



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS
DEPARTAMENTO DE BIOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECOLOGIA DE
AMBIENTES AQUÁTICOS CONTINENTAIS

SAULO BEMHUR MACHADO

**Sucessão de macroinvertebrados na decomposição da planta aquática
exótica *Hydrilla verticillata* e da nativa *Egeria najas***

Maringá
2019

SAULO BEMHUR MACHADO

Sucessão de macroinvertebrados na decomposição da planta aquática exótica *Hydrilla verticillata* e da nativa *Egeria najas*

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia de Ambientes Aquáticos Continentais do Departamento de Biologia, Centro de Ciências Biológicas da Universidade Estadual de Maringá, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Ecologia e Limnologia. Área de concentração: Ecologia e Limnologia

Orientador: Prof. Dr. Roger Paulo Mormul

Maringá
2019

"Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)"
(Biblioteca Setorial - UEM. Nupélia, Maringá, PR, Brasil)

M149s Machado, Saulo Bemhur, 1990-
Sucessão de macroinvertebrados na decomposição da planta aquática exótica
Hydrilla verticillata e da nativa *Egeria najas* / Saulo Bemhur Machado. -- Maringá,
2019.
25 f. : il.

Dissertação (mestrado em Ecologia de Ambientes Aquáticos Continentais)--
Universidade Estadual de Maringá, Dep. de Biologia, 2019.
Orientador: Prof. Dr. Roger Paulo Mormul.

1. Macroinvertebrados de água doce - Colonização - Lagos rasos - Planície de
inundação - Alto rio Paraná. 2. Macroinvertebrados de água doce - Indicadores
biológicos - Lagos rasos - Planície de inundação - Alto rio Paraná. 3. Macrófitas
aquáticas submersas - Decomposição - Lagos rasos - Planície de inundação - Alto rio
Paraná. 4. Ecologia de lagos rasos - Processos ecossistêmicos - Decomposição - Planície
de inundação - Alto rio Paraná. I. Universidade Estadual de Maringá. Departamento de
Biologia. Programa de Pós-Graduação em Ecologia de Ambientes Aquáticos
Continentais.

CDD 23. ed. – 579.178209816

SAULO BEMHUR MACHADO

Sucessão de macroinvertebrados na decomposição da planta aquática exótica *Hydrilla verticillata* e da nativa *Egeria najas*.

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia de Ambientes Aquáticos Continentais do Departamento de Biologia, Centro de Ciências Biológicas da Universidade Estadual de Maringá, como requisito parcial para obtenção do título de Doutor ou Mestre em Ecologia e Limnologia e aprovada pela Comissão Julgadora composta pelos membros:

COMISSÃO JULGADORA

Prof. Dr. Roger Paulo Mormul
Nupélia/Universidade Estadual de Maringá (Presidente)

Prof. Dr. Rafael Zampar
Centro Universitário Integrado de Campo Mourão

Prof.^a Dr.^a Danielle Katharine Petsch
Nupélia/Universidade Estadual de Maringá (UEM)

Aprovada em: 17 de dezembro de 2019.

Local de defesa: Auditório do Nupélia, Bloco H-90, sala 1, *campus* da Universidade Estadual de Maringá.

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais Cirço e Luiza por todo apoio e incentivo.

A minha irmã Saralim pela ajuda e incentivo.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES).

Ao programa de Pós-graduação em Ecologia de Ambientes Aquáticos Continentais (PEA).

Ao Núcleo de Pesquisas em Limnologia, Ictiologia e Aquicultura (Nupélia).

A todo corpo docente da Pós-graduação em Ecologia de Ambientes Aquáticos Continentais (PEA).

A Biblioteca Setorial do Nupélia – Maria Salete e João.

Aos funcionários da Base em Porto Rico - Sebastião e Alfredo.

Aos meus companheiros do Laboratório Lagos Rasos e Invasões – Rafael, Bruno, Jessica, Vanessa, Dieison, Raul, Renata e Ana Paula.

Ao meu orientador Prof. Dr. Roger Paulo Mormul.

Sucessão de macroinvertebrados na decomposição da planta aquática exótica *Hydrilla verticillata* e da nativa *Egeria najas*

RESUMO

A decomposição é um processo de grande importância para os ecossistemas, e os macroinvertebrados juntamente com fungos e bactérias possuem um importante papel na ciclagem da matéria orgânica. Pela decomposição, os nutrientes que compõem os organismos podem ser novamente reutilizados, e os macroinvertebrados atuam fracionando essa matéria orgânica. A espécie exótica *Hydrilla verticillata* (L.f) Royle é uma espécie de macrófita submersas que atualmente tem causado problemas em diversas regiões do globo. Além de causar prejuízos econômicos em usinas hidroelétricas *H. verticillata* causa prejuízos para as espécies nativas devido a competição por recursos, o que pode facilitar novas invasões. Avaliou-se como ocorre a colonização de macroinvertebrados durante a decomposição das macrófitas *H. verticillata* e *E. najas*, além de avaliar outros atributos de comunidade durante o processo como, por exemplo, densidade, riqueza, diversidade de Shannon e equitabilidade de Pielou. O experimento foi realizado na Lagoa das Garças e as macrófitas foram coletadas no Rio Paraná. Após a coleta, as plantas foram secas em temperatura ambiente. Foram acondicionadas 5 g de material seco de cada espécie em dois tipos de litterbag, um com malha fina (0,5mm) e outro com malha grossa (4 mm), totalizando 100 litterbags. Os litterbags foram fixados em 5 pontos na lagoa e retirados em um intervalo de 4 em 4 dias. Em laboratório, os litterbags foram lavados com auxílio de peneira de malha de 0,2 µm. O material em decomposição foi triado e o restante foi seco em estufa para posterior cálculo de decaimento. Não houve diferença significativa nos atributos de comunidade, exceto quando o tempo foi aplicado como uma variável à análise. A decomposição foi similar nas duas espécies devido a ambas possuírem características semelhantes. Talvez, a proximidade filogenética entre as macrófitas possa ter gerado a similaridade dos resultados obtidos durante o experimento. O táxon mais observado durante o processo foi de Chironomidae e o processo de colonização ocorreu de forma muito semelhante para ambos os tratamentos. Os tipos de malhas mostraram resultados parecidos, pois podem não ter influenciado a colonização e a entrada dos macroinvertebrados durante o processo de decomposição. Desse modo, a colonização dos invertebrados não dependeu das espécies de macrófita e/ou tipo de malha. Por isso ressalta-se a importância de novos estudos para melhor direcionar questões voltadas para a colonização e quantificar a degradação da matéria orgânica relativa a espécies exóticas e nativas na planície de inundação do alto rio Paraná.

Palavras-chave: Plantas submersas. Rio Paraná. Ciclagem de nutrientes. Lagos rasos.

Succession of macroinvertebrates during the decomposition process of the aquatic exotic-plant *Hydrilla verticillata* and the native *Egeria najas*

ABSTRACT

Decomposition is a process of great importance to the ecosystem. Macroinvertebrates together with fungi and bacteria play a very important role in the cycling of organic matter. Through decomposition, nutrients that make up the organisms can be reused and macroinvertebrates act by fractionating the organic matter in this process. The exotic species *Hydrilla verticillata* (L.f) Royle usually causes problems in various regions of the globe such as economic damage in hydroelectric plants. This exotic species competes with native species and can facilitate new invasions. The objective of the present work is to evaluate how the colonization of macroinvertebrates occurs during the decomposition of *H. verticillata* and *E. najas* macrophytes, as well as other community attributes during the process such as density, richness, Shannon diversity and Pielou evenness. The experiment was carried out in Garças Lake and the macrophytes were collected in Paraná River. Macrophytes were dried at room temperature and 5 g of each species were added in two types of litterbags, one thin mesh (0.5 mm) and another with thick mesh (4 mm), totalling 100 litterbags. The litterbags were fixed at 5 points in the lake and removed each 4 days. In the laboratory the litterbags were washed with a 0.2 µm mesh sieve, the decomposing material was sorted and the remainder was oven dried for further decay calculation. There was no significant difference in community attributes, except when time was applied assigned to analysis. The decomposition was similar in both species because both had similar characteristics, including phylogenetic proximity. The most observed taxon during the process was Chironomidae. Thus, it is worth noting that more studies are needed to elucidate questions related to the colonization process and quantify the degradation of organic matter of exotic and native species in the Upper Paraná River floodplain.

Keywords: Submerged plants. Parana River. Nutrient cycling. Shallow lakes.

Dissertação elaborada e formatada de acordo
com as normas da Publicação científica
Invertebrate Biology

Available in:
[https://onlinelibrary.wiley.com/page/journal/
17447410/homepage/forauthors.html](https://onlinelibrary.wiley.com/page/journal/17447410/homepage/forauthors.html)

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	8
2	MÉTODOS.....	10
2.1	Área experimental	10
2.2	Delineamento experimental	12
2.3	Análise dos Dados	12
3	RESULTADOS	13
4	DISCUSSÃO	18
5	CONCLUSÃO.....	20
	REFERÊNCIAS	20

1 INTRODUÇÃO

A decomposição é um importante processo para os ambientes aquáticos, pois é a partir desse processo que compostos orgânicos são novamente devolvidos para o ambiente em formas inorgânicas (ODUM, 1983; GIMENES *et al.*, 2010). É por meio da decomposição que macronutrientes essenciais ficam disponíveis para produção primária realizada por algas e plantas (ODUM, 1983; GIMENES *et al.*, 2010). Em lagos rasos, a frequente mistura da coluna d'água faz com que esses ambientes não sejam estratificados por longos períodos, e as trocas entre o sedimento e a coluna de água sejam mais frequentes, podendo criar assim um *habitat* rico em nutrientes (CHUN-HUA *et al.*, 2014; CARVALHO *et al.*, 2015). As macrófitas submersas são apontadas como os principais mantenedores do equilíbrio entre águas pobres e ricas em nutrientes, elas atuam diretamente na dinâmica de todo ecossistema lacustre, pois propiciam oxigênio dissolvido para o meio e estabilidade do sedimento, além de proporcionar refúgios para as comunidades aquáticas (ex. invertebrados e peixes) (THOMAZ *et al.*, 2008; SCHEFFER, 2004).

Associados às macrófitas, os macroinvertebrados aquáticos exercem funções primordiais dentro das comunidades e nos ecossistemas aquáticos, esses animais contribuem na decomposição da matéria orgânica (tanto autóctone quanto alóctone) e também no fluxo de energia em sistemas lacustres, eles atuam na fragmentação mecânica da matéria orgânica (cortando e retalhando os compostos orgânicos), ou atuam quimicamente (através de ação enzimática, por ingestão e digestão), desse modo diminuindo o tamanho das partículas e aumentando as taxas de decomposição do material orgânico (contribuindo para a ciclagem do carbono e nitrogênio dentro do sistema), que será realizado posteriormente por bactérias e fungos (ESTEVES, 2011; SCHMERA *et al.*, 2017).

Com inserção de espécies invasoras em um ambiente, a estrutura desse *habitat* tende a ser modificada, devido a sua reprodução acelerada, alto crescimento e a grande taxa

de dispersão, essas espécies tendem a se tornar dominantes no habitat invadido, modificando a estrutura e/ou a função do ecossistema (MATOS e PIVELLO, 2009).

A atividade das espécies exóticas modifica as propriedades do substrato, a disponibilidade de nutrientes e sua estrutura, essas espécies individuais alteram a disponibilidade de carbono (C) e nitrogênio (N) e outros nutrientes utilizados na produção primária e taxas de crescimento, também podendo ser um agente facilitador para futuras invasões. Por isso compreender os efeitos das exóticas no processo de decomposição é de grande importância para gerenciar e prever as consequências das invasões (ASHTON *et al.*, 2005; EHRENFELD, 2003).

Hydrilla verticillata (L.f) Royle é uma espécie de macrófita submersa que pertence à família Hydrocharitaceae, sua distribuição natural ocorre nas áreas quentes da Ásia, essa espécie possui características cosmopolitas, sendo observada em várias ilhas do Pacífico, na Austrália, Europa, África e América do Norte e América do Sul (LANGELAND, 1996). Essa macrófita foi observada na bacia do rio Paraná, e possui grande potencial invasor, que pode comprometer a biodiversidade, e alterar funções ecossistêmicas em ambientes lóticos e lênticos (MICHELAN *et al.*, 2010).

Por outro lado, *Egeria najas* Planch. é uma espécie de macrófita submersa enraizada, também pertencente à família Hydrocharitaceae, essa macrófita originária da América do Sul é encontrada em grande abundância nas bacias hidrográficas dos rios Paraná e Paraguai (COOK e URMI-KÖNIG, 1984). A macrófita *Egeria najas* apresenta alta dominância (através de altos valores de biomassa) na comunidade de plantas aquáticas submersas em lagos de região subtropical (SOUSA *et al.*, 2009; SOUSA *et al.*, 2010).

Os impactos causados pela *Hydrilla verticillata* consistem principalmente quando o crescimento vegetativo aumenta consideravelmente implicando na utilização antrópica,

como a navegação e o potencial hidroelétrico, os danos ambientais consistem na competição interespecífica entre essas macrófitas trazem efeitos negativos para as espécies nativas como diminuição da diversidade, e supressão das demais espécies, além da competição por recursos como luz, carbono inorgânico e nutrientes (THOMAZ e BINI, 1998; SILVEIRA *et al.*, 2018).

Hydrilla verticillata compõem traços fisiológicos e reprodutivos que demonstram sua característica invasiva, o que permite essa espécie tornar-se dominante em vários ecossistemas de água doce, devido sua resistência e a capacidade de produzir grande quantidade de fragmentos que se desprendem flutuam na coluna d'água e são dispersos pelo fluxo do rio até alcançar um novo ambiente propício para a sua colonização (CHADWELL *et al.*, 2008).

O seguinte trabalho busca entender como ocorre a colonização de macroinvertebrados que atuam durante a decomposição das plantas submersas *Egeria najas* Planch. e *Hydrilla verticillata* (L.f) Royle, com os objetivos: (i) analisar atributos da comunidade como: a densidade, a riqueza, o índice de Shannon e a equitabilidade de Pielou; (ii) analisar como o tempo atua na substituição dos macroinvertebrados durante o processo de decomposição; (iii) observar se ocorre diferenças entre as plantas e os tipos de malhas no processo de colonização dos macroinvertebrados.

2 MÉTODOS

2.1 Área experimental

O rio Paraná constitui-se o principal rio da bacia do Plata, é o décimo maior do mundo em descarga e o quarto em área de drenagem, atuando em todo centro sul da América do Sul. Formado pelos rios Grande e Paranaíba, o rio Paraná possui grande importância sociocultural, econômica e ecológica, desde a sua nascente até a foz no estuário do La Plata

(um trecho de 4.695 km). A planície de inundação do alto rio Paraná está situada entre dois barramentos, a montante fica UHE Porto Primavera e a jusante UHE de Itaipu, a planície de inundação fica restrita a 230 km entre os barramentos onde possui diversas lagoas conectadas e não conectadas que são utilizadas para reprodução de peixes entre outros organismos (AGOSTINHO *et al.*, 2018).

Devido aos impactos sofridos com os barramentos e a importância biológica desse sistema foram criadas três unidades de conservação nesse trecho, são elas: a Área de Proteção Ambiental das Ilhas e Várzeas do Rio Paraná com 1.000.310 ha, o Parque Nacional de Ilha Grande com 78.800 ha e o Parque Estadual do Ivinhema com 70.000 ha (AGOSTINHO *et al.*, 2004). A área de estudo compreende uma lagoa marginal conectada ao Rio Paraná (Lagoa das Garças; Fig. 1).

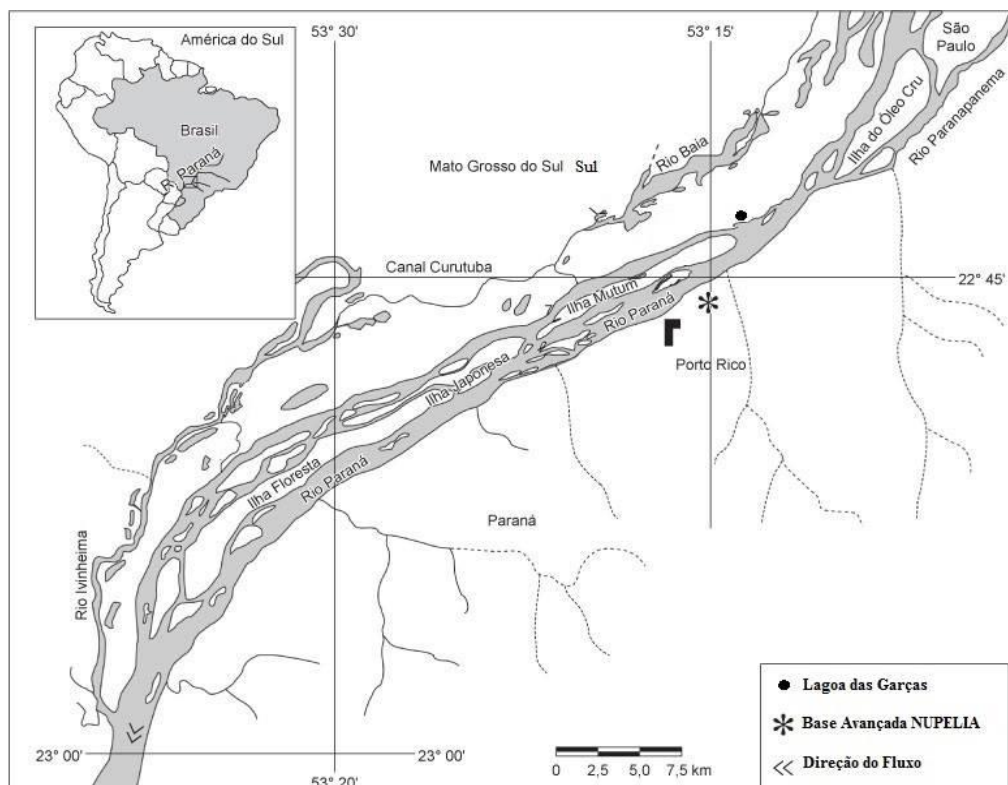


Figura 1 - Mapa de localização da área de estudo.

2.2 Delineamento experimental

Os propágulos de *H. verticillata* e *E. najas* foram coletados no rio Paraná com o auxílio de um garfo. Após a coleta, os propágulos foram mantidos em caixas d'água para evitar ressecamento durante a seleção dos fragmentos. Porções apicais dos propágulos com 15 cm de comprimento foram separadas e pesadas, e em seguida, expostas ao sol por seis horas para secagem ($34^{\circ}\text{C}\pm 4$).

Os fragmentos de cada espécie foram agrupados de 5g em 5g de peso seco (PS) em dois tipos de *litterbags* (malha 0,5 mm e 4 mm). Dessa forma, o fator espécie foi cruzado com o fator malha do *litterbag*. O processo de decomposição foi avaliado durante 20 dias, com amostragem em intervalos de quatro dias (retirada de amostras no 4°, 8°, 12°, 16° e 20° dia). Para cada dia de amostragem foi incubado um *litterbag* de cada malha para cada espécie, totalizando 20 *litterbags*. Esse procedimento foi realizado em cinco regiões da lagoa totalizando 100 *litterbags*.

Em cada amostragem os *litterbags* coletados foram acondicionados em sacos plásticos individualmente e armazenados em uma caixa térmica com gelo, para posterior análise em laboratório. Os *litterbags* foram lavados com água corrente em uma peneira com malha de 0,2 μm . Todo o material retido na peneira foi triado em lupa estereoscópica, para contagem e identificação até família dos invertebrados. Os fragmentos de *H. verticillata* e *E. najas* restantes nos *litterbags* foram secos e pesados novamente até obter o peso seco.

2.3 Análise dos Dados

Para avaliar os atributos de comunidade de macroinvertebrados, foi utilizada análise de variância tri-fatorial (ANOVA *three-way*), tendo como variáveis resposta: densidade (ind. g^{-1} PS), riqueza de *taxa* (S), diversidade de Shannon (H') e equitabilidade de

Pielou (*J*). Nessa análise foram considerados como fatores as diferentes espécies macrófitas, as diferentes malhas do *litterbag* e o tempo, pois o delineamento experimental remove a dependência temporal das unidades experimentais. Após a análise de variância foi aplicado o teste de *Tukey* como teste a *posteriori*. Finalmente, foi realizada uma Análise de Coordenadas Principais (PCoA; LEGENDRE e LEGENDRE, 1998) para sumarizar os dados de composição de espécies de macroinvertebrados com posterior aplicação de uma análise de variância tri-fatorial (ANOVA *three-way*) para avaliar se houve diferença significativa entre os escores dos tratamentos.

3 RESULTADOS

Um total de 22 grupos taxonômicos foi registrado durante o experimento, os quais totalizaram uma densidade geral de 11.016 ind. g⁻¹ PS, sendo que *H. verticillata* foi colonizada por 5.480 ind. g⁻¹ PS, enquanto *E. najas* foi colonizada por 5.536 ind. g⁻¹ PS. A taxa de decaimento da biomassa foi muito similar entre as espécies, sendo que o decaimento de *H. verticillata* foi 0,08 g d⁻¹ (±0,04), enquanto de *E. najas* foi 0,09 g d⁻¹ (±0,03). A densidade de macroinvertebrados não diferiu significativamente entre as espécies e entre as malhas utilizadas (Tabela 1). Contudo, houve efeito significativo do tempo de decomposição sobre a densidade de macroinvertebrados (Tabela 1; Fig. 2), registrando-se um aumento gradativo da densidade de macroinvertebrados ao longo do tempo, com os maiores valores de densidade sendo registrados no 20º dia de decomposição.

Similarmente a densidade, a riqueza de taxa e a diversidade de Shannon não diferiram significativamente entre as espécies e entre as malhas, mas houve efeito do tempo de decomposição sobre esses atributos da comunidade (Tabela 1; Fig. 3 e 4). Diferenças significativas foram registradas entre os estágios de decomposição, e os maiores valores de

riqueza e diversidade foram registrados no 20º dia de decomposição. Contudo, diferentemente da densidade, a riqueza e diversidade não sofreram aumento gradativo, e apresentaram um padrão idiossincrático ao longo da decomposição.

Tabela 1 – Resultados da análise de variância para densidade (ln-transformada), riqueza de taxa (S), diversidade de Shannon (H') e equitabilidade de Pielou (J). GL=graus de liberdade.

	GL	Densidade		S		H'		J	
		F	p	F	p	F	p	F	p
Tempo	4	74,78	<0,001	26,47	<0,001	40,23	<0,001	15,05	<0,001
Espécies	1	0,67	0,416	1,59	0,213	1,62	0,209	2,68	0,109
Malha	1	0,12	0,725	1,97	0,168	2,57	0,116	0,10	0,753
Tempo*Espécies	4	0,87	0,486	1,34	0,268	1,51	0,215	3,22	0,021
Tempo*Malha	4	0,57	0,679	0,64	0,636	0,63	0,639	0,62	0,646
Espécies*Malha	1	0,00	0,934	1,59	0,213	0,54	0,463	0,03	0,863
Tempo*Espécies*Malha	4	0,37	0,825	0,80	0,527	0,43	0,785	0,36	0,833
Resíduo	40								

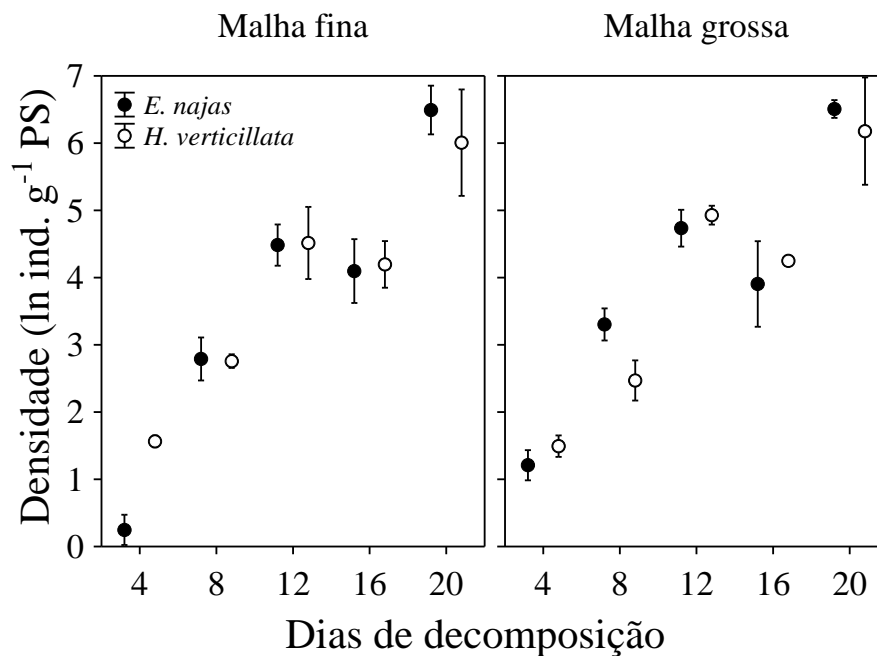


Figura 2 – Média e erro padrão da densidade logaritmizada de macroinvertebrados registrados durante 20 dias de decomposição da planta exótica *Hydrilla verticillata* e da nativa *Egeria najas*, incubadas em *litterbags* com malha fina e grossa.

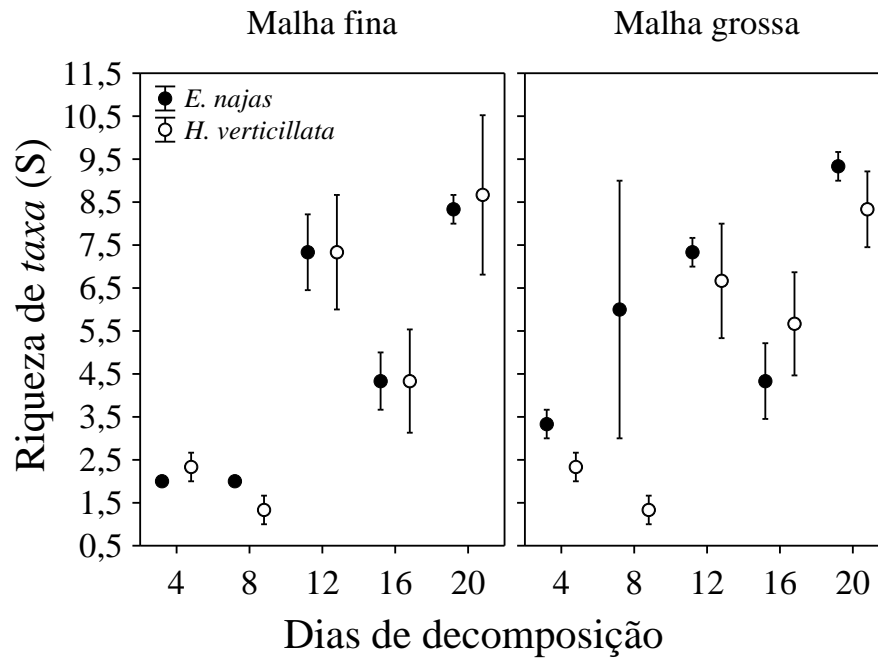


Figura 3 – Média e erro padrão da riqueza de *taxa* de macroinvertebrados registrados durante 20 dias de decomposição da planta exótica *Hydrilla verticillata* e da nativa *Egeria najas*, incubadas em *litterbags* com malha fina e grossa.

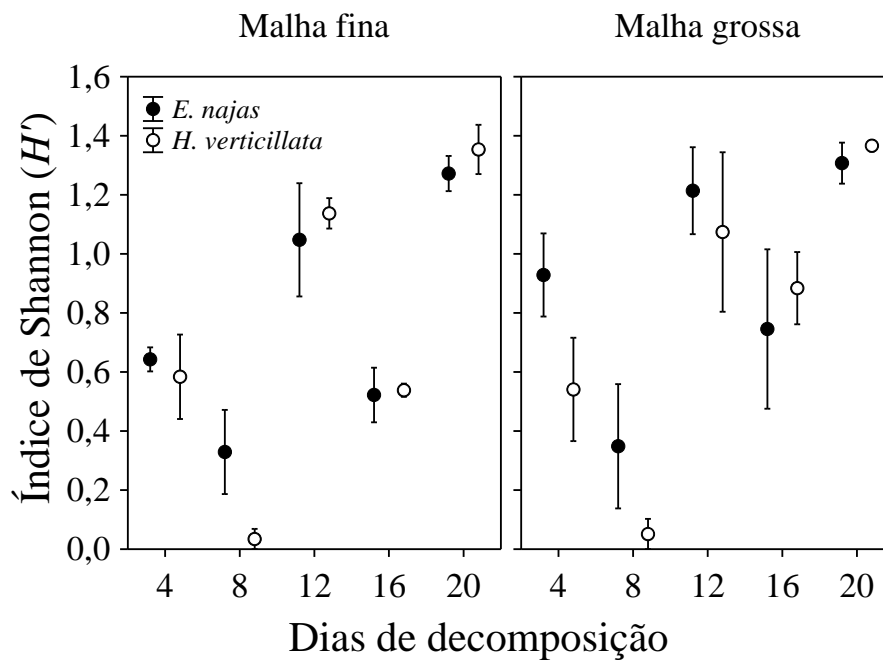


Figura 4 – Média e erro padrão da diversidade de Shannon de macroinvertebrados registrados durante 20 dias de decomposição da planta exótica *Hydrilla verticillata* e da nativa *Egeria najas*, incubadas em *litterbags* com malha fina e grossa.

O índice de equitabilidade de Pielou foi o único atributo da comunidade afetado pelo tempo dependendo da espécie (Tabela 1). Os maiores valores de equitabilidade

ocorreram no início da decomposição em *E. najas*, havendo declínio da equitabilidade de macroinvertebrados ao longo da decomposição. Contudo, no 20º dia de decomposição, os maiores valores de equitabilidade passaram a ser registrados em *H. verticillata* (Fig. 5).

O último atributo da comunidade avaliado foi a composição de *taxa*. Após realizar a análise de coordenadas principais, a avaliação do escores dos eixos resultou na manutenção do padrão encontrado para os demais atributos da comunidade. Apenas o tempo de decomposição teve efeito significativo sobre a composição de *taxa* de macroinvertebrados (Tabela 2; Fig. 6), não havendo efeito da espécie em decomposição ou mesmo do tamanho da malha sobre a composição dos macroinvertebrados.

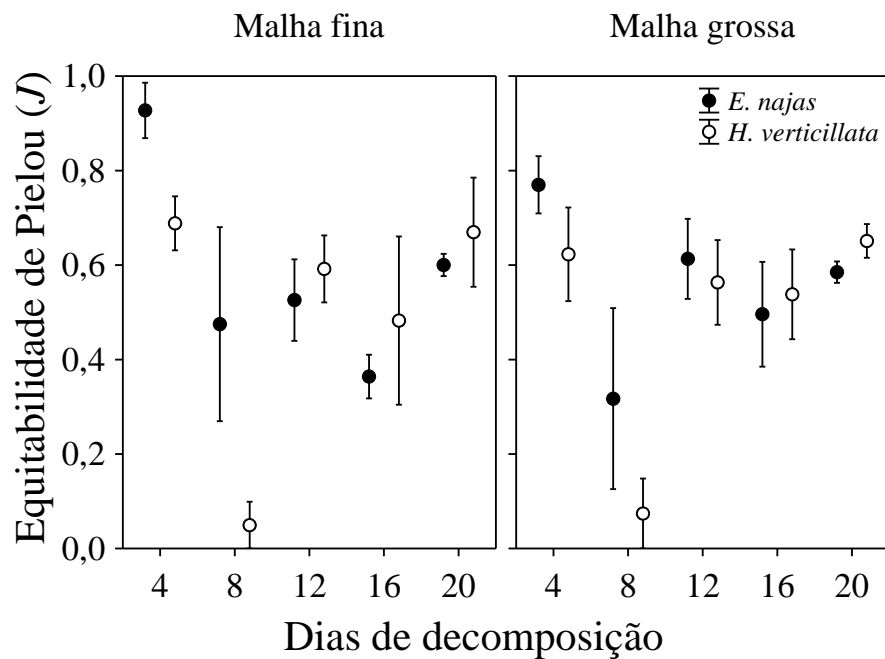


Figura 5 – Média e erro padrão do índice de equitabilidade de macroinvertebrados registrados durante 20 dias de decomposição da planta exótica *Hydrilla verticillata* e da nativa *Egeria najas*, incubadas em *litterbags* com malha fina e grossa.

Tabela 2 – Resultados da análise de variância para os escores do eixo 1 (PCoA1) e eixo 2 (PCoA2) da análise de coordenadas principais. GL=graus de liberdade.

	PCoA1		PCoA2		
	GL	F	p	F	p
Tempo	4	76,15	<0,001	32,95	<0,001
Espécies	1	1,52	0,224	1,37	0,247
Malha	1	0,31	0,578	0,12	0,729
Tempo*Espécies	4	1,41	0,245	0,92	0,460
Tempo*Malha	4	0,43	0,785	0,25	0,906
Espécies*Malha	1	0,03	0,848	0,02	0,881
Tempo*Espécies*Malha	4	0,68	0,605	0,17	0,950
Resíduo	40				

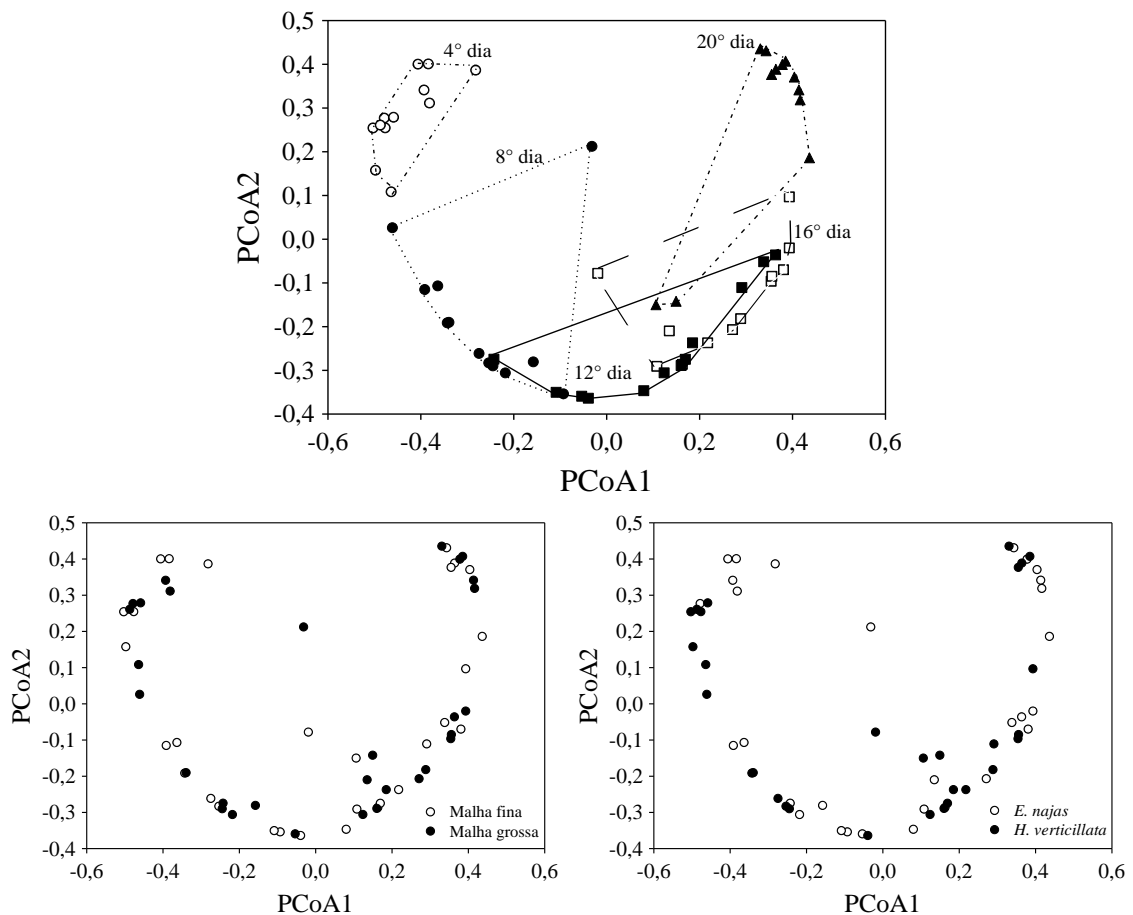


Figura 6 – Ordenação da composição de taxa de macroinvertebrados registrados durante 20 dias de decomposição da planta exótica *Hydrilla verticillata* e da nativa *Egeria najas*, incubadas em litterbags com malha fina e grossa.

4 DISCUSSÃO

Verificou-se que a densidade, a riqueza e o índice de Shannon foram afetados apenas pelo tempo de decomposição, enquanto que a equitabilidade de Pielou foi afetada pelo tempo dependendo da espécie em questão. Como ambas as espécies utilizadas são pertencentes à família Hydrocharitaceae, é possível que a proximidade filogenética às espécies possa ter gerado a similaridade nos atributos da comunidade associada entre as espécies de macrófitas durante o processo de decomposição (p.ex., CASTRO *et al.*, 2013). Similarmente, a composição de espécies de macroinvertebrados, também não foi afetada pela espécie de macrófita ou pelo tipo de malhas, mas apenas pelo tempo. Dessa forma, houve substituição de macroinvertebrados durante o processo de decomposição, sendo que a cada tempo de retirada registrou-se uma comunidade com características composicionais distintas.

Durante o processo de decomposição observou-se um aumento da densidade macroinvertebrados a cada coleta. Esses organismos estão intimamente ligados a tal função no ambiente, pois eles são responsáveis por fracionar o detrito, ingerindo e desse modo produzindo fragmentos finos, que posteriormente serão colonizados por fungos e bactérias. A decomposição está ligada a palatabilidade de certas plantas, compostos químicos de folhas podem influenciar a detritivoria, pois podem apresentar maior concentração de lignina e polifenóis tornando o detrito desagradável (DYE, 2006; SAULINO e TRIVINHO-STRIXINO, 2018).

O tempo foi a variável que mostrou uma diferenciação na estrutura da comunidade durante o processo, assim também mostrado no trabalho de Gatiboni *et al.*, (2009), houve uma mudança na estrutura da comunidade edáfica, onde ocorreu aumento geral de colêmbolos (Collembola) e diminuição da diversidade da fauna. O aumento da densidade de macroinvertebrados no fim do experimento pode estar associado ao fato de que as plantas liberam compostos secundários no início da decomposição e se tornam mais palatáveis

quando em decomposição mais avançada (KURASHOV *et al.*, 1996).

Espécies exóticas invasoras podem provocar fortes influências nos processos de desassimilação e transformações na cadeia detritívora, devido a mudanças químicas que tais espécies podem provocar no ambiente invadido, modificando o pH e adicionando substâncias alelopáticas ao sistema (CALLAWAY e RIDENOUR, 2004; EHRENFELD, 2010; LEITE-ROSSI *et al.*, 2015). Entretanto esse aspecto não foi observado, pois ambas as plantas foram decompostas durante o experimento, e a colonização dos invertebrados ocorreu similarmente, sugerindo que ambas as plantas podem possuir semelhanças nesse sentido (SOLYMOSY e GANGSTAD, 1974; YEO *et al.*, 1984).

Independente da espécie de macrófita ser exótica ou nativa, o grupo que mais se estabeleceu nos *litterbags*, foi a família Chironomidae. Os quironomídeos podem realizar o papel de coleta de fragmentação e coleta de detritos liberados pelas macrófitas em decomposição (MORETTI *et al.*, 2003). Com o passar das coletas a densidade desses organismos aumentou, o que pode ter ainda, acelerado o processo de decomposição (p.ex., REIS *et al.*, 2016). Resultados similares também foram registrados por Santos e Rodriguez (2015) e Trevisan e Hepp (2007). Esperava-se que as diferentes malhas fizessem um processo de seleção no tamanho de indivíduos, e que isso causasse diferenças na estrutura da comunidade de macroinvertebrados. Contudo, não houve diferença entre as malhas utilizadas no experimento, sugerindo que o tamanho dos macroinvertebrados pode não impedir que eles adentrassem e colonizassem as macrófitas em decomposição, ou ainda, que os tamanhos de malhas utilizados não sejam suficientes para afetar a colonização dos substratos.

Com a degradação da fitomassa, a substituição dos invertebrados foi ocorrendo, iniciando-se principalmente com a colonização da família Chironomidae, e aumentando a densidade de organismos conforme o tempo de decomposição ocorria, como observado por (ENRIQUEZ *et al.*, 1993; SCHÄDLER *et al.*, 2003).

5 CONCLUSÃO

O processo de decomposição das macrófitas registrado de forma experimental indica que independente de a espécie submersa ser nativa ou exótica, a colonização dos macroinvertebrados ocorre de forma similar e a estrutura do substrato (i.e. tipo de malha) pode não selecionar os invertebrados. Dessa forma, o processo de colonização de macrófitas em decomposição ocorre independente da origem da espécie, levando a ocorrência de uma sucessão natural dos organismos decompositores. De fato a substituição dos macroinvertebrados durante o processo ocorreu muito similarmente entre *E. najas* e *H. verticillata*, tornando o tempo um aspecto importante durante a decomposição das plantas. Ainda, ressalta-se que estudos futuros devem direcionar esforços para quantificar a degradação da matéria orgânica e a liberação dos nutrientes para correlacionar com a substituição dos macroinvertebrados ao longo do tempo, o que auxiliaria na explicação dos padrões encontrados. Por fim, sugere-se que a presença da espécie invasora *H. verticillata* na planície de inundação do alto rio Paraná não esteja afetando os padrões de colonização de macroinvertebrados e decomposição das macrófitas aquáticas. Contudo, esse efeito deve ser estudado mais a fundo, a fim de compreender como a decomposição de *H. verticillata* poderia ocorrer em outros ambientes da planície de inundação do alto Rio Paraná.

REFERÊNCIAS

- ASHTON, I. W; HYATT, L. A; HOWE, K. M; GUREVITCH, J; LERDAU, M. T. Invasive species accelerate decomposition and litter nitrogen loss in a mixed deciduous forest. **Ecological Applications**, v. 15, n. 4, p. 1263-1272, 2005.
- AGOSTINHO, A. A; THOMAZ, S. M; GOMES, L. C. Threats for biodiversity in the floodplain of the Upper Paraná River: effects of hydrological regulation by dams.

Ecology and Hydrobiology, v. 4, n. 6, p. 255-268, 2004.

AGOSTINHO, A. A; TOMAZ, S. M; MINTE-VERA, C. V; WINEMILLER, K. O.

Biodiversity in the high Paraná River floodplain. 2018.

CALLAWAY, R. M.; RIDENOUR, W. M. Novel weapons: invasive success and the evolution of increased competitive ability. **Frontiers in Ecology and the Environment**, v. 2, n. 8, p. 436-443, 2004.

CARVALHO, C.; HEPP, L. U.; SILVA, C. P.; ALBERTONI, E. F. Decomposition of macrophytes in a shallow subtropical lake. **Limnologica**, v. 53, p. 1-9, 2015.

CASTRO, C. W. A; CUNHA-SANTINO, M. B.; BIANCHINI JR, I. Anaerobic decomposition of a native and an exotic submersed macrophyte in two tropical reservoirs. **Brazilian Journal of Biology**, v. 73, n. 2, p. 299-307, 2013.

CHADWELL, T. B.; ENGELHARDT, K. A. M. Effects of pre-existing submersed vegetation and propagule pressure on the invasion success of *Hydrilla verticillata*. **Journal of Applied Ecology**, v. 45, n. 2, p. 515-523, 2008.

CHUN-HUA, L.; WANG, B.; CHUN, Y.; YU-XIN, B. The release of nitrogen and phosphorus during the decomposition process of submerged macrophyte (*Hydrilla verticillata* Royle) with different biomass levels. **Ecological Engineering**, v. 70, p. 268-274, 2014.

COOK, C. D. K; URMI-KÖNIG, K. A revision of the genus *Egeria* (Hydrocharitaceae). **Aquatic Botanic**, v. 19, p. 73-96, 1984.

DYE, A. H. Inhibition of the decomposition of *Zostera capricornii* litter by macrobenthos and meiobenthos in a brackish coastal lake system. **Estuaries and coasts**, v. 29, n. 5, p. 802-809, 2006.

- ENRÍQUEZ, S; DUARTE, C. M; SAND-JENSEN, K. Patterns in decomposition rates among photosynthetic organisms: the importance of detritus C: N: P content. **Oecologia**, v. 94, n. 4, p. 457-471, 1993.
- EHRENFELD, J. G. Effects of exotic plant invasions on soil nutrient cycling processes. **Ecosystems**, v. 6, p. 503-523, 2003.
- EHRENFELD, J. G. Ecosystem consequences of biological invasions. **Annual review of ecology, evolution, and systematics**, v. 41, p. 59-80, 2010.
- ESTEVEZ, F. A. **Fundamentos de Limnologia**. 3. ed. Rio de Janeiro: Interciência, 2011. 602-603 p.
- GIMENES, K. Z.; CUNHA-SANTINO, M. B.; BIANCHINI JR, I. Decomposição de matéria orgânica alóctone e autóctone em ecossistemas aquáticos. **Oecologica Australis**, v. 14, n. 4, p. 1036-1073, 2010.
- KURASHOV, E.A. et al. Invertebrates communities associated with macrophytes in Lake Ladoga: effects of environmental factors. **Hydrobiologia**, Dordrecht, v. 322, p. 49-55, 1996.
- LANGELAND, K. A. *Hydrilla verticillata* (L.F.) Royle (Hydrocharitaceae), "The Perfect Aquatic Weed". **Castanea**, v. 61, n. 3, p. 293-304, 1996.
- LEGENDRE, L; LEGENDRE, P. **Numeral ecology**. 2. Ed. New York: Elsevier, 1998. 853 p.
- LEITE-ROSSI, L. A; SAITO, V. S; CUNHA-SANTINO, M. B; TRIVINHO-STRIXINO, S. How does leaf litter chemistry influence its decomposition and colonization by shredder Chironomidae (Diptera) larvae in a tropical stream? **Hydrobiologia**, v. 771, n. 1, p. 119-130, 2015.
- MATOS, D. M. S.; PIVELLO, V. R. O impacto das plantas invasoras nos recursos naturais de

ambientes terrestres - alguns casos brasileiros. **Ciência e Cultura**, v. 61, n. 1, p. 27-30, 2009.

MICHELAN, T. S.; THOMAZ, S. M.; MORMUL, R. P.; CARVALHO, P. Effects of an exotic invasive macrophyte (tropical signalgrass) on native plant community composition, species richness and functional diversity. **Freshwater Biology**, v. 55, p. 1315-1326, 2010.

MORETTI, M.S. et al. Avaliação rápida da macrofauna associada à *Eichhornia azurea* (Swartz) Kunth, 1843 e *Pontederia laceolata* Nutt., 1818 (Pontederiaceae) na Baía do Coqueiro, Pantanal de Poconé (MT/Brasil). *Rev. Bras. Zool.*, Viçosa, v. 5, p. 7-21, 2003.

ODUM, E. P. **Ecologia**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1983.

REIS, A. L. G; MELO, T. B; PELLI, A. Sucessão de insetos em peça anatômica de galinha *Gallus gallus domesticus* em um córrego de Vereda em Uberaba/MG. **Revista Brasileira de Ciência, Tecnologia e Inovação**, v. 1, n. 3, p. 1-8, 2016.

SANTOS, I. G. A; RODRIGUES, G. G. Colonização de macroinvertebrados bentônicos em detritos foliares em um riacho de primeira ordem na Floresta Atlântica do nordeste brasileiro. **Iheringia. Série Zoologia**, v. 105, n. 1, p. 84-93, 2015.

SAULINO, H. H. L.; TRIVINHO-STRIXINO, S. Native macrophyte leaves influence more specialisation of neotropical shredder chironomids than invasive macrophyte leaves. **Hydrobiologia**, v. 813, n. 1, p. 189-198, 2018.

SCHÄDLER, M; JUNG, G; AUJE, H; BRANDL, R. Palatability, decomposition and insect herbivory: patterns in a successional old-field plant community. **Oikos**, v. 103, n. 1, p. 121-132, 2003.

SCHEFFER, M. **Ecology of Shallow Lakes**. Kluwer Academic Publishers, 2004.

- SCHMERA, D; HEINO, J; PODANI, J; ERŐS, T; DOLÉDEC, S. Functional diversity: a review of methodology and current knowledge in freshwater macroinvertebrate research. **Hydrobiologia**, v. 787, n. 1, p. 27-44, 2017.
- SILVEIRA, M. J; ALVES, D. C; THOMAZ, S. M. Effects of the density of the invasive macrophyte *Hydrilla verticillata* and root competition on growth of one native macrophyte in different sediment fertilities. **Ecological research**, v. 33, n. 5, p. 927-934, 2018.
- SOLYMOSY, S. L; GANGSTAD, E. O. Nomenclature, taxonomy and distribution of *Egeria* and *Elodea*. **Hyacinth Contr. J**, v. 12, p. 3-5, 1974.
- SOUSA, W. T. Z; THOMAZ, S. M; MURPHY, K. J; SILVEIRA, M. J; MORMUL, R. P. Environmental predictors of the occurrence of exotic *Hydrilla verticillata* (L.f.) Royle and native *Egeria najas* Planch. in a sub-tropical river floodplain: the Upper River Paraná, Brazil. **Hidrobiologia**, n. 632, p. 65-78, 2009.
- SOUSA, W. T. Z; THOMAZ, S. M; MURPHY, K. J. Response of native *Egeria najas* Planch. and invasive *Hydrilla verticillata* (L.f.) Royle to altered hydroecological regime in a subtropical river. **Aquatic Botanic**, n. 92, p. 40-48, 2010.
- THOMAZ, S. M; BINI, L. M. Ecologia e Manejo de Macrófitas Aquáticas em Reservatórios. **Acta Limnológica Brasiliensia**, v. 10, n. 1, p. 103-116, 1998.
- THOMAZ, S. M; DIBBLE, E. D; EVANGELISTA, L. R; HIGUTI, J; BINI, L. M. Influence of aquatic macrophyte habitat complexity on invertebrate abundance and richness in tropical lagoons. **Freshwater Biology**, n. 53, p. 358-367, 2008.
- TREVISAN, A; HEPP, L. U. Dinâmica de componentes químicos vegetais e fauna associada ao processo de decomposição de espécies arbóreas em um riacho do norte do Rio Grande do Sul, Brasil. **Neotropical Biology and Conservation**, v. 2, n. 1, p. 55-60,

2007.

YEO, R. R; FALK, R. H; THURSTON, J. R. The morphology of hydrilla ((*Hydrilla verticillata*) (Lf) Royle). **Journal of Aquatic Plant Management**, v. 22, p. 1-17, 1984.