a análise da diversidade de grupos funcionais de macroinvertebrados, por ser um sistema generalista, abrangente, tornando-se mais indicado do que a abordagem taxonômica (Cummins et al. 2005), embora a identificação taxonômica auxilie na definição dos grupos. A identificação taxonômica apenas no nível de família possibilita a definição do grupo funcional trófico, na maior parte dos casos (Merritt et al. 2014). Segundo Hutchinson (1959), os grupos de espécies que partilham recursos semelhantes são comuns na natureza, sendo as organizações tróficas complexas as mais estáveis. De acordo com seu modo de aquisição de alimento, os macroinvertebrados aquáticos podem ser categorizados em grupos funcionais tróficos (Merritt et al. 2008).

Este estudo consistiu em caracterizar os grupos funcionais tróficos dos macroinvertebrados associados aos bancos de macrófitas aquáticas e identificá-los ao nível de família, acompanhar a alteração sazonal das frequências dos macroinvertebrados na vegetação, bem como relacionar sua ocorrência com fatores abióticos, a fim de testar a hipótese de que a cobertura e biomassa das macrófitas influenciam na diversidade e abundância de macroinvertebrados aquáticos.

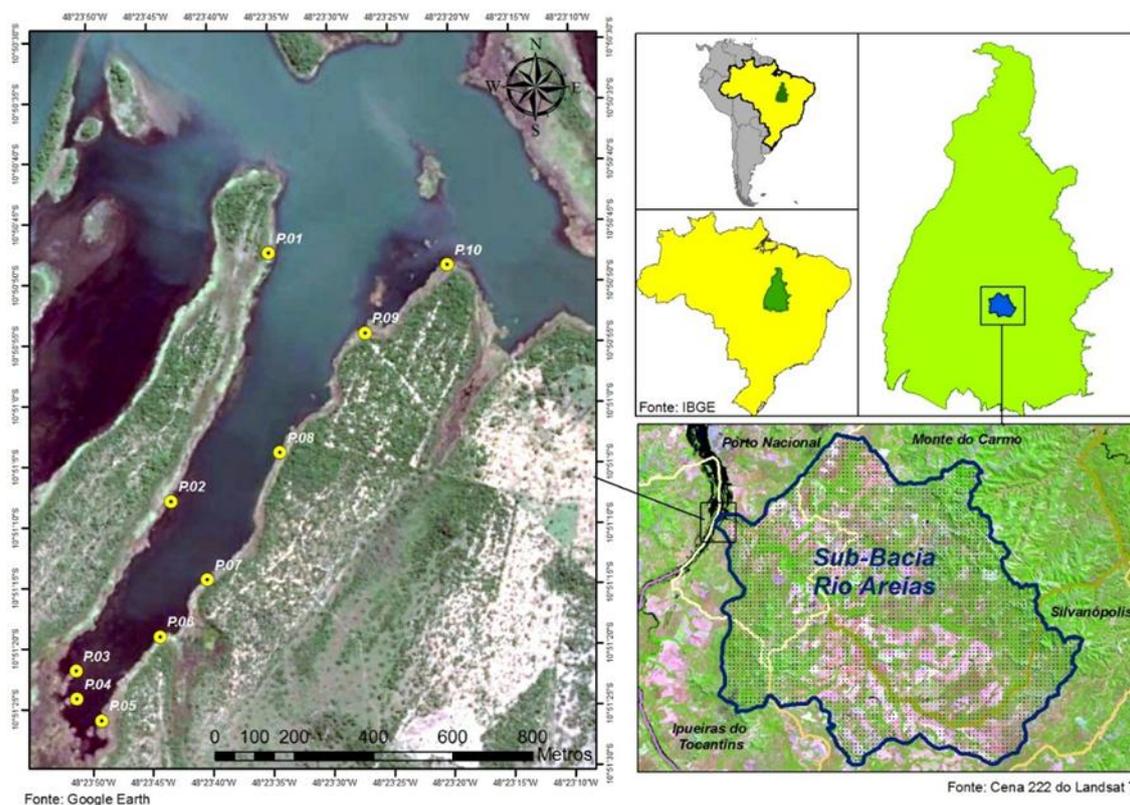
## **Material e métodos**

### **Área de estudo**

O reservatório da Usina Hidrelétrica Luís Eduardo Magalhães – UHE Lajeado localiza-se na bacia do rio Tocantins (Paiva 1982) entre os paralelos 2<sup>o</sup> e 18<sup>o</sup> de latitude Sul e 46<sup>o</sup> e 55<sup>o</sup> de longitude oeste com uma área de drenagem de 767.000 Km<sup>2</sup>, totalmente localizado em território brasileiro (Lolis e Thomaz 2011). A formação deste reservatório

deu-se em 15 de setembro de 2001, encerrando-se em 07 de fevereiro de 2002, quando então o lago atingiu sua cota máxima de operação, ou seja, 212 m (INVESTCO 2002).

O estudo foi realizado na área de transição entre o corpo do reservatório da Usina de Lajeado e o rio Areias, seu afluente, sendo que esta área ecotonal faz parte do reservatório e está inserida no município de Porto Nacional, estado do Tocantins (Fig. 1).



**Fig. 1** Localização da bacia hidrográfica do rio Areias, afluente do reservatório da Usina Hidrelétrica Luís Eduardo Magalhães - Tocantins (Pontos de coleta – P<sub>1-10</sub>)

A bacia hidrográfica do rio Areias constitui uma área aproximada de 239.693.534 hectares, localizada entre os paralelos  $11^{\circ}17'51''$  e  $10^{\circ}41'19''$  de Latitude Sul e os meridianos  $48^{\circ}27'00''$  e  $47^{\circ}47'00''$  de Longitude Oeste (Leite et al. 2014).

O clima na região é do tipo tropical, apresentando duas estações climáticas bem definidas, uma chuvosa, de outubro a abril, e uma seca, de maio a setembro, sendo que os níveis mais baixos de precipitações ocorrem no mês de setembro (Ribeiro et al. 1995).

## Levantamento dos dados

### Variáveis abióticas

As variáveis abióticas mensurados em campo foram: temperatura da água (°C), oxigênio dissolvido (mg/L), transparência da coluna de água (m), profundidade da água (m) e pH. Os dados de precipitação mensal (mm) foram cedidos pelo Instituto Federal do Tocantins, campus de Porto Nacional.

### **Macrófitas aquáticas e macroinvertebrados aquáticos**

As coletas foram realizadas nos meses de janeiro, abril, julho e outubro de 2016, totalizando quatro amostragens. O mês de janeiro foi considerado chuvoso, abril como vazante, julho, mês seco e, outubro, início das chuvas.

Para avaliação foram selecionados 10 pontos amostrais (Fig. 1). Para coleta dos macroinvertebrados associado as folhas e raízes das macrófitas aquáticas, foi utilizado um quadrado de 0,5 x 0,5 m em cada ponto com três repetições, totalizando também 30 amostras. Todas as plantas contidas nessa área foram coletadas, colocadas em sacos plásticos e etiquetadas. As plantas aquáticas foram levadas para um tanque para lavagem das mesmas. Os macroinvertebrados presentes foram retirados com auxílio de pinças e aparados através de peneira com malha fina, e colocados em potes temporários com água destilada e depois fixados em álcool 70%.

As plantas aquáticas foram separadas por espécies e levadas para estufa de secagem até atingir o peso constante. As espécies de maior relevância na composição e estrutura da vegetação aquática amostrada foram evidenciadas neste estudo para fins de associação com a macrofauna de invertebrados.

Os macroinvertebrados foram levados para o laboratório, triados de acordo com suas características funcionais tróficas e preservados em tubos de vidro com álcool 70% (Silva et al. 2009) sendo devidamente etiquetados. Para análise desta macrofauna associada, os indivíduos foram agrupados de acordo com o modo de aquisição de alimento (Merritt et al. 2008), a saber: coletor-catador – alimentam-se de matéria orgânica em decomposição nos substratos; coletor-filtrador – coletam por filtração matéria orgânica particulada fina em suspensão na coluna d'água; fragmentador-detritívoro – mastigam tecido de plantas vasculares e madeira em decomposição; fragmentador-herbívoro – mastigam tecidos vivos de macrófitas; sugador-herbívoro – perfuram células de macrófitas e algas filamentosas sugando o citoplasma; predador-engolidor – capturam e engolem animais inteiros ou partes da presa capturada; predador-perfurador – atacam presas,

perfuram os tecidos e sugam os fluídos; raspador – raspam o perífiton de pedras, madeiras e caules de plantas vasculares aquáticas.

### **Análise dos dados**

Para análise da fauna de invertebrados foi considerada a densidade numérica ( $\text{ind}/\text{m}^2$ ), a abundância de espécies, que correspondeu à somatória de todos os indivíduos coletados, a frequência de ocorrência ( $F_{O_i}$ ) e constância de ocorrência (C). A constância de ocorrência das espécies de macroinvertebrados foi calculada segundo Dajoz (1983). Assim, foram consideradas constantes as espécies presentes em mais de 50% das coletas; acessórias as que estiveram presentes entre 25 a 50%, inclusive; e acidentais as que ocorreram em menos de 25% das coletas.

Foram realizadas as análises das riquezas dos táxons (S), índice de diversidade específica de Shannon-Wiener ( $H'$ ) e a equitabilidade (E) através do software Past (Hammer et al. 2001).

Para comparação entre os meses de coleta, utilizou-se o coeficiente de similaridade de Bray-Curtis que foi calculado com o software Past (Hammer et al. 2001), considerando a densidade relativa das espécies amostradas. Para avaliar se as abundâncias dos grupos funcionais de macroinvertebrados apresentaram diferença significativa entre os meses de coleta foi utilizado análise de variância (ANOVA) seguida do teste de Tukey HSD.

O cálculo da porcentagem de grupos tróficos foi baseado no número de grupos funcionais tróficos amostrados.

## **Resultados**

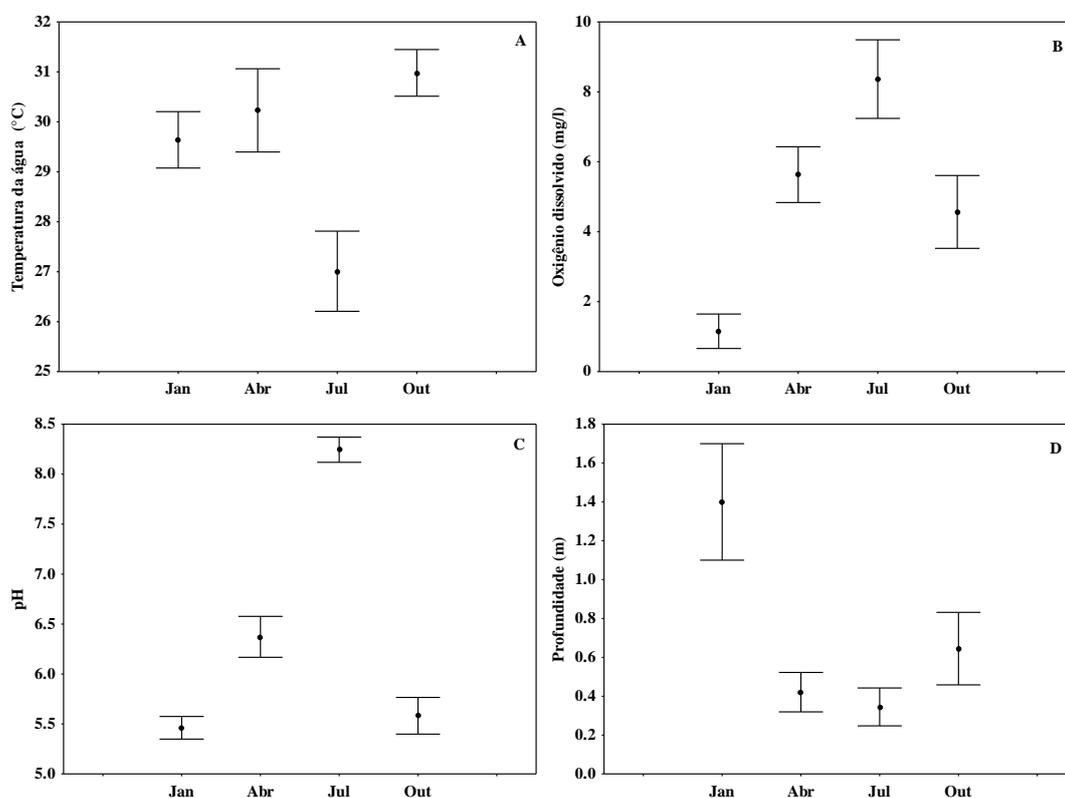
### **Variáveis abióticas**

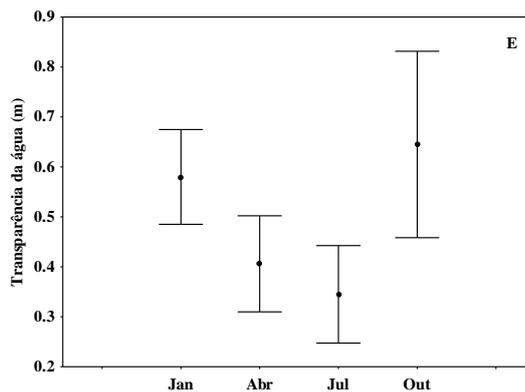
Os valores mensais dos índices de precipitação pluviométrica no período de dezembro de 2015 a outubro de 2016 para o município de Porto Nacional - Tocantins apontam um valor máximo registrado em torno de 450 mm no mês de janeiro. Não houve registro de chuva nos meses de julho e agosto de 2016.

Para a temperatura da água no período de coleta foi registrado um valor mínimo de  $24,8^\circ\text{C}$  (julho/2016), um valor máximo de  $32^\circ\text{C}$  (outubro/2016), obtendo uma média de  $29,4^\circ\text{C}$ , com desvio padrão (DP) de 0,20 (Fig. 2A). O valor médio de oxigênio dissolvido

foi de 4,93 mg/L, com valor mínimo de 0,4 mg /L, em janeiro, e máximo de 10,13 mg O<sub>2</sub>/L, em julho (DP=1,14) (Fig. 2B). Em geral, os dados de temperatura da água e oxigênio dissolvido apresentaram valores antagônicos. Para o pH da água foi registrado um valor máximo de 8,58 (julho), mínimo de 5,2 (janeiro) e média de 6,41 (DP=2,87), apresentando uma amplitude de variação considerável (Fig. 2C). O nível de pH variou entre ácido e ligeiramente alcalino. Os níveis de pH foram equivalentes aos de oxigênio dissolvido.

A média para a profundidade foi de 0,7 m, com valor máximo de 2,4 m, em janeiro e valor mínimo de 0,1 m, em julho, (DP=0,49) (Fig. 2D). Os valores de transparência da coluna da água apresentaram mínima de 0,1 m e máxima de 1,3 m, com média de 0,49m (DP=0,20), implicando em transparência total em quase todo o período de coleta, sendo maior em julho devido à menor profundidade (Fig. 2E).





**Figura. 2** Variação sazonal das variáveis ambientais: temperatura da água (A), oxigênio (B), pH (C), profundidade (D) e transparência (E)

### Macrófitas aquáticas

Na Tabela 1, são apresentados os valores da biomassa das espécies amostradas *Najas microcarpa* K. Schum., *Oxycaryum cubense* (Poepp. & Kunth) Lye, *Eichhornia azurea* (Sw.) Kunth e *Salvinia auriculata* Aubl.. Os maiores valores de biomassa foram obtidos no período de menor nível de água do reservatório (julho), embora variaram pouco entre os meses.

**Tabela 1.** Valores de biomassa de *Eichhornia azurea*, *Najas microcarpa*, *Oxycaryum cubense* e *Salvinia auriculata* na área de transição entre o reservatório da Usina Hidrelétrica Luís Eduardo Magalhães e o rio Areias; máximo, mínimo, médio e desvio padrão (DP)

Período		<i>E. azurea</i>	<i>N. microcarpa</i>	<i>O. cubense</i>	<i>S. auriculata</i>
Jan	Máximo	159,04	93,48	283,16	174,24
Abr		351,68	161,52	415,32	126,00
Jul		334,64	88,60	393,96	98,12
Out		193,60	114,12	268,00	168,28
Jan	Mínimo	18,00	1,96	14,20	4,56
Abr		0,80	0,60	0,60	0,80
Jul		35,32	3,20	11,80	4,32
Out		17,72	1,00	7,80	1,20
Jan	Média	59,38	13,76	108,69	61,27
Abr		138,70	27,56	147,13	26,61
Jul		161,46	35,63	157,95	34,46
Out		108,52	31,60	119,08	84,74
Jan	DP	53,22	21,83	76,47	49,08
Abr		124,53	42,05	106,68	38,57
Jul		102,35	30,67	107,56	42,92
Out		54,74	32,12	71,69	118,14

## Macroinvertebrados aquáticos

Um total de 7.514 de macroinvertebrados aquáticos foi encontrado em associação com a vegetação aquática, distribuídos em três classes, oito ordens e 17 famílias (Tab. 2). Foram identificadas três famílias da classe Gastropoda: Planorbidae, de maior abundância em todas as coletas; Thiaridae, presente em todos os períodos amostrais, com maior abundância em outubro (179 indivíduos); e Corbiculidae, com poucos indivíduos. A família Thiaridae foi representada pelo gênero *Melanoides*, frequente na região. Verificou-se assim que, dos grupos funcionais tróficos (GFT), os mais abundantes foram os raspadores, representados aqui pela classe Gastropoda.

Dentre os insetos amostrados as famílias Hydrophilidae (coletor-catador), Noteridae (predador-engolidor), Naucoridae (predador-perfurador) e Libellulidae (predador-engolidor) foram os mais abundantes. As larvas de Diptera (Ceratopogonidae, Chironomidae e Tabanidae) estiveram presentes somente em outubro, assim como as larvas de Trichoptera (Hydropsychidae e Polycentropodidae), encontradas em julho e outubro. Estes indivíduos foram pouco abundantes, com maior número para Ceratopogonidae (predador-engolidor), com 15 indivíduos em outubro (Tab. 2).

Os raspadores tiveram maior densidade em outubro, com a família Thiaridae (23,87 ind/m<sup>2</sup>) e Planorbidae (480,80 ind/m<sup>2</sup>), constituindo o grupo de maior densidade. Dos insetos, Noteridae verificou maior densidade em julho (4 ind/m<sup>2</sup>), Hydrophilidae em abril (3,73 ind/m<sup>2</sup>), Naucoridae (2,93 ind/m<sup>2</sup>) e Belostomatidae (0,93 ind/m<sup>2</sup>) em outubro. Dos Odonatas, Lestidae (libelinha ou donzelinha) teve maior densidade em julho (0,53 ind/m<sup>2</sup>) e Libellulidae (libélula) em janeiro (15,60 ind/m<sup>2</sup>) (Tabela. 2).

**Tabela 2.** Abundância e densidade (ind/m<sup>2</sup>) de macroinvertebrados; grupos taxonômicos (classe/ordem/família); GFT (Grupo Funcional Trófico): FH = Fragmentador-Herbívoro, CC = Coletor-Catador, PE = Predador-Engolidor, PP = Predador-Perfurador, CF = Coletor-Filtrador, FD = Fragmentador-Detritívoro, R = Raspador

Grupo Taxonômico	GFT	Abundância				Densidade			
		Jan	Abr	Jul	Out	Jan	Abr	Jul	Out
<b>INSECTA</b>									
<b>Coleoptera</b>									
Curculionidae	FH	2	1	2	1	0,27	0,13	0,27	0,13
Hydrophilidae	CC	16	28	15	7	2,13	3,73	2,00	0,93
Hydrophilidae (larva)	PE		1				0,13		
Noteridae	PE	2	20	30	17	0,27	2,67	4,00	2,27
Scarabaeidae	CC			1				0,13	
<b>Diptera</b>									
Ceratopogonidae (larva)	PE				15				2,00
Chironomidae (larva)	PE/CC/CF/FD*				1				0,13
Tabanidae (larva)	PP				1				0,13
<b>Hemiptera</b>									
Belostomatidae	PP		2	3	7		0,27	0,40	0,93
Naucoridae	PP	13	1	10	22	1,73	0,13	1,33	2,93
<b>Odonata</b>									
Lestidae (larva)	PE	1		4	1	0,13		0,53	0,13
Libellulidae (larva)	PE	117	39	53	65	15,60	5,20	7,07	8,67
<b>Trichoptera</b>									
hydropsychidae (larva)	CF/PE			2				0,27	
Polycentropodidae (larva)	CF/PE				1				0,13
<b>CLITELLATA</b>									
<b>Rhynchobdellida</b>									
Glossiphoniidae	PP			11	14			1,47	1,87
<b>GASTROPODA</b>									
<b>Basommatophora</b>									
Planorbidae	R	361	1120	1631	3606	48,13	149,33	217,47	480,80
<b>Mesogastropoda</b>									
Thiaridae	R	2	42	42	179	0,27	5,60	5,60	23,87
<b>Veneroidea</b>									
Corbiculidae	CF	1			4	0,13			0,53

\*família composta por gêneros/espécies com diferentes funções tróficas

Os gastrópodes foram frequentes em todos os meses, com exceção da família Corbiculidae. É importante ressaltar que os planorbídeos estiveram presentes em todas as amostras do estudo. Hydrophilidae, Noteridae (Coleoptera), Naucoridae (Hemiptera) e Libellulidae (Odonata) são as famílias de insetos frequentes em todo o período de coleta (Tab. 3).

Pela sua ocorrência, a família Noteridae foi considerada constante no mês de julho (C = 50%), acessória em abril (C = 36,66%) e outubro (C = 26,66%) e acidental em janeiro (C = 3,33%). A família Hydrophilidae foi acessória, com maior constância em abril (C =

46,44%) e acidental apenas em outubro (C = 10%). Naucoridae obteve percentuais altos no período seco, quase constante em outubro (C = 43,33%). Libellulidae foi constante nos períodos chuvoso e seco (C = 70%). Esses predadores foram acessórios apenas em abril (C = 46,66%). A família Glossiphoniidae foi acessória em outubro (C = 36,66%). A família Thiaridae foi acessória em abril (C = 30%) e julho (C = 33,3%) e constante em outubro (C = 73,33%). Outros raspadores, como os planorbídeos, foram constantes em todos os meses de coleta (C = 100%). As demais famílias de invertebrados, inclusive as larvas de Diptera e Thrichoptera, foram consideradas acidentais nos bancos de macrófitas aquáticas, com constância menor que 25% (Tab. 3).

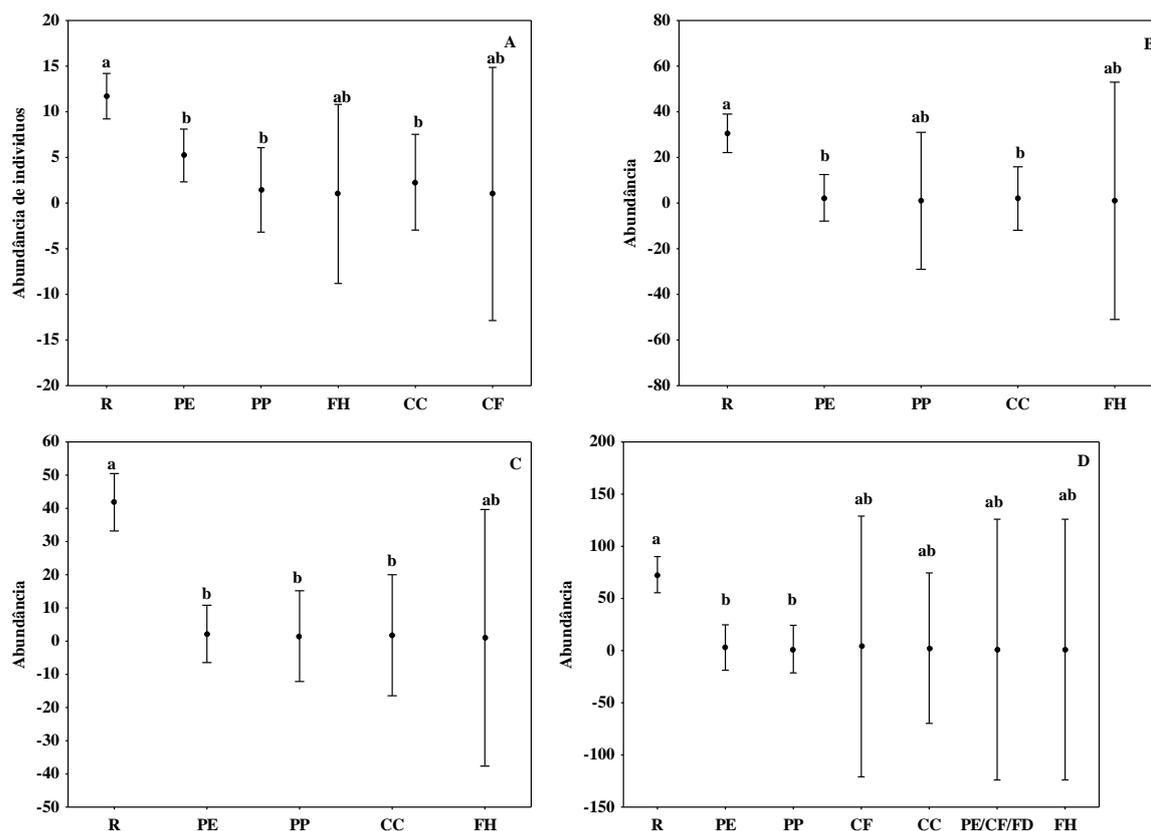
**Tabela 3.** Frequência (%) e constância de ocorrência (%) de macroinvertebrados; grupos taxonômicos (classe/ordem/família); GFT (Grupo Funcional Trófico): FH = Fragmentador-Herbívoro, CC = Coletor-Catador, PE = Predador-Engolidor, PP = Predador-Perfurador, CF = Coletor-Filtrador, FD = Fragmentador-Detritívoro, R = Raspador

Grupo Taxonômico	GFT	Frequência de ocorrência				Constância de ocorrência			
		Jan	Abr	Jul	Out	Jan	Abr	Jul	Out
<b>INSECTA</b>									
<b>Coleoptera</b>									
Curculionidae	FH	20,0	10,0	20,0	10,0	6,66	3,33	6,66	3,33
Hydrophilidae	CC	50,0	70,0	70,0	30,0	23,33	46,44	26,66	10
Hydrophilidae (larva)	PE		10,0				3,33		
Noteridae	PE	10,0	80,0	80,0	70,0	3,33	36,66	50	26,66
Scarabaeidae	CC			10,0				3,33	
<b>Diptera</b>									
Ceratopogonidae (larva)	PE				30,0				13,33
Chironomidae (larva)	PE/CC/CF/FD				10,0				3,33
Tabanidae (larva)	PP				10,0				3,33
<b>Hemiptera</b>									
Belostomatidae	PP		20,0	30,0	50,0		6,66	10	16,66
Naucoridae	PP	60,0	10,0	70,0	80,0	30	3,33	23,33	43,33
<b>Odonata</b>									
Lestidae (larva)	PE	10,0		40,0	10,0	3,33		13,33	3,33
Libellulidae (larva)	PE	90,0	90,0	90,0	100,0	70	46,66	70	66,66
<b>Thrichoptera</b>									
hydropsychidae (larva)	CF/PE			20,0				3,33	
Polycentropodidae (larva)	CF/PE				10,0				3,33
<b>CLITELLATA</b>									
<b>Rhynchobdellida</b>									
Glossiphoniidae	PP			40,0	70,0			20	36,66
<b>GASTROPODA</b>									
<b>Basommatophora</b>									
Planorbidae	R	100,0	100,0	100,0	100,0	100	96,66	100	100
<b>Mesogastropoda</b>									
Thiaridae	R	10,0	50,0	60,0	90,0	3,33	30	33,3	73,33
<b>Veneroidea</b>									
Corbiculidae	CF	10,0			10,0	3,33			3,33

Não houve diferenças significativas entre os grupos funcionais tróficos (GFTs), porém os raspadores foi o grupo mais abundante (Fig. 3). No mês de janeiro ( $F_{5,67} = 5.3942$ ;  $p = 0.00032$ ) os predadores-engolidores, predadores-perfuradores e coletores catadores foram semelhantes, diferindo apenas dos raspadores (Fig. 3A). No mês de abril ( $F_{4,77} = 6.0700$ ;  $p = 0.00027$ ) os raspadores diferiram dos predadores-engolidores e coletores-catadores porém tiveram semelhança predadores-perfuradores e fragmentadores herbívoros (Fig. 3B). Em julho ( $F_{4,102} = 13.123$ ;  $p = 0.00000$ ) os fragmentadores-herbívoros tiveram semelhança com os raspadores, mas não diferiram dos demais grupos funcionais tróficos (Fig. 3C). Em outubro ( $F_{6,114} = 6.1830$ ;  $p = 0.00001$ ) houve maior semelhança entre os grupos em geral, com os raspadores diferindo apenas dos predadores-engolidores e perfuradores (Fig. 3D).

Portanto, houve maior abundância do grupo funcional trófico dos raspadores, representado pelos gastrópodes, mas em geral, houve pouca variação dos grupos. Os predadores-engolidores aparecem logo em seguida, representados principalmente pelas larvas de libélula (Libellulidae) e coleópteros da família Noteridae, uma vez que são carnívoros. Na sequência aparecem os predadores-perfuradores, representados principalmente pelos hemípteros (Belostomatidae e Naucoridae) e as sanguessugas (Glossiphoniidae). Em seguida os coletores-catadores, com a família Hydrophilidae (adulto). Em sequência aparecem os coletores-filtradores, com as larvas de Trichoptera, e que por sua vez também são predadoras-engolidoras.

O grupo de menor abundância foram os fragmentadores-herbívoros, representados pela família Curculionidae, conhecidos popularmente como gorgulhos. Não ocorreram fragmentadores-detritívoros nem sugadores-herbívoros nas amostras. Não houve definição do GFT da família Chironomidae, pois há necessidade de identificá-la a nível de gênero ou espécie, uma vez que diferem em suas funções tróficas, podendo pertencer a vários grupos funcionais de alimentação.



**Fig. 3** Análise de variância da abundância dos grupos funcionais tróficos de macroinvertebrados (R = raspadores, PE = predador-engolidor, PP = predador-perfurador, FH = fragmentador-herbívoros, CC = coletor-catador, CF = coletor-filtrador) entre os meses de coleta (Tukey HSD,  $p < 0,05$ ): janeiro (A), abril (B), julho (C) e outubro (D)

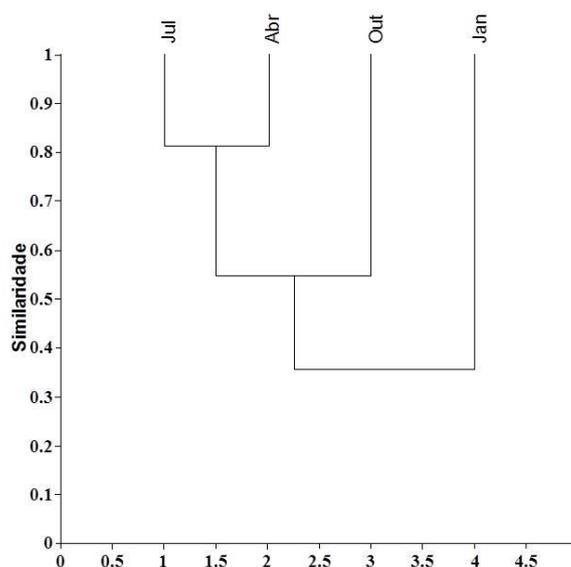
### Diversidade e similaridade

Os resultados mostraram que o número de indivíduos foi maior nos meses de julho e outubro, revelando um gradiente de acréscimo em relação ao período chuvoso, sobretudo em outubro, com 3.941 indivíduos coletados (Tab. 4). Em contrapartida, a diversidade apresentou maior valor em janeiro ( $H' = 0,87$  nats/ind) e menor em outubro ( $H' = 0,42$  nats/ind). O alto valor de diversidade de Shannon em janeiro implicou em maior equitabilidade nesse período ( $E = 0,39$ ). O aumento do número de indivíduos coletados não influenciou na riqueza (S). No total, 18 espécies foram amostradas. Sendo assim, a maior diversidade esteve relacionada com o período chuvoso e o maior número de indivíduos com o período seco.

**Tabela 4.** Número de indivíduos, riqueza de espécies (S), diversidade de Shannon-Wiener (H') e equitabilidade (E) da comunidade de macroinvertebrados aquáticos na área de transição entre o reservatório da Usina Hidrelétrica Luís Eduardo Magalhães e o rio Areias

	Janeiro	Abril	Julho	Outubro	Total
Nº indivíduos	515	1.254	1.804	3.941	7514
Riqueza de espécies (S)	9	9	12	15	18
Diversidade de Shannon (H')	0,87	0,5	0,49	0,42	0,52
Equitabilidade (E)	0,39	0,22	0,19	0,15	0,18

O índice de Bray-Curtis, utilizado para o cálculo de similaridade, determinou o quanto períodos distintos possuem capacidade de apresentar espécies semelhantes (Fig. 4). Quando comparados os meses de janeiro e outubro, observou-se baixa similaridade (0,20) e, também, quando comparado com o mês de julho (0,38). Entre janeiro e abril a semelhança de espécies foi ligeiramente maior (0,47). Verificou-se a maior similaridade entre julho e abril (0,81), e relativamente alta, entre julho e outubro (0,61). Em relação aos meses de abril e outubro a similaridade foi intermediária (0,47).



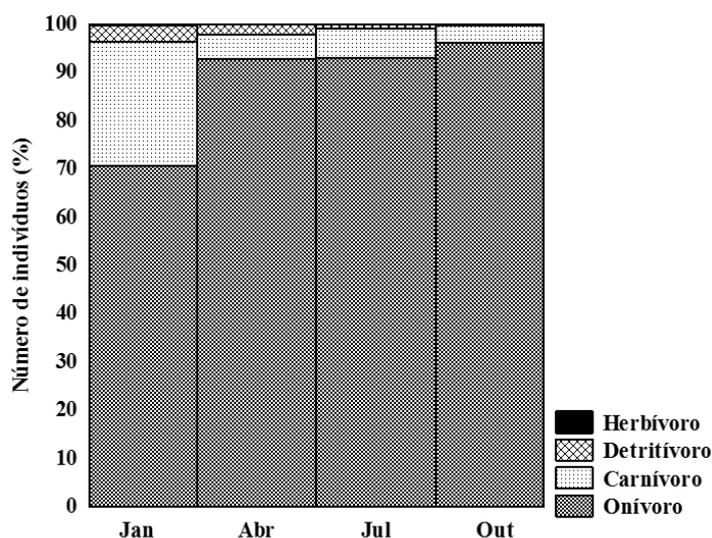
**Figura. 4** Dendrograma de similaridade de Bray-Curtis entre os meses de coleta para os macroinvertebrados coletados em bancos de macrófitas aquáticas na área de transição entre o reservatório da Usina Hidrelétrica Luís Eduardo Magalhães e o rio Areias

### Nicho trófico

Em relação ao nicho trófico dos macroinvertebrados (Fig. 5) a área de estudo apresentou maior percentual de indivíduos onívoros, sendo os raspadores (Gastropoda) os

maiores representantes deste grupo ecológico. Os onívoros representaram 70,48% dos indivíduos coletados em janeiro e 96,06% em outubro. Em seguida os carnívoros, com 25,82% em janeiro, e 6,15% em julho, sendo Libellulidae (predador-engolidor) a família mais frequente deste grupo. Dessa forma, os carnívoros evidenciaram um decréscimo em relação ao período seco.

Os detritívoros foram mais evidentes em janeiro e abril, com 3,30% e 2,23%, respectivamente, sendo os coleópteros Hydrophilidae (coletor-catador) os organismos mais encontrados do grupo. O número de herbívoros foi baixo, representados apenas por indivíduos da família Curculionidae.



**Fig. 5** Nicho trófico dos macroinvertebrados associados a macrófitas aquáticas na área de transição entre o reservatório da Usina Hidrelétrica Luís Eduardo Magalhães e o rio Areias

## Discussão

Os resultados da biomassa mostram a capacidade das macrófitas aquáticas em propiciarem abrigo para os invertebrados aquáticos, dando condições para a sobrevivência destes organismos. A diversidade e abundância de invertebrados aquáticos associados a vegetação aquática podem ser maiores se comparada com a diversidade destes indivíduos ao sedimento do mesmo local (Merritt e Cummins 1984).

A precipitação foi a variável do ambiente que influenciou diretamente a frequência da fauna associada à biomassa da vegetação aquática, uma vez que está ligada à sazonalidade das outras variáveis ambientais. Precipitação pluviométrica e o nível da água contribuem para a abundância de macroinvertebrados aquáticos (Abílio 2002).

O aumento da precipitação no mês de janeiro diminuiu a abundância dos macroinvertebrados, com exceção dos odonatas. A diversidade de espécies não foi afetada pela chuva. A precipitação pode remover grande parte dos macroinvertebrados agregados às macrófitas aquáticas (Monção et al. 2011), ainda que estas tenham dimensão complexa (Thomaz et al. 2008). Os efeitos provocados pela precipitação pluvial são considerados distúrbios naturais que atuam sob a biomassa e complexidade estrutural de vegetação aquática, assim como os invertebrados aquáticos encontrados nelas (Monção et al. 2011).

Os gastrópodes foram abundantes durante todo o período de amostragem, mesmo no período chuvoso. A forma de exploração de recursos alimentares por invertebrados pode ser obrigatória ou facultativa (Cummins e Klug 1979). Os invertebrados especialistas (obrigatórios) possuem forma de alimentação restrita e precisa se deslocar já os invertebrados generalistas (facultativos) possuem diferentes formas de se alimentar. Sendo assim, os caracóis (gastrópodes) são mais tolerantes quando em condições de distúrbio, se adaptando melhor a variação da disponibilidade de alimento (Cummins e Klug 1979). Logo, além de raspadores (sua principal função trófica), os caracóis ainda podem funcionar como fragmentadores (Merritt et al. 2014) e até mesmo coletores, aproveitando o perífiton aderido à vegetação aquática (Mormul et al. 2006).

Em janeiro foi observado menor densidade de Thiaridae no reservatório Luís Eduardo Magalhães, resultado também encontrado no açude Jatobá, em Patos-PB, onde foi verificado que o tiaríde *Melanoides tuberculatus* foi pouco expressivo no período chuvoso e aumentava conforme estiagem e sucessivo declínio dos níveis de água (Souza et al. 2008). Os tiaríades são onívoros e dependem diretamente da comunidade perifítica agregada à vegetação aquática para se alimentarem. De acordo com Winter e Duthie (2000), a maior parte das espécies de algas que compõem o perífiton, principalmente diatomáceas, se desenvolve em baixa transparência da água, pois requerem menor quantidade de luz.

*Najas microcarpa*, *Oxycaryum cubense*, *Eichhornia azurea* e *Salvinia auriculata* tiveram sua biomassa aumentada em função do período de estiagem, quando houve maior densidade de macroinvertebrados vinculados a estas plantas, sobretudo gastrópode. Com a baixa ou nenhuma precipitação pluvial, diminuíram-se os níveis de água do reservatório proporcionando maior transparência da coluna de água, favorecendo os processos fotossintéticos da vegetação aquática. Vários trabalhos verificaram que a densidade de invertebrados aquáticos foi maior nos meses secos (Fusari 2006; Silva et al. 2009). O aumento da biomassa de macrófitas aquáticas, constituindo maior heterogeneidade

espacial, determina nichos mais amplos para a comunidade de macroinvertebrados (Margalef 1983), facilitando o uso múltiplo do conjunto de recursos bióticos e abióticos proporcionado pelo ecossistema (Campbell et al. 1999) e o papel ecológico das espécies dentro da comunidade (Ricklefs 1996).

A proliferação de gastrópodes condiz com a evolução das plantas aquáticas (Thomas 1990). Estes invertebrados raspam partes das macrófitas aquáticas e perífiton associado, utilizando como alimento (Merritt et al. 2014) e ainda fazem parte do processo de decomposição da matéria orgânica vegetal (Esteves 1998). O pH levemente alcalino, verificado durante o período seco, é um fator restritivo para ocorrência de gastrópodes, uma vez que estes indivíduos são mais abundantes em ambientes aquáticos alcalinos (Abílio 2002). Corroborando com o presente trabalho, no riacho Avelós, região semi-árida da Paraíba, foram verificados índices de pH ligeiramente alcalinos e maior abundância da comunidade de gastrópodes associados a vegetação aquática (Santana et al. 2009).

O número de planorbídeos aumentou em julho e outubro, assim como a biomassa de *E. azurea*, fato também verificado em outros trabalhos. Um estudo sobre sucessão de invertebrados durante o processo de decomposição de macrófitas aquáticas observou-se que gastrópodes das famílias Ancyliidae e Planorbidae colonizaram abundantemente as folhas de *E. azurea*, sendo que as folhas oferecem maior espaço para o estabelecimento desses organismos raspadores (Mormul et al. 2006). Espécies de gastrópodes coletadas no rio Iguariçá, São Borja-RS, foram mais atraídas pela parte inferior das folhas mais escuras e talos de *E. azurea* (Martello et al. 2008), proporcionando camuflagem e maior disponibilidade de alimentos para esta fauna associada (Veitenheimer et al. 1986).

Durante a retirada dos macroinvertebrados observou-se grande abundância desta fauna aderida nas raízes de *O. cubense*, devido ao material orgânico flutuante que serve de suporte ao seu crescimento. Esta espécie é muito comum em reservatórios com alta incidência de macrófitas aquáticas flutuantes, principalmente *S. auriculata* (Pitelli et al. 2012). Os grupos mais encontrados em *O. cubense* foram os raspadores e os predadores-engolidores, principalmente Libellulidae e Noteridae.

Os coleópteros Noteridae e Hydrophilidae foram frequentes em todos os meses, assim como os hemípteros Naucoridae. Estas ordens ocorrem com frequência por sua facilidade de adaptação a ambientes lênticos ou lóticos (Merritt e Cummins 1996) e à variação dos níveis de água (Willians 2006). Coletores-filtradores, como o bivalve da família Corbiculidae e as larvas de Hydropsychidae, ocorreram em pequeno número. Em

um estudo no Rio Grande do Sul verificou-se maior abundância de bivalves em ambientes lóticos (Mansur et al. 1994).

Além de filtradores, as larvas de Hydropsychidae podem ser predadoras em último estágio imaturo. Isso foi verificado por pesquisadores no cerrado paulista ao observarem que indivíduos imaturos desta família em seu último estágio alimentavam-se de pequenos macroinvertebrados aquáticos e fragmentos vegetais, sendo considerados facultativos (Oliveira e Fröhlich 1996). Sanguessugas pertencentes à família Glossiphoniidae ocorreram em julho e outubro. Macrófitas aquáticas também servem de abrigo para pequenos peixes (Delariva et al. 1994; Pelicice et al. 2005) que costumam ser parasitados por espécies de sanguessugas Glossiphoniidae em todo o mundo (Sket e Trontelj 2008).

Os predadores foram o segundo grupo funcional trófico de maior abundância, representados principalmente pelas larvas de Libellulidae. As libélulas costumam realizar a postura de seus ovos no interior de plantas aquáticas e na coluna de água de rios e lagos (Carrera 1988), mostrando a importância das macrófitas aquáticas como substrato para estes indivíduos. A frequência desses imaturos de Odonata em todos os períodos de amostragem era previsto, já que a abundância destes predadores depende da abundância da comunidade de invertebrados aquáticos (Vannote et al. 1980; Foot e Rice 2005). Apesar disso, no período de maior densidade de Libellulidae houve menor número de gastrópodes. Tal fato pode ser explicado pelo fato de larvas de Odonata consumirem, além de larvas de peixes e organismos zooplancônicos, outros invertebrados aquáticos (Campos 1994), como gastrópodes. Além disso, o habitat escolhido pelos odonatas sofre influência da precipitação pluvial, da temperatura (Angelibert e Giani 2003) e da biomassa da planta aquática (Mormul et al. 2006), situação observada neste trabalho, uma vez que Libellulidae teve maior abundância no período chuvoso.

*Salvinia auriculata* foi a espécie que apresentou maior relação com o período chuvoso, podendo ter tido uma associação maior com Libellulidae, mais abundante neste período também. Possivelmente, as larvas de libélula agregaram-se com facilidade a esta espécie flutuante livre, já que estes predadores também ovipositam na superfície da água (como já citado), de forma que os ovos podem chegar com mais facilidade aos bancos de macrófitas aquáticas. Estudos afirmam haver competição intra-específica de odonatas, sendo que larvas maiores se alimentam de larvas menores (Harvey e White 1990).

Os resultados sugerem que houve exclusão competitiva e coexistência entre as guildas funcionais de macroinvertebrados associados às macrófitas aquáticas. No mês de janeiro, por exemplo, a família Libellulidae sobressai em relação a família Noteridae,

ambos predadores-engolidores. Autores afirmam que espécies semelhantes tem pouca chance de ocupar nichos similares, porém podem existir peculiaridades na busca pelo alimento (Krebs 1972). Conforme princípio da exclusão competitiva (Gause 1934) espécies com características morfológicas parecidas não conseguem sobreviver no mesmo lugar (Ricklefs 1990), todavia a coexistência de competidores se torna possível quando qualquer diferenciação de nicho trófico (Begon et al 1986). As mesmas famílias de predadores-engolidores citadas, juntamente com outros predadores, coexistiram em outros meses, provavelmente por ter havido maior disponibilidade de recursos alimentares neste período. Os raspadores foram dominantes em todos os meses de coleta, provavelmente pelo fato de serem invertebrados onívoros, competindo com vantagem sobre outros indivíduos. Provavelmente, a pouca variabilidade da macrofauna de invertebrados responde à estabilidade do reservatório Luís Eduardo Magalhães.

Concluindo, a biomassa das macrófitas aquáticas influenciaram na ocorrência e abundância dos grupos funcionais tróficos de macroinvertebrados aquáticos. A precipitação pluviométrica foi a variável ambiental que mais interferiu na abundância da macrofauna associada, logo a densidade dos indivíduos foi maior nos meses secos, período de maior biomassa das espécies de macrófitas aquáticas amostradas. As classes de invertebrados presentes no estudo foram Insecta, Clitellata e Gastropoda. Os grupos funcionais tróficos mais expressivos foram os raspadores e os predadores-engolidores. Portanto, a caracterização dos grupos funcionais foi importante para o entendimento da organização trófica e aspectos ecológicos de macroinvertebrados associados a macrófitas aquáticas.

**Agradecimentos** À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes) pela bolsa de estudo. Ao colegiado do Programa de Pós-Graduação em Ecologia de Ecótonos da Universidade Federal do Tocantins. Ao Núcleo de Estudos Ambientais (NEAMB/UFT), ao Laboratório de Taxonomia Vegetal e ao Laboratório de Entomologia da Universidade Federal do Tocantins.

## **Referências**

Abílio FJP (2002) Gastrópodes e outros invertebrados bentônicos do sedimento litorâneo e associado a macrófitas aquáticas em açudes do semi-árido paraibano, nordeste do

- Brasil, Tese de Doutorado, Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Recursos Naturais, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos,SP, 175 p
- Agostinho AA, Gomes LC, Julio Jr. HF (2003) Relações entre macrófitas aquáticas e fauna de peixes. In: Thomaz SM, Bini LM, (eds) In: Ecologia e Manejo de Macrófitas Aquáticas. Maringá, PR: Eduem, pp 261-280
- Angelibert S, Giani N (2003) Dispersal characteristics of three odonate species in a patchy habitat. *Ecography*, 26: 13-20
- Begon M, Harper JL, Townsend CR (1986) Ecology: individuals, populations and communities. Oxford: Blackwell, 876 p
- Campbell NA, Reece JB e Mitchell, LG (1999) Biology. 5ed. Menlo Park, California: The Benjamin/Cummings Publishing Company, 1175 p
- Campos RE (1994) Importancia de las larvas de culicideos em la dieta de *Ischnura fluviatilis* Selys (Odonata: Zygoptera) em habitats naturales de los alrededores de la Plata, Provincia de Buenos Aires. *Revista de la Sociedad Limnologica Argentina*, Buenos Aires, 53(1): 51-56
- Carrera M (1988) Entomologia para você. 7 ed. São Paulo: Nobel, 185 p
- Cummins KW (1973) Trophic relations of aquatic insects. *Annual Review of Entomology*, 18: 183-206
- Cummins KW (1974) Structure and function of stream ecosystems. *BioScience*, 24: 631-641
- Cummins KW, Klug MJ (1979) Feeding ecology of stream invertebrates. *Annual Review of Ecological Systems*, 10: 147-172
- Cummins KW, Merrit 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: 71-90
- Dajoz R 1983. Ecologia geral, 4 ed. São Paulo, Vozes, 472 p
- Delariva RL, Agostinho AA, Nakatani K e Baumgartner G (1994) Ichthyofauna associated to aquatic macrophytes in the Upper Paraná River floodplain. *Revista Unimar*, suplemento 3: 41-60

- Esteves FA (1998) Fundamentos de limnologia. 2ed. Rio de Janeiro: Interciência, FINEP, 575 p
- Foote AL e Rice CL (2005) Odonates as biological indicators of grazed and ungrazed Canadian prairie wetlands. *Ecological Entomology*, 30(1): 1-11
- Fonseca-Geesner AA, Guereschi RM (2000) Macroinvertebrados bentônicos na avaliação da qualidade da água de três córregos na Estação Ecológica de Jataí, Luiz Antônio, SP Brasil. In: Estudos integrados em ecossistemas: Estação Ecológica de Jataí. São Carlos: Rima, pp 707-731
- Fusari LM (2006) Estudos das comunidades de macroinvertebrados bentônicos das Represas do Monjolinho e do Fazzari no campus da UFSCar, município de São Carlos, 80 p. Dissertação (Mestrado em Ecologia e Recursos Naturais) Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, SP
- Gause GF (1934) The struggle for existence. 129 p. Disponível em: <http://asantos.webs.ull.es/The%20Struggle%20for%20Existence.pdf> Acesso fev. 2017
- Hammer O, Harper DAT e Ryan PD (2001) PAST: Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis. *Palaeontologia Electronica*, 4(1): 1-9
- Harvey LF, White SA (1990) Prey selection by larvae of *Pvrrhosoma nymphula* (Sulzer) (Zygoptera: Coenagrionidae). *Odonatologica*, 19(1): 17-25
- Hutchinson GE (1959) Homage to Santa Rosalia, or why are there so many kinds of animals? *Am. Naturalist*, 93, p. 145-149
- INVESTCO 2002. Plano de conservação e usos múltiplos do reservatório da Usina Hidroelétrica Luis Eduardo Magalhães - UHE Lajeado Tocantins. Instituto Internacional de Ecologia, 252 p
- Krebs CJ (1972) Ecology. The experimental analysis of distribution and abundance. Harper and Row, New York, 694 p
- Leite EF, Nunes AB, Costa JF, Nunes JC, Barros ML (2014) Panorama das condições ambientais na Bacia Hidrográfica do Rio Areias, Tocantins. *Interface*, 7: 117-126

- Lolis SF, Thomaz SM (2011) Monitoramento da composição específica da comunidade de macrófitas aquáticas no reservatório Luís Eduardo Magalhães. *Planta Daninha*, Viçosa-MG, 29(2): 247-258
- Mansur MCD, Valer RM, Aires NCM (1994) Distribuição e preferências ambientais dos moluscos bivalves do açude do Parque de Proteção Ambiental COPESUL, município de Triunfo, Rio Grande do Sul, Brasil. *Biociências*, 2(1): 27-45
- Margalef R (1983) *Limnologia*. Barcelona: Omega, 952 p
- Martello AR, Nunes IGW, Boelter RA, Leal LA (2008) Malacofauna límnic associada à macrófitas aquáticas do rio Iguariaçá, São Borja, RS, Brasil. *Ciência e Natura*, UFSM, 30 (1): 27-41
- Merritt RW, Cummins KW (1984) *An introduction to the aquatic insects of North America*. 2 ed. Dubuque: Kendall/Hunt Publishing, 772 p
- Merritt RW, Cummins KW (1996) *An introduction to the aquatic insects of North America*, 3 ed. Dubuque, IA: Kendall/Hunt, 862p
- Merritt RW, Cummins KW, Berg MB (2008) *An introduction to the aquatic insects of North America*, 4 ed. Dubuque, IA: Kendall/Hunt, 1158p
- Merritt RW, Cummins KW, Campbell EY (2014) Uma abordagem funcional para a caracterização e riachos brasileiros. In: Hamada N, Nessimian JL, Querino RB Ca. (eds) *In: Insetos aquáticos na Amazônia brasileira: taxonomia, biologia e ecologia*, Manaus - AM, Brasil, Editora do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, pp 69-87
- Monção FS, Pereira CR, Santos AM, Neves FS (2011) Efeito do regime de chuvas e da complexidade estrutural da macrófita sobre a diversidade de macroinvertebrados bentônicos em um trecho de um riacho tropical de cabeceira. *SaBios: Revista Saúde e Biologia*, 6(3): 18-24
- Mormul, RP, Vieira LA, Pressinate Júnior S, Monkolski A, Santos AM (2006) Sucessão de invertebrados durante o processo de decomposição de duas plantas aquáticas (*Eichhornia azurea* e *Polygonum ferrugineum*). *Acta Scientiarum Biological Sciences*, 28: 109-115
- Odum EP (1988) *Ecologia*. Rio de Janeiro, Editora Guanabara Koogan S.A., 434p

- Oliveira LG, Fröhlich, CG (1996) Natural history of three Hydropsychidae (Trichoptera, Insecta) in a “Cerrado” stream from Northeastern São Paulo, Brazil. *Revista Brasileira de Zoologia*, 13(3):755-762
- Paiva MP (1982) *Grandes represas do Brasil*. Brasília: Editerra, 292 p
- Pelicice FM, Agostinho AA, Thomaz SM (2005) Fish assemblages associated with *Egeria* in a tropical reservoir: investigating the effects of plant biomass and diel period. *Acta Oecologica*, Paris, 27: 9-16
- Pitelli RLCM, Pitelli RA, Rodrigues CJ, Dias JHP (2012) *Manual de identificação das plantas aquáticas de Porto Primavera*. 1 ed. Jaboticabal: Funep, 54 p
- Ribeiro MCLB, Petreire - Junior M, Juras AA (1995) Ecological integrity and fisheries ecology of the Araguaia – Tocantins river basin, Brazil. *Regulated Rivers: Research e Management*, 11: 325-350
- Ricklefs RE (1990) *Ecology*. 3ed. New York: Freeman WH, 456 p
- Ricklefs RE (1996) *A Economia da Natureza*. 3ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 470p
- Santana ACD, Souza AHFF, Ribeiro LL, Abílio FJP (2009) Macroinvertebrados associados à macrófita aquática *Najas marina* L. do riacho Avelós, na região semi-árida do Brasil. *Revista de Biologia e Ciências da Terra*, 9(2): 32-46
- Silva FL, Pauleto GM, Talamoni JLB, Ruiz SS (2009) Categorização funcional trófica das comunidades de macroinvertebrados de dois reservatórios na região Centro-Oeste do Estado de São Paulo, Brasil. *Acta Scientiarum. Biological Sciences*, 31(1): 73-78
- Sket B, Trontelj P (2008) Global diversity of leeches (Hirudinea) in freshwater. *Hydrobiologia*, 595: 129-137
- Taniguchi H, Nakano S, Tokeshi M (2003) Influences of habitat complexity on the diversity and abundance of epiphytic invertebrates on plants. *Freshwater Biology*, 48:718-728
- Thomas JD (1990) Mutualistic interactions in freshwater modular systems with molluscan components. *Advances in Ecological Research*, 20: 125-178
- Thomaz SM, Cunha ER (2010) The role of macrophytes in habitat structuring in aquatic ecosystems: methods of measurement, causes and consequences on animal

assemblages composition and biodiversity. *Acta Limnologica Brasiliensia*, 22(2): 218-236

Thomaz SM, Dibble ED, Evangelista LR, Higuti J e Bini LM (2008) Influence of aquatic macrophyte habitat complexity on invertebrate abundance and richness in tropical lagoons. *Freshwater Biology* 53: 358-367

Vannote RL, Minshall GW, Cummins KW, Sedell JR, Cushing CE (1980) The River Continuum Concept. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 37: 130-137

Veitenheimer-Mendes IL, Lopes-Pitoni VL, Silva MCP, Schroder NT (1986) Levantamento da malacofauna límnic na área de influência da termoelétrica Jacuí - RS, Porto Alegre, RS, Relatório de Impacto Ambiental (não publicado)

Willians DD (2006) *The biology of temporary waters*. Oxford University Press, Oxford, U.K. 337 p

Winter JG, Duthie HC (2000) Epilithic diatoms as indicators of stream total N and P concentration. *Journal of the North American Benthological Society*, 19(1):32-49