

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

NATÁLIA SILVEIRA SIQUEIRA

**Efeito de herbívoros aquáticos sobre a estrutura e a dinâmica da  
comunidade de algas perifíticas**

Maringá  
2013

NATÁLIA SILVEIRA SIQUEIRA

**Efeito de herbívoros aquáticos sobre a estrutura e a dinâmica da comunidade de algas perifíticas**

Tese 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 a obtenção do título de Doutor em Ciências Ambientais.

Área de concentração: Ciências Ambientais

Orientadora: Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Liliana Rodrigues

Maringá  
2013

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

S618e Siqueira, Natália Silveira, 1984-  
Efeito de herbívoros aquáticos sobre a estrutura e a dinâmica da comunidade de algas perifíticas / Natália Silveira Siqueira. -- Maringá, 2013.  
90 f. : il. (algumas color.).

Tese (doutorado em Ecologia de Ambientes Aquáticos Continentais)--Universidade Estadual de Maringá, Dep. de Biologia, 2013.  
Orientador: Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Liliana Rodrigues.

1. Algas perifíticas - Comunidades - Herbivoria - Planície de inundação - Alto rio Paraná. 2. Algas perifíticas - Comunidades - Herbivoria - Experimentos "*in situ*" e Microcosmos. I. Universidade Estadual de Maringá. Departamento de Biologia. Programa de Pós-Graduação em Ecologia de Ambientes Aquáticos Continentais.

CDD 23. ed. -579.817821609816  
NBR/CIP - 12899 AACR/2

NATÁLIA SILVEIRA SIQUEIRA

**Efeito de herbívoros aquáticos sobre a estrutura e a dinâmica da comunidade de algas perifíticas**

Tese 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 em Ciências Ambientais pela Comissão Julgadora composta pelos membros:

COMISSÃO JULGADORA

Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Liliana Rodrigues (Presidente)  
Nupélia/Universidade Estadual de Maringá

Dr.<sup>a</sup> Andrea Tucci  
Instituto de Botânica/SP

Prof. Dr. Eduardo Luis Cupertino Ballester  
Universidade Federal do Paraná

Dr.<sup>a</sup> Susicley Jati  
Nupélia/Universidade Estadual de Maringá

Dr.<sup>a</sup> Cláudia Costa Bonecker  
Nupélia/Universidade Estadual de Maringá

Aprovada em: 21 de março de 2013.

Local de defesa: Anfiteatro Prof. “Keshiyu Nakatani”, Nupélia, Bloco G-90, *campus* da Universidade Estadual de Maringá.

*Dedico este trabalho para os meus pais, Rubens e Regina Siqueira, as pessoas que eu mais admiro e sempre tento me espelhar. Porque “é na educação que os filhos revelam as virtudes dos pais”.*

## AGRADECIMENTOS

*Desde que fui, em 2008, aprovada no Doutorado em Ciências Ambientais do Programa de Pós Graduação em Ecologia de Ambientes Aquáticos Continentais, comecei a pensar nos **Agradecimentos**. Estas páginas de “total liberdade de expressão” foram as primeiras a serem rabiscadas e as últimas a serem finalizadas. Foi muito difícil me despedir, mas fundamental lembrar e nomear todos os que fizeram parte desta trajetória, todos aqueles que sabem “o quanto eu caminhei, pra chegar até aqui”, aqueles que me acompanharam quando eu “percorri milhas e milhas antes de dormir..... e eu não cochilei”. A todos vocês, meu sincero **MUITO OBRIGADA!!!***

*Pela amizade, conselhos, confiança e orientação, mesmo a alguns quilômetros de distância, agradecem imensamente a minha orientadora **Liliana Rodrigues**, a “Dona desses traiçoeiros”, a “Dona desses Animais”, a “Dona dos seus ideais”. Lica, “qual de nós ainda não sabe que tudo te faz Dona”? Pelos corredores, “onde andas, onde mandas todos nós. Somos sempre mensageiros, esperando tua voz. Teus desejos, uma ordem, nada é nunca, nunca é não, porque tens essa certeza dentro do teu coração” Que um dia eu seja como você: “a Dona da cantiga, a mulher da criação”, sem pedras no meu caminho, sem ondas no meu mar, sem ventos ou tempestades que me impeçam de voar!!!*

*Ao **Curso de Pós de Pós-Graduação em Ecologia de Ambientes Aquáticos Continentais (PEA)** e ao **Núcleo de Pesquisa em Limnologia, Ictiologia e Aqüicultura (Nupélia)** pela logística e infra-estrutura disponibilizadas, essenciais para a realização deste trabalho.*

*Ao **Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq)** pela concessão de bolsa de doutorado, aporte fundamental para realizar e divulgar esta pesquisa em congressos nacionais e internacionais.*

*Aos membros da banca, **Dr<sup>a</sup>. Andrea Tucci, Dr. Eduardo Luis Cupertino Ballester, Dr<sup>a</sup>. Susicley Jati e Dr<sup>a</sup>. Cláudia Costa Bonecker**, pela disponibilidade em avaliar o trabalho. Desde que vocês foram convidados e aceitaram este desafio, “assim desejando estou e só vou sossegar quando te conquistar”. Para isso, “botar todas cartas vou, na mesa, pra decidir, quem sabe lutando eu vou conseguir.” E “sem subornar teu coração, com feitiço de paixão, farei tudo pra ganhar tua confiança, com a esperança de aprendiz, juro que vou te fazer feliz”...*

*Às secretárias do PEA, **Aldenir Oliveira e Jocemara dos Santos**, meu muito obrigada pela atenção, soluções de muitos problemas, pelos bate papos e horas de descontração.*

*Aos funcionários da biblioteca setorial do Nupélia, sempre atentos e dispostos a sanar minhas necessidades intelectuais. Em especial a **Maria Salete**, pela disposição para obter as mais raras referências, pelos elogios, pelos conselhos para a vida e por perceber meus sentimentos decifrando meu olhar.*

*Aos funcionários da Base de Pesquisa Avançada do Nupélia, **Sebastião Rodrigues e Alfredo da Silva**, fundamentais para a execução dos meus experimentos. Muito obrigada pela ajuda, dicas, idéias, companhia. Graças a vocês, eu “já sei olhar o rio por onde a vida passa, sem me precipitar, e nem perder a hora. Escuto no silêncio que há em mim e basta...”.*

*As funcionárias da Limpeza do G-90, **Angélica e Dinei**, pelos bate papo, pelo empréstimo de chaves, por todo cuidado que dispensaram a mim todos esses anos, e principalmente pelo pãozinho quentinho. Hummm... que saudades!!!*

*Aos pesquisadores dos Laboratórios de Zooplâncton, **Dr<sup>a</sup>. Claudia Bonecker e Dr. Luiz Felipe Machado-Velho**, por disponibilizarem seu tempo, material e por me ensinarem um pouquinho mais sobre a comunidade zooplânctonica.*

*A **Maria do Carmo Roberto**, por me disponibilizar o Laboratório de Limnologia Básica, seus equipamentos e principalmente seu tempo me ensinado como operá-los.*

*A **Luzia Rodrigues**, do Laboratório de Ecologia de Algas Fitoplanctônicas, e a **Carla Pavaneli**, da Coleção Ictiológica, pelas dicas, empréstimo de materiais e identificação das espécies de peixes utilizadas neste trabalho.*

*Aos meus amigos de Laboratório de Ecologia de Algas Perifíticas (em ordem alfabética), **Andressa Bichoff, Barbara Dunk, Carina Moresco, Jaques Zanon, Luciana Carapunarla, Orlando Pelissari, Stefania Biolo e Vanessa Algarte**. Vocês que me aturaram quase três anos “na mesma casa onde eu moro, na mesa que me alimenta“, muito obrigada pelo convívio, paciência, amizade, companheirismo, gambiarras (adaptações), gulodices, arrumações, festas... Nunca se esqueçam que “a gente pensa que escolhe. Se a gente não sabe inventa, a gente só não inventa a dor. A gente movimenta o amor. A gente que enfrenta o mal. Quando a gente fica em frente ao mar, a gente se sente melhor”.*

*Aos meus queridos companheiros e sobreviventes de experimentos em Porto Rico, **Bianca Trevisan, Juliana Dias, Leandro Fuloni e Paulo Buosi**, muito obrigada pela companhia, apoio, brigas, discussões, coletas, bailes, passeios, conversas até altas horas em torno dos microscópios, filmes, músicas, estudos, tapiocas... **Bia**, a mais “corajosa e calorenta” de todos nós, nunca me esquecerei de quão importantes são os equipamentos de segurança e de nunca usar bota num barco. **Bia**, “fell alright”!!! **Jú**, obrigada pela confiança, prometo, de agora em diante, só te oferecer água que eu assegurar a conformidade!!! **Lê**, obrigada a me fazer superar o medo de ficar na base sozinha ao enviar fotos do corredor mal assombrado e ao me passar o filme “Caroline”!!! Graças a você eu descobri que eu gosto muito de estudar (e de batata também)!!! **Paulão**, que me ensinou a intercalar as músicas dos The Beatles entre os DVDs do Jorge & Mateus, obrigada por sempre ser “um cara desses que escutava demais, procurando encontrar a solução pra tudo, com muita paz”. Mas agora, infelizmente, a Base “não tem mais a gente lá”, eu gostaria muito de vou voltar “pra lembrar que a gente cresceu na beira” do rio.*

*A **Vanessa Algarte**, por....tudo!!! Obrigada pela parceria, ideias, conselhos, sugestões, artigos publicados (ou não), por dividir comigo muitos segredos, e-mails e senhas, refeições, viagens, congressos!! Olha Vá!!!*

*A **Luciana Carapunarla**, a luz da minha vida, minha conselheira para assuntos diversos e aleatórios, que me ensinou (dente tantas coisas) que “Deus não mata, mas achata”!! Venha sempre me visitar... Lembre-se que é só jogar uma pedrinha que eu apareço na sacada.*

A **Patrícia Sacramento** pelo cantinho reservado em seu apartamento, sempre a disposição, por inúmeras vezes me acompanhar ao Tribos para ver “Cristina” ou dançar “O Baile da Betinha”, pelas aventuras nas estradas da vida atrás da “Nega Jurema”. Valeu Zóio de Banha!!!

A **Andressa Bichoff**, por não me deixar em paz, pelas perguntas mais cabeludas (e muito inteligentes também), que me fizeram ir atrás de muitos livros e artigos para tentar responder!!! Sucesso, Bebê!!!

A **Susicley Jati**, que me ensinou a aproveitar as coisas simples e boas da vida, sempre olhando pelo lado positivo, a doar-se sem esperar nada em troca. Gatona, doar sangue não é mais a mesma coisa sem a sua companhia. Sem falar a falta que farão seus abraços!!!

As minhas amigas **Adalgisa Cabral, Deise Moraes, Jasciele Bortolini e Priscila Gambale**, minhas “frágeis testemunhas de um crime sem perdão”, com as quais eu pude sempre falar “sem pensar”, com o “coração na mão como o refrão de um bolero”, com as quais “eu fui sincera como não se pode ser”, em qualquer tempo e lugar, “num bar, com um vinho barato e uma cara embriagada no espelho do banheiro”.

Aos meus amigos, **Pedra e Joaquim**, que sempre me trataram como uma filha. “A qualquer momento estarei de volta atrás de um bom arroz, feijão, tomate, ovo frito e muito araquá de sobremesa” era o que eu diria se tivesse defendido a tempo!!! “Qualquer dia amiga eu volto a te encontrar. Qualquer dia amiga a gente vai se encontrar”... Saudades eternas!!

A **Iraúza Fonseca**, pelos ensinamentos desde o início de tudo e por, junto com a **Alice, Júlia e Tiago Maniglia**, torcer sempre por mim, mesmo de longe.

A **Eliza Murakami e Ciro Joko**, sem você o projeto desta tese de doutorado não seria exequível, muito menos teria se concretizado. Muito obrigada pelas sugestões, ideias e inspiração para as imagens.

A **Juliane e Tadeu Araujo**, amigos de longa data e pouca distância. Obrigada pela distração de final de semana (e de dia de semana também), pela companhia nos diversos almoços, jantares, pelo incentivo para deixar a vida sedentária, pelo apoio incondicional e por sempre acreditarem em mim. **Profê Jule**, juro que fiz tudo com sorriso no rosto, PIANINHO!!!

Aos funcionários da Unidade de Avaliação de Conformidades-Usav da Companhia de Saneamento do Paraná-Sanepar que fazem meus dias mais divertidos, para vocês que também “acordam cedo para trabalhar e chegam cedo todo dia lá”: **Alexander Lermen, Ana Maria Fonseca, Ana Paula Pereira, Anderson Aoyagi, Carolina Tamanini, Daniela Tabanez, Edoina Rodrigues, Eliana França, Eliane da Silva, Francisco Cavalcante, Ilson Lima, Ivone Leme, Jean Netto, José Douglas de Oliveira, José Rogério Machado, Jurneli Lucotti, Laércio da Silva, Márcia Rondina, Mayra Bolotari, Mirian Bassetti, Regiane Ramalho, Rodolfo Pereira e Sergio Santos**. Em especial a coordenadora, **Mirian**, por permitir minha ausência e a produção desta tese em Laboratório, e as meninas do Laboratório de Bacteriologia de Água e Esgoto, **Márcia e Mayra**, pelos ensinamentos, convivência, paciência e amizade. “Parabéns, Bruna!!!”

*Ao **Ademir e Marilene Faversani** por sempre abrirem as portas do “Paraíso” (por muitos chamado apenas de Chácara), permitindo o sagrado descanso de todos os domingos. Obrigada também pela parceria nas viagens ao exterior, seja ao Paraguai ou à Europa. Mal posso esperar as próximas!!!*

*Aos meus pais, **Rubens e Regina Siqueira**, que há 10 anos, me empurraram do nino, permitindo que eu voasse com minhas próprias asas, sempre me acolhendo amorosamente nos retornos breves. Ao meu pai, com quem aprendi “um ditado, dito como certo, que cavalo esperto não espanta boiada”, pelo exemplo (primeiro Doutor da Família Siqueira), força, ensinamentos, pelas caronas, pelos socorros, pelas recargas de bateria... A minha mãe, por me ensinar que “é preciso ter manha, é preciso ter graça, é preciso ter sonho sempre” e, principalmente, que é preciso ter “a estranha mania de ter fé na vida”!!! Deixem a “cama pronta e o rango no fogão, luz acesa, me espera no portão pra vocês verem que eu estou voltando pra casa, outra vez” e de vez!!!*

*Ao **Coordenador do Curso de Direito da Universidade Estadual do Rio de Janeiro-UERJ**, Professor Doutor **Gustavo Silveira Siqueira**, por me fazer “acreditar, e por enxergar coisas, que eu tinha esquecido dentro de mim mesmo”.*

*Ao **Paulo Buosi**, que, não sei se foi pelo jeito de andar, ou pelo sorriso, mas por “Something”, me ajudou no início, no meio e no final desta tese. E que, apesar de conhecer todas as etapas, acabou de cair nesta armadilha e não poderá, tão cedo, sair dela.*

*A **Lili**, a alegria da casa, minha irmã de quatro patas saltitantes e um rabinho movido a motor!!! Quem acredita que dinheiro não compra felicidade, nunca perguntou o preço de um filhotinho!!!*

*As minhas famílias **Silveira e Siqueira**, que sempre torceram por mim, mesmo sem entender nada do assunto!!! Em especial a **Maria do Carmo e Geraldo Lacerda**, os melhores padrinhos que meus pais poderiam ter escolhido, a minha Tia **Ronise Duarte**, que sempre me abençoou e mandou pensamentos positivos, e as primas **Helen Siqueira**, que sempre achou que eu estudo demais (a quem prometo parar por um pouquinho) e **Thais Siqueira**, que apesar dos conselhos, está seguindo a dura e maravilhosa carreira de Bióloga!!!*

*Finalmente, e não menos importante, a **Deus**, que “criou a terra, encheu o rio, fez a serra, não deixou nada faltar”. Muito Obrigada, ao “Cara Lá de Cima”, por me permitir criar asas, por me dar “tudo o que eu quiser”, uma ótima família, grandes e verdadeiros amigos, muitas oportunidades, além de “toda coragem que puder” e por nunca deixar “me faltarem forças pra lutar”.*

Antigamente quando eu me excedia  
Ou fazia alguma coisa errada  
Naturalmente minha mãe dizia:  
"Ele é uma criança, não entende nada"  
Por dentro eu ria  
Satisfeito e mudo  
Eu era um homem  
E entendia tudo

Hoje só com meus problemas  
Rezo muito, mas eu não me iludo  
Sempre me dizem quando fico sério:  
"Ele é um homem e entende tudo"  
Por dentro com  
A alma tarantada  
Sou uma criança  
Não entendo nada...

Sou Uma Criança, Não Entendo Nada  
ErasmO Carlos

## **Efeito de herbívoros aquáticos sobre a estrutura e a dinâmica da comunidade de algas perifíticas**

### **RESUMO**

O efeito de herbívoros aquáticos sobre a riqueza, abundância e a dinâmica da comunidade de algas perifíticas constitui o primeiro estudo realizado na planície de inundação do alto rio Paraná, a ser avaliado por meio de experimentos *in situ* e em microcosmos (aquários de 300L). Para isso, foram utilizados como substratos colmos de bambu, em um período hidrológico de águas baixas (maio/2010). Estes estudos resultaram em três aspectos: avaliar o efeito de herbívoros aquáticos na comunidade de algas perifíticas madura, *in situ*, sendo respondida a hipótese de que a presença de herbívoros altera a estrutura da comunidade de algas perifíticas, reduzindo sua biomassa, riqueza e densidade. Nas demais abordagens como principal resultou o efeito da comunidade zooplanctônica e de dois peixes herbívoros (*Serrapinnus notomelas* Eigenmann 1915 e *Psellogrammus kennedyi* Eigenmann 1903), na estrutura e dinâmica da comunidade de algas perifíticas, em experimento em microcosmos. Foi também, considerado o efeito dos herbívoros aquáticos na concentração de clorofila-*a* e nas formas de peso seco da comunidade perifítica. Além disso, foram observadas as alterações causadas pelos diferentes herbívoros aquáticos selecionados no número, na abundância e na dinâmica dos táxons da comunidade de algas perifíticas. Portanto, foi possível registrar que os herbívoros aquáticos modificam a estrutura e a dinâmica da comunidade de algas perifíticas, promovem a substituição de táxons e que a comunidade de algas perifíticas responde a ação de herbívoros aquáticos.

**Palavras-chave:** Comunidade perifítica. Herbivoria. Riqueza. Densidade. Biomassa. Dinâmica. Comunidade zooplanctônica. Peixes herbívoros.

## **Effect of aquatic herbivores on the structure and dynamics of the community of periphyton**

### ***ABSTRACT***

The effect of aquatic herbivores on the richness, abundance and dynamics of periphytic algae community is the first study in the floodplain of the upper Paraná River, to be evaluated by means of experiments and in situ microcosms (aquariums 300L). For this, we used as substrates culms, in a period of low water hydrology (May 2010). These studies resulted in three aspects: to evaluate the effect of aquatic herbivores on mature community of periphyton, in situ, and answered the hypothesis that the presence of herbivores alters community structure of periphytic algae, reducing their biomass, richness and density. In the other approaches as main result the effect of zooplankton and two herbivorous fish (*Serrapinnus notomelas* Eigenmann 1915 and *Psellogrammus kennedyi* Eigenmann 1903), the structure and dynamics of the periphyton community in microcosm experiment. It was also considered the effect of aquatic herbivores on chlorophyll-*a* and forms of dry weight of periphyton community. Furthermore, we observed the changes caused by different aquatic herbivores selected in the number, abundance and dynamics of taxa of periphyton community. Therefore, it was possible to record the aquatic herbivores modify the structure and dynamics of the periphyton community, promote the replacement of taxa and that the periphyton community responds to the aquatic herbivores.

**Keywords:** Periphyton community. Herbivory. Richness. Density. Biomass. Dynamics. Zooplankton community. Herbivores fish.

Tese elaborada e formatada conforme as normas da revista científica *Acta Scientiarum Biological*, disponível em:  
<<http://periodicos.uem.br/ojs/index.php/ActaSciBiolSci/about/submissions#onlineSubmissions>>

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b>	<b>14</b>
<b>2</b>	<b>EFEITO DE HERBÍVOROS AQUÁTICOS SOBRE A COMUNIDADE DE ALGAS PERIFÍTICAS EM UMA PLANÍCIE DE INUNDAÇÃO: EXPERIMENTO <i>IN SITU</i></b>	<b>19</b>
	Resumo	20
	<i>Abstract</i>	21
2.1	INTRODUÇÃO	22
2.2	MATERIAL E MÉTODOS	23
2.3	RESULTADOS	24
2.4	DISCUSSÃO	31
	REFERÊNCIAS	34
<b>3</b>	<b>EFEITO DE HERBÍVOROS NA BIOMASSA DA COMUNIDADE PERIFÍTICA: UM EXPERIMENTO EM CURTO INTERVALO DE TEMPO</b>	<b>39</b>
	Resumo	40
	<i>Abstract</i>	41
3.1	INTRODUÇÃO	42
3.2	MATERIAL E MÉTODOS	43
3.2.1	Área de Estudo e Montagem do Experimento	43
3.2.2	Coletas da Comunidade Perifítica e Determinação da Biomassa	46
3.2.3	Análise dos Dados	47
3.3	RESULTADOS	48
3.4	DISCUSSÃO	54
	REFERÊNCIAS	56
<b>4</b>	<b>IMPACTO DE HERBÍVOROS AQUÁTICOS SOBRE A ESTRUTURA E DINÂMICA DA COMUNIDADE DE ALGAS PERIFÍTICAS: EXPERIMENTO EM MICROCOSMOS</b>	<b>61</b>
	Resumo	62
	<i>Abstract</i>	63
4.1	INTRODUÇÃO	64
4.2	MATERIAL E MÉTODOS	65
4.2.1	Área de Estudo e Montagem do Experimento	65
4.2.2	Coletas da Comunidade Perifítica	68
4.2.3	Análise dos Dados	69
4.3	RESULTADOS	70
4.4	DISCUSSÃO	80
	REFERÊNCIAS	84
<b>5</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS</b>	<b>89</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Esta tese, intitulada “Efeito de herbívoros aquáticos sobre a estrutura e a dinâmica da comunidade de algas perifíticas”, constitui o primeiro estudo realizado na planície de inundação do alto rio Paraná com objetivo principal de avaliar o efeito de herbívoros aquáticos sobre a estrutura e dinâmica da comunidade de algas perifíticas. Para isto foram realizados experimentos *in situ* e em microcosmos, utilizando como substratos colmos de bambu, em um período hidrológico de águas baixas (maio/2010), na planície de inundação do alto rio Paraná. O referido experimento *in situ* foi desenvolvido em uma lagoa aberta, conectada permanentemente ao rio Paraná, denominada de ressaco do Leopoldo. Já os experimentos em microcosmos (aquários) foram desenvolvidos na Base de Pesquisa Avançada do Núcleo de Pesquisa em Limnologia, Ictiologia e Aquicultura da Universidade Estadual de Maringá.

Estes estudos foram antecedidos/baseados por/em um experimento piloto, também realizado em águas baixas (setembro de 2009) nestes mesmos ambiente natural e microcosmos. Neste piloto foram selecionados como substrato artificial para o desenvolvimento da comunidade perifítica colmos de bambu, devido sua durabilidade, facilidade de remoção da comunidade perifítica e por serem abundante na área de estudo. Estes substratos permaneceram submersos durante 28 dias, no final da lagoa, sem a influência direta da variação de nível do rio Paraná, próximos a bancos de *Eichhornia azurea*. Os substratos foram mantidos neste ambiente natural após o tempo necessário para um total estabelecimento da comunidade perifítica. Após este período, uma parte dos substratos foi retirada e a comunidade registrada nos bambus teve seus atributos, como riqueza, composição taxonômica, abundância relativa, diversidade de espécies, concentração de clorofila-*a* e formas de vida, analisados e comparados com outros substratos previamente utilizados para análise da comunidade perifítica em estudos realizados em toda planície de inundação do alto rio Paraná, como lâminas de vidro e pecíolos de *Eichhornia azurea*. A comunidade perifítica registrada no bambu apresentou padrão semelhante ao já observado nestes substratos, mostrando que o bambu pode ser um substrato alternativo para estudos ecológicos na região. Estes resultados foram apresentados, em forma de painel, no XIII Congresso Brasileiro de Ficologia, em Parati, Rio de Janeiro em 2010, com o título “Estrutura da comunidade de algas perifíticas em substratos de bambu na planície de inundação do alto rio Paraná”.

Após o desenvolvimento e a colonização da comunidade perifítica nos substratos de bambu, a maior parte dos substratos foram transferidos para microcosmos retangulares com a capacidade de 300 litros de água e dimensões de 100 x 53 x 60 cm. Estes foram previamente lavados e cheios com água do rio Paraná, com auxílio de bombas. Esta água foi filtrada em rede de plâncton (68 $\mu$  de abertura de malha) e em seguida em outra rede (25 $\mu$  de abertura de malha). Desta forma, houve uma tentativa de retirar os menores organismos. A água destes aquários foi constantemente oxigenada com auxílio de bombas compressoras de ar e mangueiras.

Nos mesocosmos com o Controle apenas os substratos foram colocados e nenhum grupo herbívoro foi adicionado. No Tratamento P, foram adicionados 30 espécimes de peixes herbívoros e no Tratamento Z, uma amostra concentrada com aproximadamente  $134 \times 10^3$  indivíduos/L da comunidade zooplânctônica. Os substratos foram coletados após 1, 3, 5, 7, 10, 15 e 25 dias de experimento. Os resultados obtidos neste experimento em microcosmos também foram apresentados no XIII Congresso Brasileiro de Ficologia, em Parati, em uma apresentação oral intitulada “Efeito de herbívoros aquáticos na estrutura da comunidade de algas perifíticas”. Nesta apresentação foi mostrado que após o 7º dia de experimento não foram observadas diferenças significativas entre o Controle e os demais tratamentos. Por este motivo, o novo experimento foi realizado em um espaço de tempo menor (10 dias) com coletas em dias sucessivos.

Desta forma, após a verificação de que o bambu poderia ser utilizado como substrato para o desenvolvimento da comunidade de perifítica e definido o tempo necessário para o desenvolvimento de um experimento em microcosmos, outros experimentos foram realizados e estes estudos estruturados em três abordagens: I-Efeito de herbívoros aquáticos sobre a estrutura e a biomassa da comunidade de algas perifíticas em uma planície de inundação: experimento *in situ*; II-Efeito de herbivoria na biomassa da comunidade perifítica: um experimento em curto intervalo de tempo e III-Impacto de herbívoros aquáticos sobre a estrutura e dinâmica da comunidade de algas perifíticas: experimento em microcosmos

Primeiramente, por meio de um experimento *in situ*, foi avaliado o efeito de herbívoros aquáticos na comunidade de algas perifíticas madura, em um ambiente conectado ao rio Paraná (ressaco do Leopoldo). Este trabalho foi regido pela hipótese de que a presença de herbívoros altera a estrutura da comunidade de algas perifíticas, reduzindo sua biomassa, riqueza e densidade. Para isto, o acesso de herbívoros aquáticos aos substratos de bambu foi restrito (Tratamento Protegido) ou não (Tratamento Desprotegido), utilizando uma estrutura

de plástico. As diferenças entre os atributos da comunidade de algas perifíticas (exceto composição) foram verificadas por meio de um *Teste t* de significância (T-test for independent samples-by groups). De uma forma geral, no Tratamento Protegido foram registradas maiores concentração de clorofila-*a*, número e densidade total de táxons. Tanto para a biomassa da comunidade de algas perifíticas, quanto para a densidade total dos táxons, a diferença entre os tratamentos foi significativa ( $p > 0,05$ ). Esta redução de todos os atributos da comunidade perifítica no Tratamento Desprotegido indicou o efeito de herbívoros nesta comunidade. Outro efeito da ação de herbívoros foi a redução das formas filamentosas, pois enquanto no Tratamento Protegidos os filamentos eram estruturados, muito ramificados, alongados e possibilitaram o desenvolvimento de outras algas, servindo de substratos, no Tratamento Desprotegido, os filamentos eram mais finos e curtos, sem ramificações e, na maioria dos casos, restritos apenas a células basais. Desta forma, foi comprovado o efeito e a importância de herbívoros aquáticos na estrutura da comunidade de algas perifíticas. Este experimento *in situ* também forneceu subsídios para outros dois estudos, com enfoque em duas comunidades herbívoras.

Nos demais aspectos, o objetivo principal foi avaliar o efeito da comunidade zooplanctônica e de dois peixes herbívoros (*Serrapinnus notomelas* Eigenmann 1915 e *Psellogrammus kennedyi* Eigenmann 1903), na estrutura e dinâmica da comunidade de algas perifíticas, em experimento em microcosmos. Nestes estudos a colonização e o desenvolvimento da comunidade de algas perifíticas, em bambu, também ocorreram em um ambiente conectado ao rio Paraná (ressaco do Leopoldo). Após o estabelecimento da comunidade perifítica, os substratos foram conduzidos para os microcosmos, aquários de 300L, disponíveis no Laboratório da Base Avançada do Núcleo de Pesquisas em Limnologia, Ictiologia e Aquicultura da Universidade Estadual de Maringá (Nupélia/UEM), localizado na margem esquerda do rio Paraná (Município de Porto Rico, Estado do Paraná). Para estes, o delineamento experimental foi o mesmo, no Controle não foram adicionados herbívoros aquáticos, apenas os substratos com a comunidade de algas perifíticas, já nos demais Tratamentos foram adicionados os herbívoros aquáticos: Tratamento Z (Comunidade Perifítica + Comunidade Zooplanctônica), Tratamento S (Comunidade Perifítica + *S. notomelas*) e Tratamento P (Comunidade Perifítica + *P. kennedyi*). Ao longo deste experimento, foram avaliados dados abióticos como pH, temperatura da água e oxigênio dissolvido. Todos estes parâmetros apresentaram o mesmo comportamento, independente do tratamento, demonstrando que as condições abióticas estavam estáveis. Desta forma,

alterações na comunidade de algas perifíticas puderam ser atribuídas a presença dos herbívoros aquáticos e não às condições do meio. Foram apresentados os resultados do efeito dos diferentes herbívoros na biomassa perifítica (concentração de clorofila-*a* e formas de peso seco). Os outros atributos da comunidade de algas perifíticas (composição, riqueza, densidade, persistência e comportamento dos táxons) foram apresentados, que mostra também uma lista de espécies indicadoras.

O segundo aspecto foi baseado em quatro hipóteses: (i) a biomassa da comunidade perifítica em tratamentos com herbívoros diferirá significativamente de um Controle sem herbívoros, (ii) a pressão de herbivoria de cada comunidade, zooplâncton e peixes, será distinta, independente do dia de experimento, (iii) em uma escala temporal, haverá diferença significativa entre a biomassa da comunidade perifítica do Controle e dos Tratamentos e (iv) ao longo do experimento diferenças na pressão de herbivoria serão registradas. As análises de variância mostram que, independente do dia de experimento, as médias de concentrações de clorofila-*a*, peso seco total e peso seco livre de cinzas, foram significativamente superiores no Controle. Estes resultados mostram que, tanto em uma escala espacial, quanto na temporal, a presença de herbívoros aquáticos reduziu a biomassa da comunidade perifítica, indicando o efeito negativo da presença da comunidade zooplantônica e dos peixes herbívoros sobre a estrutura da comunidade perifítica. Nas escalas espacial e temporal, o impacto de peixes herbívoros na biomassa perifítica também foi mais intenso, principalmente no Tratamento com *P. kennedyi*, comprovando a hipótese de que há diferença entre a pressão de herbivoria.

No ultimo aspecto foram verificadas e registradas as alterações causadas pelos diferentes herbívoros aquáticos selecionados na estrutura e a dinâmica da comunidade de algas perifíticas. Para isso, foram levantadas as seguintes hipóteses: (i) a presença de herbívoros aquáticos modificará a estrutura da comunidade perifítica, (ii) a presença de herbívoros promoverá a substituição de espécies e (iii) a ação dos herbívoros aquáticos altera a dinâmica da comunidade de algas perifíticas ao longo do experimento. Neste, maiores números de táxons e densidade da comunidade de algas perifíticas foram registrados no Controle, mostrando que a presença de herbívoros aquáticos afeta a riqueza e a densidade desta comunidade. O padrão de persistência dos táxons registrado no Controle não foi seguido nos demais Tratamentos. O que comprovou que os herbívoros aquáticos também alteraram a persistência dos táxons, ou a sucessão destes, além de provocar a substituição e a extinção de táxons algais. As alterações na estrutura da comunidade de algas perifíticas pelos herbívoros aquáticos também foram comprovadas, visto que a grande maioria dos táxons também

apresentou redução de densidade em relação ao Controle. Dentre estes táxons receberam destaque os unicelulares com pequenas dimensões, como *Achnanthydium minutissimum*, considerados facilmente ingeridos e os filamentos, que foram reduzidos a curtos filamentos ou apenas as células basais. No entanto, alguns táxons persistiram a ação de herbivoria, apresentando maiores densidades nos Tratamentos. Dentre estes táxons, o destaque foi dado a *Desmodesmus quadricauda* e *Trachelomonas hispida*, táxons considerados resistentes a herbivoria possivelmente devido sua morfologia.

Vim gastando meus sapatos  
Me livrando de alguns pesos  
Perdoando meus enganos  
Desfazendo minhas malas  
Talvez assim chegar mais perto

Vim achei que eu me acompanhava  
E ficava confiante  
Outra hora era o nada  
A vida presa num barbante  
Eu quem dava o nó

Eu lembrava de nós dois mas já cansava de esperar  
E tão só eu me sentia e seguia a procurar  
Esse algo alguma coisa alguém que fosse me acompanhar

Se há alguém no ar  
Responda se eu chamar  
Alguém gritou meu nome  
Ou eu quis escutar

Vem eu sei que tá tão perto  
E por que não me responde  
Se também tuas esperas te levaram pra bem longe  
É longe esse lugar

Vem nunca é tarde ou distante  
Pra eu te contar os meus segredos  
A vida solta num instante  
Tenho coragem tenho medo sim  
Que se danem os nós

Que Se Dane os Nós  
Ana Carolina

## 2 EFEITO DE HERBÍVOROS AQUÁTICOS SOBRE A ESTRUTURA DA COMUNIDADE DE ALGAS PERIFÍTICAS EM UMA PLANÍCIE DE INUNDAÇÃO: EXPERIMENTO *IN SITU*

---

### RESUMO

Este estudo objetivou avaliar o efeito de herbívoros aquáticos na estrutura e biomassa da comunidade de algas perifíticas, verificando se a presença de herbívoros altera a estrutura e a biomassa algal. Para isso, substratos (bambu) foram protegidos (Tratamento Protegido) e expostos (Tratamento Desprotegido) da ação de grandes herbívoros, durante 28 dias, em um ambiente semilêntico na planície de inundação do alto rio Paraná. Os substratos protegidos apresentaram maiores concentração de clorofila-*a*, número e a densidade total de táxons. Nos dois tratamentos, foi observado um predomínio da classe Bacillariophyceae com destaque para *Achnantheidium minutissimum* e *Nitzschia palea*. Estes dois táxons, no entanto, apresentaram maiores contribuições no Tratamento Protegido, no qual, os filamentos, muito ramificados e alongados, serviram de substratos, diferentemente do observado no Tratamento Desprotegido, no qual os filamentos eram finos e curtos, sem ramificações e, muitas vezes, restritos a células basais. A redução dos atributos da comunidade de algas perifíticas comprovou o efeito de herbívoros na estrutura do perifíton. Os resultados obtidos neste experimento *in situ* também ressaltam a importância dos diferentes herbívoros aquáticos na estruturação desta comunidade e servem de subsídios para novos estudos, com enfoque em cada comunidade herbívora separadamente.

**Palavras-chave:** herbivoria, riqueza, densidade, biomassa, clorofila-*a*, planície de inundação.

## 2 EFFECT OF AQUATIC HERBIVORES IN THE COMMUNITY PERIPHYTON IN A FLOOD PLAIN: EXPERIMENT *IN SITU*

---

### ABSTRACT

This study evaluated the effect of herbivores aquatic structure and biomass of periphytic algae community, verifying the presence of herbivores alters the structure and algal biomass. For this, substrates (bamboo) were protected (Protected Treatment) and exposed (Treatment Unprotected) the action of large herbivores for 28 days in an environment semilêntico in the floodplain of the upper Paraná River. The protected substrates showed higher concentration of chlorophyll-*a*, total density and number of taxa. In both treatments, there was a predominance of class Bacillariophyceae especially *Achnantheidium minutissimum* and *Nitzschia palea*. These two taxa, however, showed the greatest contributions Treatment Protected, in which the filaments, highly branched, elongated, served as substrates. Unlike what was observed in the Treatment Unprotected in which the filaments were thin and short, unbranched and often restricted to basal cells. The reduction of the attributes of periphytic algae community proved the effect of herbivores on periphyton structure. The results of this experiment in situ also underscore the importance of different aquatic herbivores in structuring this community and serve as input for further studies, focusing separately on each herbivore community.

**Key words:** herbivory, richness, density, biomass, chlorophyll-*a*, floodplain.

## 2.1 INTRODUÇÃO

---

Planícies de inundação são sistemas rasos, que geralmente ocorrem em relevos de baixa declividade e estão permanentemente sob inundação, ou ainda, sofrem inundações periódicas pelo transbordamento lateral de rios ou lagos, ou precipitação direta, ou águas subterrâneas (RODRIGUES et al., 2012; BEHREND et al., 2009). Apesar de estes ecossistemas dinâmicos apresentarem notável heterogeneidade ambiental, suportarem uma elevada biodiversidade e serem considerados muito produtivos, eles estão entre os mais ameaçados (OPPERMAN et al., 2010). Por este motivo, as planícies de inundação se tornaram o foco de programas de conservação ao longo de todo mundo (OPPERMAN et al., 2010), como ocorre no último trecho não represado do rio Paraná (AGOSTINHO et al., 2004a), no qual os estudos foram iniciados em 1986.

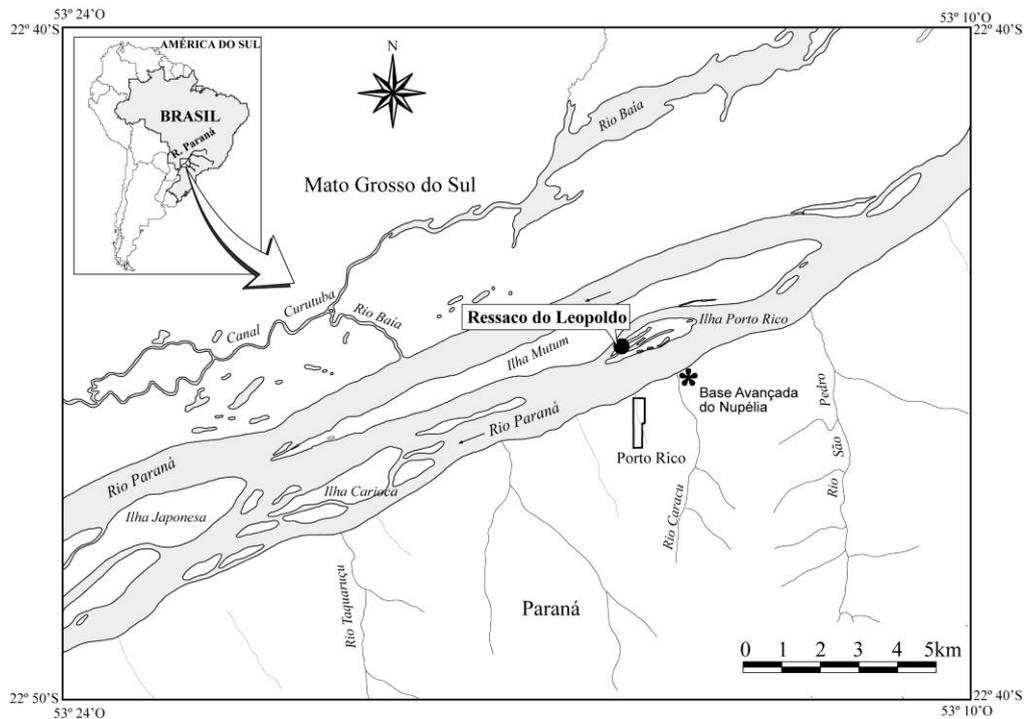
A planície de inundação do alto rio Paraná é considerada um sistema de alta complexidade ecológica (RODRIGUES et al., 2012) e diversidade de espécies (AGOSTINHO et al., 2004b), o que permite a ocorrência de uma variedade de processos e relações entre diferentes espécies. Dentre estas relações, são destacados os estudos sobre a herbivoria, uma das interações mais importantes da natureza (RICKLEFS, 2001).

A importância das algas como produtoras primárias e para uma diversidade de espécies desta planície de inundação já foi abordada por alguns estudos, com destaque para aqueles que ressaltam o papel desta comunidade para a ecologia trófica da ictiofauna (FUGI et al. 1996; PERETTI; ANDRIAN, 2004; CRIPPA et al., 2009; MORMUL et al. 2012), para a estruturação da comunidade zooplancônica (AZEVEDO; BONECKER, 2003; BINI et al. 2010; BONECKER et al., 2011) e para atração de uma espécie de gastrópoda (MORMUL et al., 2010). No entanto, estudos com foco no impacto de herbívoros sobre a comunidade de algas ainda são escassos.

Desta forma, este trabalho visou avaliar, por meio de um experimento *in situ*, o efeito de herbívoros aquáticos na estrutura da comunidade de algas perifíticas. Também objetivou iniciar os estudos acerca do efeito de herbívoros aquáticos na comunidade de algas perifíticas na planície de inundação do alto rio Paraná, bem como servir de subsídios para futuras pesquisas. Este trabalho foi regido pela hipótese de que a restrição de alguns herbívoros aquáticos favorece a comunidade de algas perifíticas, beneficiando sua biomassa, riqueza e densidade.

## 2.2 MATERIAL E MÉTODOS

Este estudo foi desenvolvido, em período hidrológico de águas baixas (maio de 2010), em uma lagoa aberta, localizada na planície de inundação do alto rio Paraná (ressaco do Leopoldo, Figura 1). Este ambiente conectado permanentemente ao rio Paraná, apresenta 2046m de perímetro, cerca de 966m de comprimento e 3m de profundidade média (SOUZA-FILHO; STEVAUX, 2000). Sua região litorânea é dominada por estandes multiespecíficos de macrófitas aquáticas, com destaque para *Eichhornia azurea* Kunth e *E. crassipes* (Martius) Solmes-Laubache.



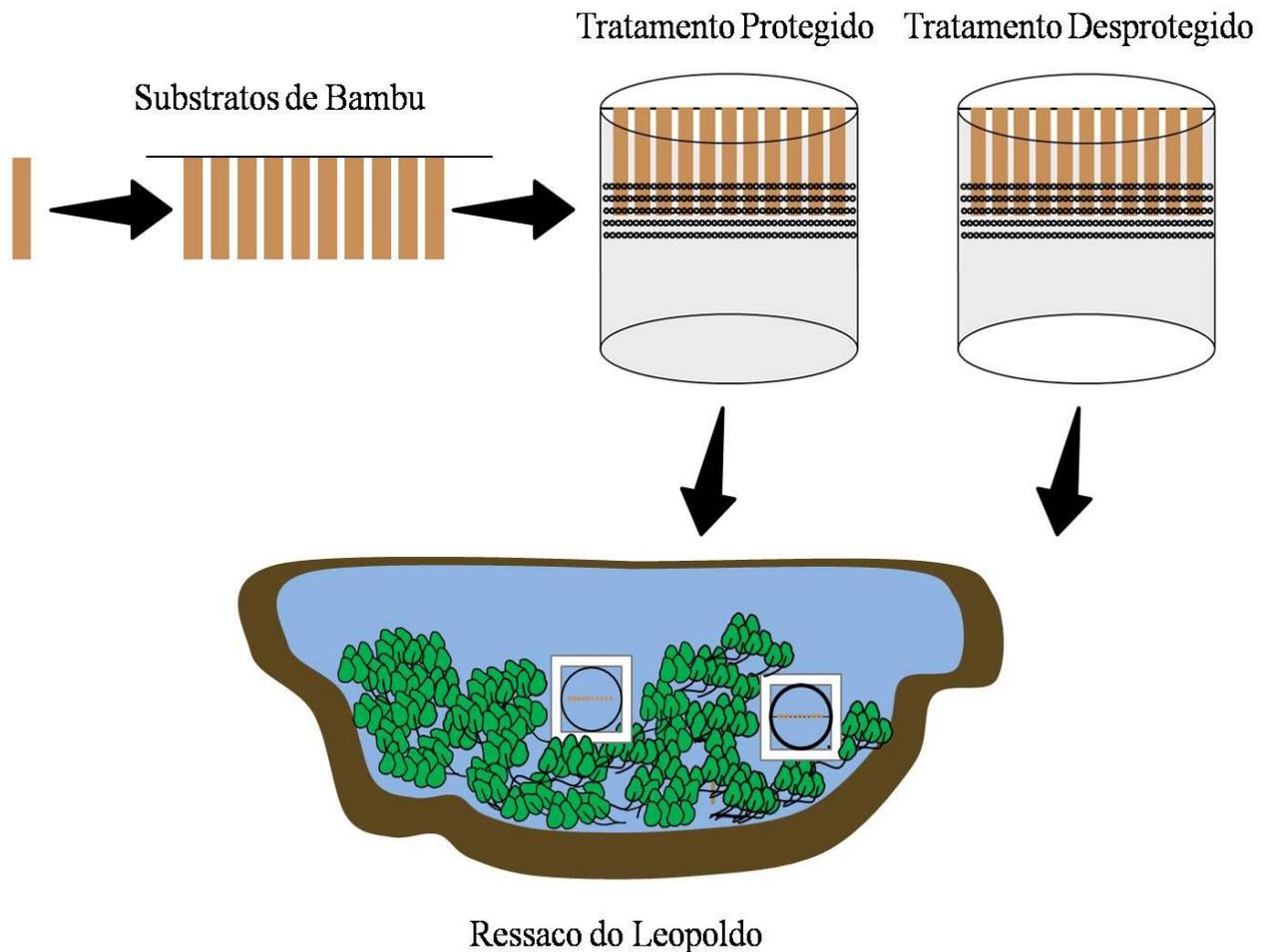
**Figura 1:** Mapa com a localização do ressaco do Leopoldo, a área de desenvolvimento do experimento *in situ*, na planície de inundação do alto rio Paraná.

Este experimento foi realizado no período de águas baixas (maio/2010), visto que, segundo Yang e Dudgeon (2010), a influência da herbivoria é mais evidente nesta época, já que os distúrbios abióticos são menos significativos.

Para desenvolvimento da comunidade de algas perifíticas foram utilizados substratos artificiais (bambu), por serem úteis em experimentos, principalmente quando o objetivo é verificar o efeito de herbivoria (POMPÊO; MOSCHINI-CARLOS, 2003), bem como devido

sua disponibilidade na área de estudo, bem como sua durabilidade e facilidade de remoção da comunidade perifítica (AZIM et al., 2001; KESHAVANATH et al., 2004).

Durante 28 dias, período mais que necessário para a comunidade de algas perifíticas ser considerada uniforme e madura (POMPÊO; MOSCHINI-CARLOS, 2003; RODRIGUES; BICUDO, 2001), os substratos permaneceram submersos, no interior de uma estrutura plástica, com formato quadrangular. Estas estruturas, que possuíam aproximadamente 15 cm de largura e 30 cm de profundidade, permaneceram submersas, mas flutuando na subsuperfície da água do ressaco, com auxílio de canos de PVC e cordas, próximos a bancos de *Eichhornia azurea* (Figura 2). Esta macrófita aquática propicia uma diversidade de microhabitats, ideal para o desenvolvimento do perifíton (RODRIGUES *et al.*, 2003). No Tratamento Protegido, estas estruturas plásticas possuíam apenas pequenas aberturas (400 $\mu$ m), que permitiam a passagem de água, troca de propágulos e de pequenos herbívoros (menores que 400 $\mu$ m) entre o ambiente e os substratos. No entanto, estas aberturas restringiam a passagem de alguns herbívoros aquáticos, principalmente os maiores de 400 $\mu$ m, protegendo a comunidade de algas perifíticas. No Tratamento Desprotegido, foram utilizadas estruturas semelhantes, com mesmos furos laterais, porém com uma grande abertura inferior, que permitiam o livre acesso aos substratos de herbívoros aquáticos de todos os tamanhos, como peixes, girinos, entre outros.



**Figura 2:** Delineamento experimental, com substratos no interior de estruturas plásticas, submersos próximo a bancos de *Eichornia azurea*, no ressaco do Leopoldo, na planície de inundação do alto rio Paraná.

No final do 28º dia de experimento, foi realizada uma única coleta, com a retirada dos substratos em três repetições randômicas, para análise dos principais atributos da comunidade de algas perifíticas, tais como: biomassa (concentração de clorofila-*a*), riqueza, composição taxonômica, formas de vida, densidade total, espécies abundantes e dominantes. Para todos estes atributos, uma mesma área de substrato (14 cm<sup>2</sup>) foi raspada, com auxílio de escovas de nylon e jatos de água destilada.

Para análise de biomassa, o material perifítico foi imediatamente filtrado, os filtros congelados e a concentração de clorofila-*a* lida em espectrofotômetro, após extração com acetona (90%) (SCHWARZBOLD, 1990).

Para a análise qualitativa (riqueza, composição taxonômica e formas de vida) as amostras foram fixadas em solução de Transeau (BICUDO; MENEZES, 2006) e analisadas

em microscópio óptico. A riqueza de espécies foi expressa pelo número de indivíduos total presente nos tratamentos. E, com base em suas formas de vida, os táxons foram divididos em unicelulares, filamentosas e coloniais.

Para a análise quantitativa (densidade total, abundância relativa), as amostras foram preservadas com solução de lugol (BICUDO; MENEZES, 2006) e mensuradas em microscópio invertido. A densidade total da comunidade de algas perifíticas foi expressa pelo número de indivíduos por unidade de área do substrato ( $10^3 \times \text{indivíduos} \times \text{cm}^{-2}$ ) (ROS, 1979). Com base nesta mesma matriz de densidade, para cada amostra, foram determinadas as espécies dominantes e abundantes, sendo considerados dominantes os táxons cujas densidades foram superiores a 50% do total da comunidade na amostra e abundantes aqueles cujas densidades superaram a densidade média da população de cada amostra (LOBO; LEIGHTON, 1986).

Para verificar diferenças significativas entre os atributos da comunidade de alga perifítica (exceto composição) foi aplicado um *Teste t* de significância (T-test for independent samples-by groups). Este teste foi aplicado utilizando o pacote estatístico Statistic, versão 7.1 (STATSOFT, 2005), assim como todos os gráficos apresentados.

## **2.3 RESULTADOS**

Neste estudo, englobando os dois tratamentos, um total de 57 táxons foi registrado, distribuídos em oito classes taxonômicas: Bacillariophyceae (30% dos táxons), Chlorophyceae (25%), Cyanophyceae (10%), Zygnemaphyceae (16%), Chrysophyceae (2%), Euglenophyceae (7%), Oedogoniophyceae (5%) e Xanthophyceae (5%) (Tabela 1).

**Tabela 1:** Composição taxonômica da comunidade de algas perifíticas registrada no experimento *in situ*, na planície de inundação do alto rio Paraná.

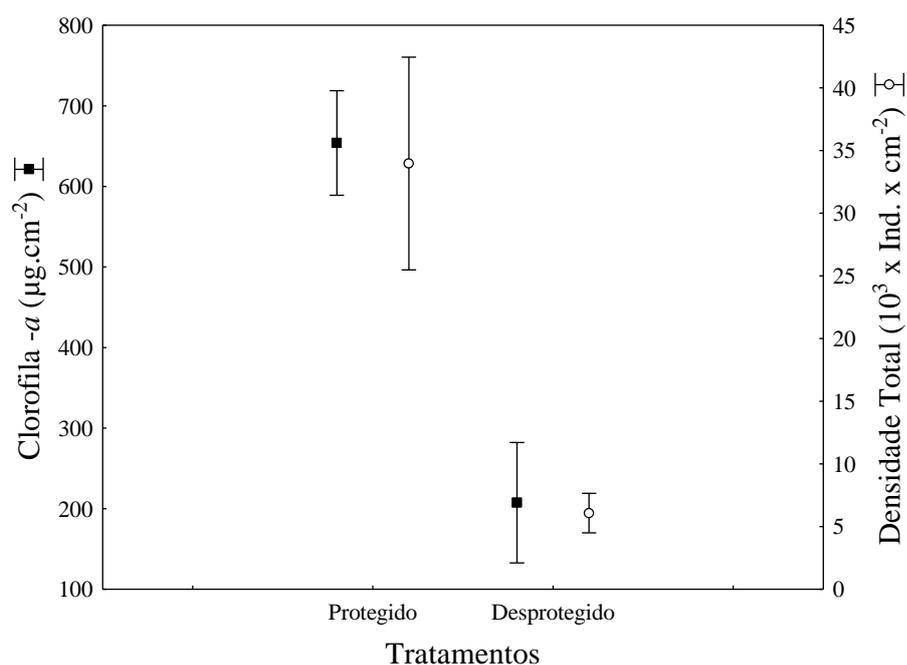
	<b>Protegido</b>	<b>Desprotegido</b>
<b>Bacillariophyceae</b>		
<i>Achnantheidium minutissimum</i> (Kütz.) Czarn.	X	X
<i>Diploneis</i> sp.	X	X
<i>Encyonema mesianum</i> (Cholnoky) D. G. Mann	X	
<i>Encyonema minutum</i> (Hilse in Rabenh.) D. G. Mann	X	X
<i>Encyonema silesiacum</i> (Bleisch in Rabenh.) D. G. Mann		X
<i>Eunotia bilunaris</i> Ehr.	X	X
<i>Eunotia flexuosa</i> Bréb.	X	X
<i>Eunotia cf. pectinalis</i> (Dillw.) Rab.	X	

<i>Continuação Tabela 1.</i>		
<i>Eunotia</i> sp.		X
<i>Fragilaria capucina</i> Desm.	X	X
<i>Gomphonema brasiliense</i> Grunow		X
<i>Gomphonema gracile</i> Ehr.	X	X
<i>Gomphonema parvulum</i> (Kütz.) Kütz.	X	X
<i>Navicula</i> cf. <i>cryptocephala</i> Kütz.	X	X
<i>Nitzschia palea</i> (Kütz.) W. Smith	X	X
<i>Pinnularia</i> sp.	X	X
<i>Ulnaria ulna</i> (Nitzsch) Compère	X	X
<b>Chlorophyceae</b>		
<i>Ankistrodesmus falcatus</i> (Corda) Ralfs	X	
<i>Ankistrodesmus fusiformis</i> Corda	X	
<i>Characium ornithocephalum</i> A. Braun	X	X
<i>Closteriopsis</i> sp.	X	
<i>Desmodesmus denticulatus</i> (Lagerh.) Friedl & Hegew.	X	
<i>Kirchneriella</i> sp.	X	
<i>Monoraphidium</i> cf. <i>arcuatum</i> (Korsh.) Hind.	X	
<i>Monoraphidium irregulare</i> (Smith) Komárková-Legnerová	X	X
<i>Monoraphidium</i> sp.	X	
<i>Palmella</i> sp.	X	
<i>Sphaerocystis schroeterii</i> Chodat	X	
<i>Stigeoclonium</i> sp.	X	X
Chlorophyceae cocóide não identificada	X	
Chlorophyceae cocóide não identificada 2	X	X
Chlorophyceae cocóide não identificada 3		X
<b>Cyanophyceae</b>		
<i>Aphanocapsa</i> sp.	X	
<i>Geitlerinema splendidum</i> (Grev. ex Gomont) Anagn.	X	
<i>Heteroleibleinia</i> sp.	X	X
<i>Leptolyngbya</i> sp.		X
<i>Oscillatoria</i> sp.	X	
<b>Zygnemaphyceae</b>		
<i>Closterium diana</i> Ehr.	X	X
<i>Closterium</i> sp.		X
<i>Cosmarium norimbergense</i> Reinsch	X	
<i>Cosmarium pseudoconnatum</i> Nordst.	X	X
<i>Cosmarium rectangulare</i> Grunow	X	X
<i>Cosmarium trilobulatum</i> Reinsch	X	
<i>Cosmarium</i> sp.	X	
<i>Cosmarium</i> sp. 2		X
<i>Spirogyra</i> sp.	X	
<b>Chrysophyceae</b>		
Crysophyceae não identificada 1	X	X
<b>Euglenophyceae</b>		
<i>Euglena</i> sp.	X	X
<i>Mallomonas</i> sp.		X
<i>Phacus</i> sp.		X

Continuação Tabela 1.		
<i>Trachelomonas volvocina</i> (Ehr.) Ehr.	X	X
Oedogoniophyceae		
<i>Oedogonium</i> sp.	X	X
<i>Oedogonium</i> sp. 2	X	X
<i>Oedogonium</i> sp. 3	X	X
Xanthophyceae		
<i>Ophiocytium arbusculum</i> (A.Braun) Rabenhorst		X
<i>Ophiocytium cochleare</i> A. Braun	X	
<i>Ophiocytium parvulum</i> (Perty) A. Braun	X	X

O Tratamento Protegido apresentou um maior número de táxons (47), quando comparado com o Desprotegido (37). Deste total de número de táxons, 27 foram registrados tanto no tratamento com exclusão de grandes herbívoros aquáticos, quanto no tratamento no qual estes não foram excluídos. Ao ser considerado os táxons observados em apenas um tratamento, um maior número foi observado no Protegido. Neste tratamento, a maioria dos 20 táxons exclusivos pertencia a classe Chlorophyceae. Já no Tratamento Desprotegido a maior parte dos táxons exclusivos era da classe Bacillariophyceae.

A biomassa da comunidade de algas perifíticas, avaliada pela concentração de clorofila-*a*, foi significativamente superior no Tratamento Protegido ( $p=0,0237$ ; Figura 3), no qual foi registrada uma média de  $653 \mu\text{g}\cdot\text{cm}^{-2}$ . Já no tratamento no qual não houve restrição do acesso a comunidade de algas perifíticas pelos herbívoros aquáticos, o valor médio de concentração de clorofila-*a* foi de  $207 \mu\text{g}\cdot\text{cm}^{-2}$ .

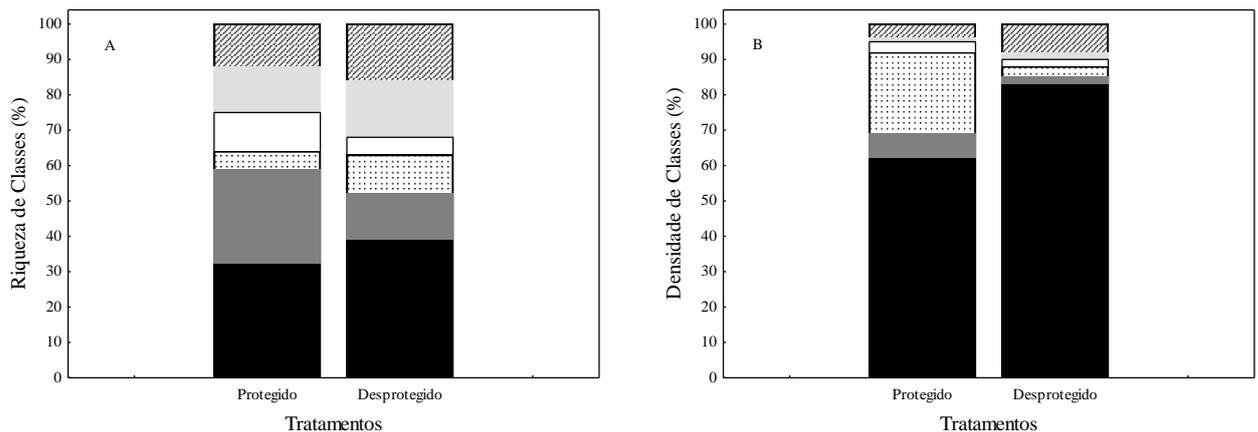


**Figura 3:** Valores médios (■) e desvio padrão (I) da biomassa (concentração de clorofila-*a*) e densidade total da comunidade de algas perifíticas registrada nos Tratamentos Protegido e Desprotegido, no período hidrológico de águas baixas, no ressaco do Leopoldo, planície de inundação do alto rio Paraná. (n=3).

Em relação a densidade da comunidade de algas perifíticas foi observada uma diferença significativa entre os tratamentos ( $p=0,001$ ), sendo a média deste atributo superior no Tratamento Protegido ( $33,97 \times 10^3 \text{ ind.} \times \text{cm}^{-2}$ ), quando comparado ao Desprotegido ( $6,08 \times 10^3 \text{ ind.} \times \text{cm}^{-2}$ ) (Figura 3).

Acerca da riqueza de classes taxonômicas, tanto no Tratamento Protegido, quanto no Desprotegido, predominaram em número de táxons a classe Bacillariophyceae, com uma contribuição de 30 e 39%, respectivamente (Figura 4a). Esta classe foi seguida por Chlorophyceae (27%) e Zygnemaphyceae (13%) no Tratamento Protegido e pelas classes Zygnemaphyceae (16%) e Chlorophyceae (13%), no Desprotegido. Neste último tratamento, a classe Euglenophyceae também recebeu destaque, com 11% dos táxons registrados (Figura 4a).

Em termos de densidade das classes taxonômicas, nos dois tratamentos, Bacillariophyceae apresentou maior contribuição, sendo de 62% da densidade total no Tratamento Protegido e de 83%, no Desprotegido (Figura 4b).

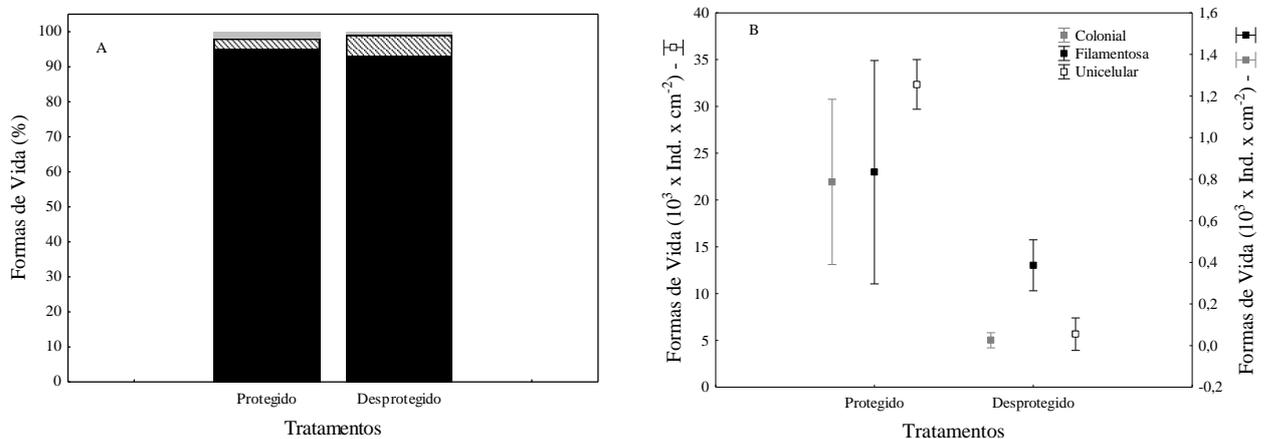


**Figura 4:** Porcentagem da contribuição das classes taxonômicas para a riqueza (A) e densidade (B) total da comunidade de algas perifíticas analisadas nos Tratamentos Protegido e Desprotegido, no período hidrológico de águas baixas no ressaco do Leopoldo, planície de inundação do alto rio Paraná. ▨ Chrysophyceae + Oedogoniophyceae + Xanthophyceae;

■ Zygnemaphyceae; ▬ Cyanophyceae; ▨ Euglenophyceae; ■ Chlorophyceae; ■ Bacilliphyceae. n=3.

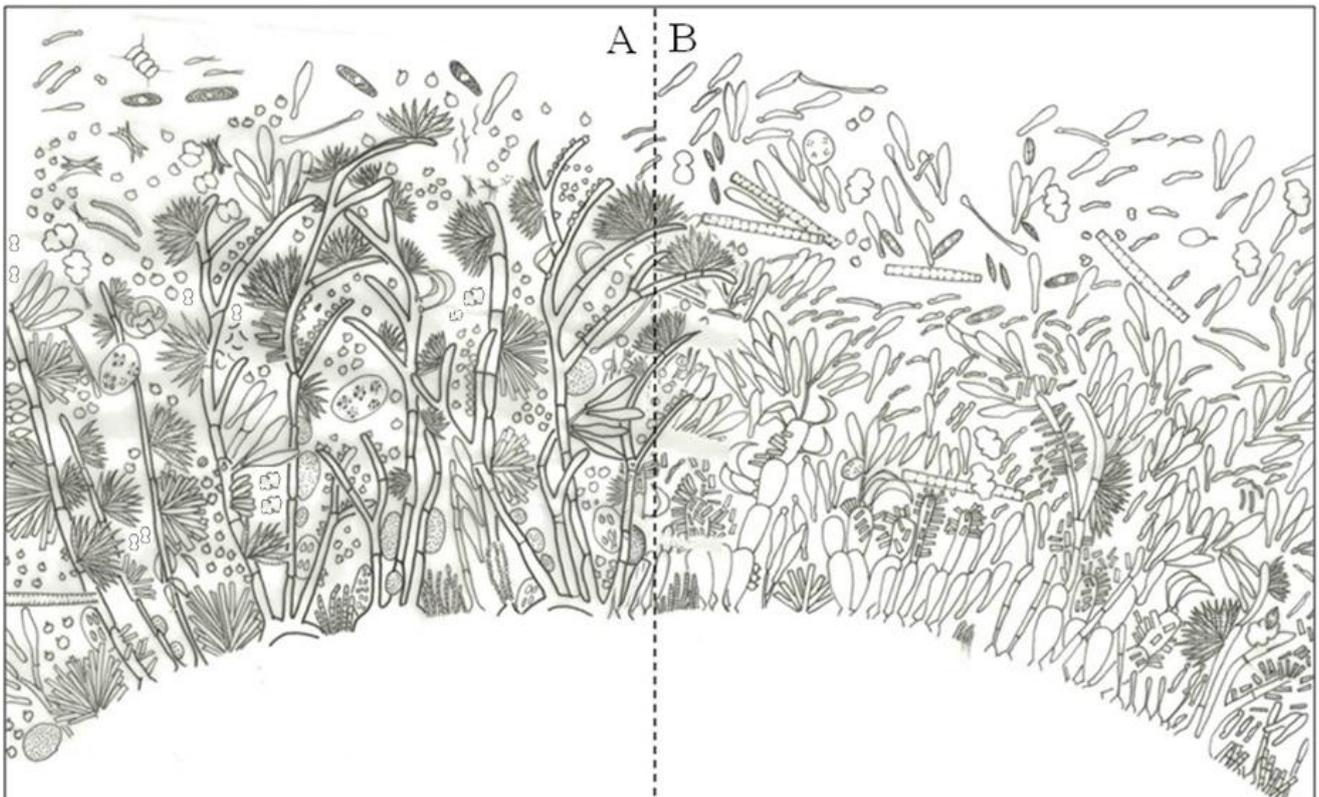
A elevada densidade da classe Bacillariophyceae pode ser atribuída a contribuição de *Achnantheidium minutissimum* e *Nitzschia palea*. Estes dois táxons foram considerados abundantes nos dois tratamentos, com as maiores contribuições registradas no Tratamento Protegido. Ainda em relação a este tratamento, as diatomáceas foram seguidas por Euglenophyceae (23%) e Chlorophyceae (7%), com destaque para os respectivos táxons abundantes, *Trachelomonas volvocina* e *Monoraphidium cf arcuatum*. No Tratamento Desprotegido, a classe Bacillariophyceae, representada pelos táxons abundantes *Gomphonema gracile* e *Eunotia bilunaris*, foi seguida por Chrysophyceae (3%), com um táxon não identificado como abundante.

Em relação as formas de vida, os dois tratamentos seguiram o mesmo padrão, com predomínio das formas unicelulares, seguidas das filamentosas e coloniais (Figura 5a). Estas três formas apresentaram maiores contribuições no Tratamento Protegido (Figura 5b), contudo, diferença significativa entre os tratamentos foi registrada apenas para as formas unicelulares ( $p=0,000041$ ).



**Figura 5:** Porcentagem da contribuição (A) ■ Colonial, ▨ Filamento e ■ Unicelular e valores médios (■) e desvio padrão (I) das formas de vida (B) para a densidade total da comunidade de algas perifíticas analisadas nos Tratamentos Protegido e Desprotegido, no período hidrológico de águas baixas, no ressaco do Leopoldo, planície de inundação do alto rio Paraná. (n=3). \* Notar a diferença de escala nos gráficos.

Com base na densidade e ocorrência de cada táxon nos substratos de bambu, foi possível esquematizar a estrutura da comunidade de algas perifíticas registrada no Tratamento Protegido (Figura 6a) e no Desprotegido (Figura 6b). Por meio destas representações, foi possível demonstrar que, apesar de apresentarem a mesma contribuição nos dois tratamentos, as formas filamentosas apresentaram diferenças estruturais. Quando o acesso à comunidade de algas perifíticas foi restringido, pode-se observar a presença de filamentos estruturados, muito ramificados, alongados, que serviram de substrato para outros táxons unicelulares e coloniais. No Tratamento Desprotegido, os filamentos eram mais finos e curtos, sem ramificações e, na maioria das observações, restritos apenas a células basais.



**Figura 6:** Esquema ilustrativo da comunidade de algas perifíticas presente nos Tratamentos Protegido (A) e Desprotegido (B), no período hidrológico de águas baixas, no ressaco do Leopoldo, planície de inundação do alto rio Paraná.

## **2.4 DISCUSSÃO**

Em planícies de inundação, um dos fatores que influencia o desenvolvimento da comunidade de algas perifíticas é a herbivoria (GOLDSBOROUGH; ROBINSON, 1996;

McNAIR; CHOW-FRASER, 2003). Na planície de inundação do alto rio Paraná, o livre acesso de herbívoros aquáticos aos substratos restringiu o desenvolvimento da comunidade de algas perifíticas, visto que nestes substratos foram registradas menor biomassa, menor riqueza e menor densidade algal. A redução destes atributos da comunidade perifítica na presença de herbívoros aquáticos também foi evidenciado em outras planícies de inundação, em estudos desenvolvidos abrangendo uma variedade de processos e relações entre as diferentes espécies (BATZER; RESH, 1991; HANN, 1991; GEDDES; TREXLER, 2003; CARLSON; BRÖNMARK, 2006; COBBAERT et al., 2010; FANG et al., 2010; ROBER et al., 2011).

A redução da biomassa da comunidade de algas perifíticas, considerado um dos efeitos mais intensos de herbívoros aquáticos nesta comunidade (McCORMICK et al., 1994; BIGGS, 1996; STEINMAN, 1996), também foi demonstrada por Batzer e Resh (1991), Hann (1991), Geddes e Trexler (2003), Carlson e Brönmark (2006), Cobbaert et al. (2010) e Rober et al. (2011). Dentre estes estudos, apenas Hann (1991) discutiu a redução da biomassa da comunidade de algas perifíticas por dois grupos de herbívoros aquáticos. Batzer e Resh (1991), Geddes e Trexler (2003) e Cobbaert et al. (2010) avaliaram a diminuição de herbívoros, e conseqüentemente o aumento da biomassa algal, via cascata trófica, controlando o efeito de um predador de topo. Já o enfoque de Carlson e Brönmark (2006) foi comparar o impacto de gastropodas de diferentes tamanhos. E, diferentemente do observado na planície de inundação do alto rio Paraná, não foram registradas diferenças estatísticas entre os tratamentos (CARLSON; BRÖNMARK, 2006). Rober et al. (2011) verificaram o efeito de herbívoros associado com a adição de nutrientes, registrando que a biomassa perifítica era mais elevada em tratamentos com adição de nutrientes, nos quais os herbívoros estavam presentes, mas sem acesso aos substratos. Quando os herbívoros estavam ausentes ou não estavam impedidos, a biomassa perifítica foi menor (ROBER et al., 2011).

Em uma planície de inundação canadense, Hann (1991) demonstrou que o efeito de microcrustáceos herbívoros na biomassa perifítica foi superior ao de larvas de quironomídeos e oligoquetas. Segundo esta autora, na presença de microcrustáceos a biomassa da comunidade perifítica foi de duas a três vezes menor (HANN, 1991). Na planície de inundação do alto rio Paraná, apesar dos herbívoros aquáticos não serem diferenciados, nos substratos desprotegidos, no qual o acesso ao substrato não foi restringido, a concentração de clorofila-*a* da comunidade de algas perifíticas foi três vezes menor.

O experimento realizado na planície de inundação do alto rio Paraná também demonstrou que a estrutura da comunidade de algas perifíticas foi afetada pela presença de

herbívoros aquáticos, visto que tanto a riqueza, quanto a densidade desta comunidade, foram significativamente menores no Tratamento Desprotegido. Em uma planície de inundação boreal, Rober et al. (2011) também observaram menor densidade total da comunidade de algas perifíticas na presença de herbívoros aquáticos.

Nos substratos expostos a ação de herbívoros aquáticos também foi observada uma menor contribuição das formas de vida. Apesar da distinção significativa entre os tratamentos ser registrada apenas para as formas unicelulares, as formas filamentosas apresentaram diferenças estruturais. No Tratamento Desprotegido, os filamentos eram curtos, finos e com poucas ramificações, sendo, muitas vezes, restritos a células basais. No Tratamento Protegido, na ausência de herbívoros aquáticos, no entanto, o oposto foi registrado, visto que os filamentos eram longos e muito ramificados, servindo de substrato para outros táxons, principalmente os unicelulares e coloniais.

Estas reduções das formas filamentosas na presença de herbívoros aquáticos também foram observadas em outras planícies de inundação (HANN, 1991; FANG et al., 2010; ROBER et al., 2011). Em um experimento realizado em mesocosmos em uma planície de inundação asiática, FANG et al. (2010) avaliaram o impacto de um gastrópoda em algas filamentosas e registraram que o crescimento de espécimes do gênero *Spirogyra* foi suprimido por este herbívoro. De acordo com ROBER et al. (2011) na exclusão de herbívoros aquáticos, as formas filamentosas de algas verdes predominaram na comunidade de algas perifíticas, já na comunidade predada por herbívoros dominaram as formas unicelulares.

Diferentemente do observado por ROBER et al. (2011), no experimento realizado na planície de inundação do alto rio Paraná, as formas unicelulares predominaram nos dois tratamentos, independentemente da restrição ou não do acesso dos herbívoros aquáticos aos substratos. No entanto, no Tratamento Protegido, esta forma de vida apresentou maior sucesso, propiciado, possivelmente, pelos longos filamentos, que serviram de substrato, e pelos filamentos ramificados, pela proteção. Neste tratamento, até formas de hábito solitário e de vida livre, como *Trachelomonas volvocina* e *Monoraphidium cf arcuatum* (BICUDO; MENEZES, 2006), encontraram na matriz perifítica um ambiente propício para seu desenvolvimento.

Com este experimento *in situ*, realizado na planície de inundação do alto rio Paraná, foi possível observar o efeito de herbívoros aquáticos nos atributos da comunidade de algas perifíticas, aceitando a hipótese proposta, de que o livre acesso de herbívoros aquáticos a substratos altera a estrutura da comunidade de algas perifíticas, diminuindo sua biomassa,

riqueza e densidade. Os resultados obtidos neste experimento também indicam a influência de diferentes herbívoros aquáticos na estruturação desta comunidade e servem de subsídios para novos estudos, com enfoque em cada comunidade herbívora separadamente.

---

#### REFERÊNCIAS

AGOSTINHO, A. A.; GOMES, L. C.; VERISSIMO, S.; OKADA, E. K. Flood regime, dam regulation and fish in the Upper Parana River: effects on assemblage attributes, reproduction and recruitment. **Reviews in Fish Biology and Fisheries**, v. 14, p. 11–19, 2004a.

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. **Ecohydrology & Hydrobiology**, v. 4, n. 3, p. 255-256, 2004b.

AZEVEDO, F.; BONECKER, C. C. Community size structure of zooplanktonic assemblages in three lakes on the upper River Parana floodplain, PR-MS, Brazil. **Hydrobiologia**, v. 505, p.147-158, 2003.

AZIM, M. E.; WAHAB, M. A.; VAN DAM, A. A.; BEVERIDGE, M. C. M.; MILSTEIN, A.; VERDEGEM, M. C. J. Optimization of the fertilization rate for maximizing periphyton production on artificial substrates and the implications for periphyton- based aquaculture. **Aquaculture. Research.**, v. 32, p. 749- 760, 2001.

BATZER, D. P.; RESH, V. H. Trophic interactions among a beetle predator, a chironomid grazer and periphyton in a seasonal wetland. **Oikos**, v. 60, p. 251-257, 1991.

BEHREND, R. D. L.; FERNANDES, S. E. P.; FUJITA, D. S., TAKEDA, A. M. Eight years of monitoring aquatic Oligochaeta from the Baía and Ivinhema Rivers. **Brazilian Journal of Biology**, v. 69 (2, Suppl.), p. 559-571, 2009.

BICUDO, C. E. M.; MENEZES, M. **Gêneros de Algas de Águas Continentais do Brasil: chave para identificação e descrições**. São Carlos: RiMa, 2006.

BIGGS, B. J. F. Patterns in benthic algae of streams. In: STEVENSON, R. J.; BOTHWELL, M. L.; LOWE, R. L. (Ed.), **Algal ecology: freshwater bentic ecosystems**. San Diego: Academic Press, 1996. p. 31-56.

BINI, L. M.; BONECKER, C. C.; LANSAC-TÔHA, F. A. Vertical distribution of rotifers on the upper Paraná River floodplain: the role of thermal stratification and chlorophyll-a. **Studies on Neotropical Fauna and Environment**, v. 36, n. 3, p. 241-246, 2010.

BONECKER, C. C.; AZEVEDO, F.; SIMÕES, N. R. Zooplankton body-size structure and biomass in tropical floodplain lakes: relationship with planktivorous fishes. **Acta Limnologica Brasiliensia**, v. 23, n. 3, p. 217-228, 2011.

CARLSSON, N. O. L., BRÖNMARK, C. Size-dependent effects of an invasive herbivorous snail (*Pomacea canaliculata*) on macrophytes and periphyton in Asian wetlands. **Freshwater Biology**, v.51, p. 695-704, 2006.

COBBAERT, D.; BAYLEY, S. E.; GRETER, J. L. Effect of a top invertebrate predator (*Dytiscus alaskanus*, Coleoptera: Dytiscidae) on fishless pond ecosystem. **Hydrobiologia**, v. 644, p. 103-114, 2010.

CRIPPA, V. E. L.; HAHN, N. S.; FUGI, R. Food resource used by small-sized fish in macrophyte patches in ponds of the upper Paraná river floodplain. **Acta Scientiarum. Biological Sciences**, v. 31, n. 2, p. 119-125, 2009.

FANG, L.; WONG, P. K.; LIN, L.; LAN, C.; QIU, J. W. Impact of invasive apple snails in Hong Kong on wetland macrophytes, nutrients, phytoplankton and filamentous algae. **Freshwater Biology**, v. 55, p. 1191–1204, 2010.

FUGI, R.; HAHN, N. S.; AGOSTINHO, A. A. Feeding styles of five species of bottom-feeding fishes of the High Paraná River. **Environmental Biology of Fishes**, v. 46, p. 297-307, 1996.

GEDDES, P.; TREXLER, J. C. Uncoupling of omnivore-mediated positive and negative effects on periphyton mats. **Oecologia**, v. 136, p. 585–595, 2003.

GOLDSBOROUGH, L. G., ROBINSON, G. G. C. Patterns in wetlands. In: STEVENSON, R. J.; BOTHWELL, M. L.; LOWE, R. L. (Ed.), **Algal ecology: freshwater bentic ecosystems**. San Diego: Academic Press, 1996. p. 77–117.

HANN, B. J. Invertebrate grazer-periphyton interactions in a eutrophic marsh pond. **Freshwater Biology**, v. 26, p. 87-96, 1991.

KESHAVANATH, P.; GANGADHAR, B.; RAMESH, T. J.; VAN DAM A. A.; BEVERIDGE, M. C. M.; VERDEGEM, M. C. J. Effects of bamboo substrates and supplemental feeding on growth and production of hybrid red tilapia fingerlings *Oreochromis mossambicus* x *Oreochromis niloticus*. **Aquaculture**, v. 235, p. 303- 314, 2004.

LOBO, A.E.; LEIGHTON, G. Estructuras de las fitocenosis planctónicas de los sistemas de desembocaduras de ríos y esteros de la zona central de Chile. **Rer. Biol. Mar.** 22, 143-170, 1986.

McCORMICK, P. V.; LOUIE, D.; CAIRNS, J. J. Longitudinal effects of herbivory on lotic periphyton assemblages. **Freshwater Biology**, v. 31, p. 201-212, 1994.

McNAIR, S. A.; CHOW-FRASER, P. Change in biomass of benthic and planktonic algae along a disturbance gradient for 24 Great Lakes coastal wetlands. **Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences**, v. 60, p. 676–689, 2003.

MORMUL, R. P.; THOMAZ, S. M.; SILVEIRA, M. J.; RODRIGUES, L. Epiphyton or macrophyte: which primary producer attracts the snail *Hebetancylus moricandi*? **American Malacological Bulletin**, v. 28, p. 127-133, 2010.

MORMUL, R. P.; THOMAZ, S. M.; AGOSTINHO, A. A.; BONECKER, C. C.; MAZZEO, N. Migratory benthic fishes may induce regime shifts in a tropical floodplain pond. **Freshwater Biology**, v. 57, n. 8, p. 1592-1602, 2012.

OPPERMAN, J. J.; LUSTER, R.; McKENNEY, B. A.; ROBERTS, M.; MEADOWS, A. W. Ecologically functional floodplains: connectivity, flow regime, and scale. **Journal of the American Water Resources Association**, v. 46, n. 2, p. 211-226, 2010.

PERETTI, D.; ANDRIAN, I. F. Trophic structure of fish assemblages in five permanent lagoons of the high Paraná River floodplain, Brazil. **Environmental Biology of Fishes**, v. 71, p. 95–103, 2004.

POMPÊO, M. L. M.; MOSCHINI-CARLOS, V. **Macrófitas aquáticas e perifíton, aspectos ecológicos e metodológicos**. São Carlos: RiMa, 2003.

RICKLEFS, R. E. **A economia da natureza**. Rio de Janeiro: Editora Guanabara Koogan, 2001.

ROBER, A. R.; WYATT, K. H.; STEVENSON, R. J. Regulation of algal structure and function by nutrients and grazing in a boreal wetland. . **Journal of the North American Benthological Society**, v. 30, n.3, p. 787–796, 2011.

RODRIGUES, L.; BICUDO, D. C. Similarity among periphyton algal communities in a lentic-lotic gradient of the upper Paraná river floodplain, Brazil. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 24, p. 235-248, 2001.

RODRIGUES, L.; BICUDO, B. C.; MOSCHINI-CARLOS, V. O papel do perifíton em áreas alagáveis e nos diagnósticos ambientais. In: Thomaz, S. M.; Bini, L. M. (Ed.) **Ecologia e manejo de macrófitas aquáticas**. Maringá: EDUEM, 2003. p. 211-230.

RODRIGUES, L.; ALGARTE, V. M.; SIQUEIRA, N. S.; MACHADO, E. N. Fatores envolvidos na distribuição e abundância do perifíton e principais fatores encontrados em ambientes de Planície de Inundação. In: SCHWARZBOLD, A. *et al.*, **Ecologia de Perifíton**. São Paulo: Editora Rima, 2012.

ROS, J. 1979. **Práticas de Ecologia**. Barcelona: Omega, 181p.

SCHWARZBOLD, A. Métodos ecológicos aplicados ao estudo do perifíton. **Acta Limnologica Brasiliensia**, v. 3, p. 545-592, 1990.

SOUZA-FILHO, E. E.; STEVAUX, J. C. **Descrição dos locais de amostragem**. Relatório técnico, Programa PELD/CNPq. Disponível em: < <http://www.peld.uem.br> >, 2000.

STEINMAN, A. 1996. Effects of grazers on freshwater benthic algae. In: STEVENSON, R. J.; BOTHWELL, M. L.; LOWE, R. L. (Ed.), **Algal ecology: freshwater bentic ecosystems**. San Diego: Academic Press, 1996. p. 341-373.

YANG, G. Y.; DUDGEON, D. Response of grazing impacts of an algivorous fish (*Pseudogastromyzon myersi*: Baliitoridae) to seasonal disturbance in Hong Kong streams. **Freshwater Biology**, v. 55, no. 411-423, 2010.

Vê se me entende, olha o meu sapato novo  
 Minha calça colorida o meu novo way of life  
 Eu tô tão lindo porém bem mais perigoso  
 Aprendi a ficar quieto e começar tudo de novo  
 O que eu quero, eu vou conseguir  
 O que eu quero, eu vou conseguir  
 Pois quando eu quero todos querem  
 Quando eu quero todo mundo pede mais  
 E pede bis

Eu tinha medo do seu medo  
 do que eu faço  
 Medo de cair no laço  
 que você preparou  
 Eu tinha medo de ter que dormir mais cedo  
 numa cama que eu não gosto só porque você mandou...

Você é forte mais eu sou muito mais lindo  
 O meu cinto cintilante, a minha bota, o meu boné  
 Não tenho pressa, tenho muita paciência  
 Na esquina da falência  
 que eu te pego pelo pé

Olha o meu charme, minha túnica, meu terno  
 Eu sou o anjo do inferno que chegou pra lhe buscar  
 Eu vim de longe, vim d'uma metamorfose  
 Numa nuvem de poeira que pintou pra lhe pegar  
 Você é forte, faz o que deseja e quer  
 Mas se assusta com o que eu faço, isso eu já posso ver  
 E foi com isso justamente que eu vi  
 Maravilhoso, eu aprendi que eu sou mais forte que você

O que eu quero, eu vou conseguir  
 O que eu quero, eu vou conseguir  
 Pois quando eu quero todos querem  
 Quando eu quero todo mundo pede mais  
 E pede bis, e pede mais...

Rockixe  
 Raul Seixas

### 3 EFEITO DE HERBIVOROS NA BIOMASSA DA COMUNIDADE PERIFÍTICA: UM EXPERIMENTO EM CURTO INTERVALO DE TEMPO

---

#### RESUMO

O objetivo deste estudo foi avaliar, em um ensaio experimental, o efeito da comunidade zooplanctônica e de dois peixes herbívoros (*Psellogrammus kennedyi* Eigenmann 1903 e *Serrapinnus notomelas* Eigenmann 1915) na biomassa da comunidade perifítica. Para a colonização e desenvolvimento da comunidade perifítica foram utilizados substratos de bambu, que permaneceram submersos em um ambiente semilêntico durante 28 dias. Após o estabelecimento da comunidade perifítica, os substratos foram conduzidos para aquários e divididos em um Controle e outros três Tratamentos. Neste experimento, as análises de variância mostram que, em uma escala espacial, independente do dia de experimento, as médias de concentrações de clorofila-*a*, peso seco total e peso seco livre de cinzas, foram significativamente superiores no Controle. Além disso, na maioria dos dias de experimento, em uma escala temporal, estas variáveis também foram superiores na ausência de herbívoros aquáticos. Estes dados indicaram o efeito negativo da presença da comunidade zooplanctônica e de peixes herbívoros na biomassa da comunidade de algas perifíticas. Diferenças significativas também foram registradas entre os Tratamentos, com menor biomassa na presença do peixe herbívoro *P. kennedyi*. Desta forma foi comprovada a hipótese de que os peixes podem reduzir a biomassa perifítica de uma forma mais expressiva, quando comparada a comunidade zooplanctônica.

**Palavras-chave:** clorofila-*a*, peso seco livre de cinzas, herbivoria, comunidade zooplanctônica, peixes herbívoros, comunidade perifítica.

### 3 EFFECT OF HERBIVORES IN THE PERIPHYTON BIOMASS: AN EXPERIMENT IN SHORT TIME INTERVAL

---

#### *ABSTRACT*

The aim of this study was to evaluate the effect of zooplankton and two herbivorous fish (*Psellogrammus kennedyi* Eigenmann 1903 and *Serrapinnus notomelas* Eigenmann 1915) in the biomass of periphytic community. For colonization and community development periphytic substrates were used bamboo, which remained submerged in an environment semilântico for 28 days. After the establishment of the periphytic community, the substrates were conducted to aquariums and divided into a control and the other three treatments. In this experiment, the analyzes of variance show that, on a spatial scale, regardless of the day of the experiment, the mean concentrations of chlorophyll-*a*, total dry weight and ash-free dry weight were significantly higher in the control. Moreover, on most days of the experiment, on a time scale, these variables were also higher in the absence of aquatic herbivores. These data indicate the negative effect of the presence of zooplankton and herbivorous fish biomass of periphytic algae community. Significant differences were also recorded among the treatments, with lower biomass in the presence of herbivorous fish *P. kennedyi*. Thus the hypothesis was proven that fish can reduce the biomass of periphyton in a more significant when compared to the zooplankton community.

**Key words:** chlorophyll-*a*, ash-free dry weight, herbivory, zooplankton, herbivorous fish, periphyton community.

### 3.1 INTRODUÇÃO

---

A comunidade perifítica é definida como uma complexa microbiota, constituída por algas, animais, bactérias, fungos e detritos orgânicos e inorgânicos, encontrada firme ou frouxamente aderida em substratos submersos (WETZEL, 1983). No ambiente aquático o perifíton desempenha papéis fundamentais principalmente ao promover o intercâmbio entre os componentes químicos, físicos e biológicos (LOWE, 1996), providenciarem recursos para diversos consumidores vertebrados e invertebrados (GOLDSBOROUGH et al., 2005).

Estes organismos herbívoros desempenham um papel central na dinâmica da comunidade perifítica (HANN, 1991), impactando-a tanto pelo consumo direto, quanto pelo deslocamento de células do substrato (McCORNICK et al., 1994; LOWE, 1996). Simultaneamente a alteração na composição taxonômica, os herbívoros reduzem a biomassa perifítica (ABE et al., 2007) e este pode ser considerado o efeito mais intenso dos herbívoros aquáticos na comunidade perifítica (McCORMICK et al., 1994; BIGGS, 1996; STEINMAN, 1996). Isto porque, ao se alimentarem, estes organismos exercem um efeito negativo nas concentrações de clorofila-*a* e peso seco livre de cinzas (HUNTER; RUSSELL-HUNTER, 1983; ROSEMOND et al., 1993; NORBERG, 1999; BARBEE, 2005; ABE et al., 2007; SIEHOFF et al., 2008; YANG; DUDGEON, 2010).

Este controle exercido por herbívoros na biomassa da comunidade tem sido abordado em numerosos estudos experimentais, em todos os tipos de ambientes aquáticos (HILLEBRAND, 2009), inclusive em planícies de inundação (HANN et al., 2001; CARLSSON; BRÖNMARK, 2006).

Segundo Hillebrand (2002), que avaliou o efeito top-down e o botton-up no controle da biomassa desta comunidade, a presença de herbívoros tem um efeito mais intenso na biomassa da comunidade de algas perifíticas do que a limitação por nutrientes. Para a planície de inundação do alto rio Paraná, o efeito de nutrientes foi avaliado experimentalmente em 2008 (MURAKAMI; RODRIGUES, 2009), faltando assim a avaliação do efeito de herbívoros sobre o perifíton. Desta forma, este estudo buscou avaliar o efeito de três grupos de herbívoros aquáticos (comunidade zooplancônica, *Serrapinus notomelas* Eigenmann, 1915 e *Psellogrammus kennedyi* Eigenmann 1903) na biomassa (concentração de clorofila-*a* e formas de peso seco) da comunidade perifítica na planície de inundação do alto rio Paraná, em um curto período de tempo em microcosmos. Buscou-se comparar as pressões de

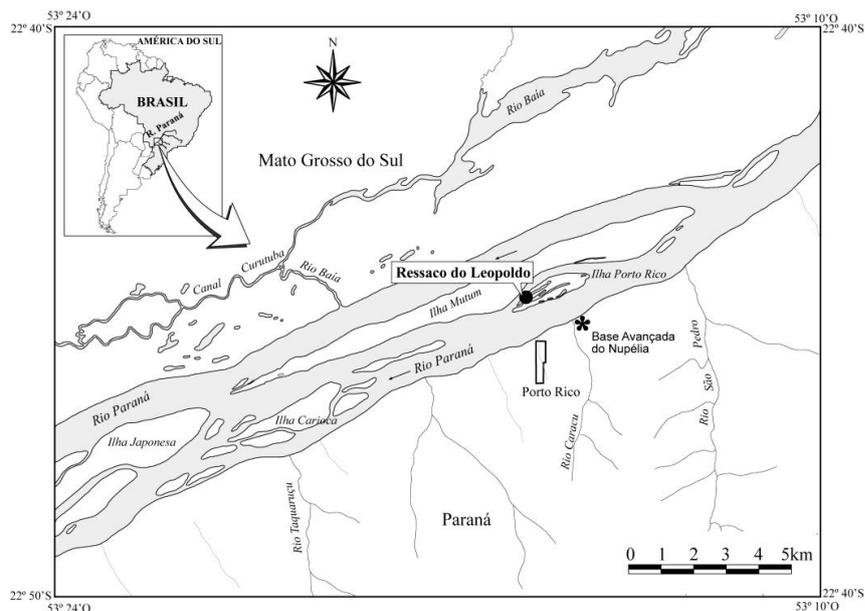
herbivoria exercida pelas diferentes comunidades utilizadas, zooplâncton e peixes, na biomassa perifítica.

Este trabalho foi regido pelas hipóteses: (i) a biomassa da comunidade perifítica em tratamentos com herbívoros diferirá significativamente de um controle sem herbívoros, (ii) a pressão de herbivoria de cada grupo, comunidade zooplânctônica e peixes, será distinta, independente do dia de experimento, (iii) em uma escala temporal, haverá diferença significativa entre a biomassa da comunidade perifítica do Controle e dos Tratamentos e (iv) ao longo do experimento diferenças na pressão de herbivoria serão registradas.

## 3.2 MATERIAL E MÉTODOS

### 3.2.1 Área de Estudo e Montagem do Experimento

Para a colonização e estabelecimento da comunidade perifítica foi selecionado uma lagoa conectada (ressaco do Leopoldo), localizada na planície de inundação do alto rio Paraná (Figura 1). Para o desenvolvimento da pesquisa em microcosmos foi utilizada o Laboratório da Base Avançada do Núcleo de Pesquisas em Limnologia, Ictiologia e Aquicultura da Universidade Estadual de Maringá (Nupélia/UEM) localizado na margem esquerda do rio Paraná (Figura 1).



**Figura 1:** Mapa da planície de inundação do alto rio Paraná, com destaque para a localização do ressaco do Leopoldo (●), ambiente natural para a colonização da comunidade perifítica, e a

Base Avançada de Pesquisa do Nupélia (\*), local de desenvolvimento deste estudo em microcosmos.

Este experimento foi realizado no período de águas baixas (maio/2010), visto que, segundo Yang e Dudgeon (2010), a influência da herbivoria é mais evidente nesta época, já que os distúrbios abióticos são menos significativos.

Foram utilizados substratos artificiais (colmos de bambu), devido a área de colonização definida, a fácil manipulação e remoção da comunidade perifítica. Também por serem úteis em experimentos laboratoriais, principalmente quando o objetivo é avaliar o efeito de herbivoria (POMPÊO; MOSCHINI-CARLOS, 2003) e estarem em abundância na área de estudo. Além disso, o bambu já foi utilizado como substrato para a comunidade perifítica em tanques de aquicultura e apresentou uma elevada biomassa em relação a outros substratos (KESHAVANATH et al., 2004; AZIM et al., 2001).

Durante um período hidrológico de águas baixas (maio de 2010), os substratos permaneceram submersos por 28 dias no ressaco do Leopoldo, sem nenhuma proteção contra os herbívoros presentes no ambiente natural. Estes substratos foram posicionados próximos a bancos de *Eichhornia azurea* (Sw.) Kunth, macrófita aquática que propicia uma diversidade de microhabitats, ideal para o desenvolvimento do perifíton (RODRIGUES et al., 2003). Após o estabelecimento da comunidade (POMPÊO; MOSCHINI-CARLOS, 2003), os substratos foram transferidos para aquários de 300L (microcosmos), sendo alocados em cada aquário 20 substratos, com aproximadamente 30 cm de comprimento e 2cm de largura.

Os microcosmos utilizados foram previamente cheios com água do rio Paraná, com auxílio de mangueiras e bomba. A água, destinada para todos os tratamentos, foi primeiramente filtrada com redes de plâncton com 68 $\mu$ m e, em seguida, com outra rede de 25 $\mu$ m de abertura de malha (Figura 2). Assim que os aquários foram cheios, bombas de compressão de ar permitiram a aeração dos microcosmos e, conseqüentemente, a oxigenação da água durante todo o experimento. Após os aquários cheios e aerados, foram adicionados os respectivos herbívoros aquáticos, previamente coletados no ressaco do Leopoldo.

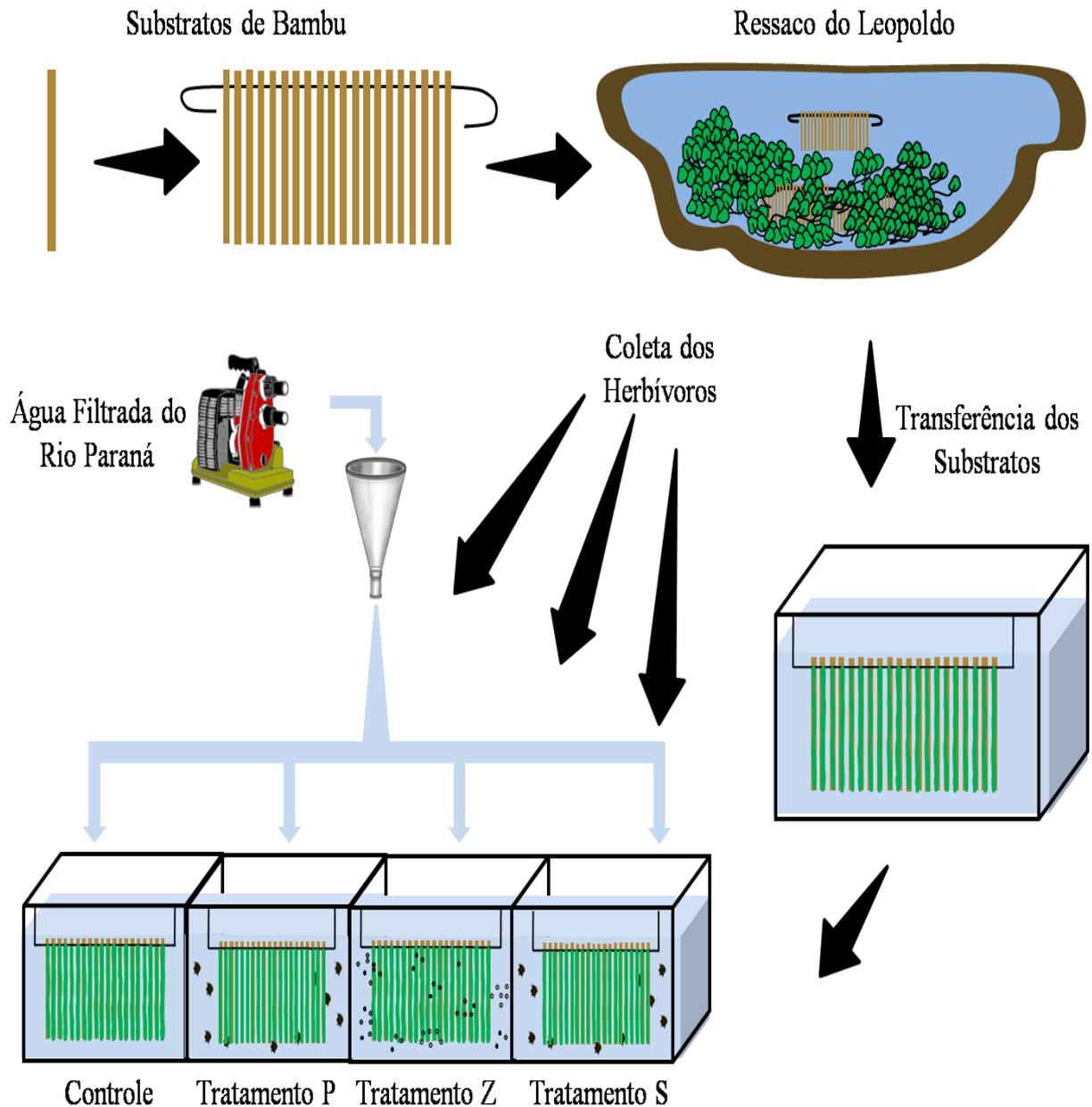
Para este estudo foram selecionadas a comunidade zooplanctônica e duas espécies de peixes herbívoros (*Serrapinus notomelas* (Eigenmann, 1915) e *Psellogrammus kennedyi* (Eigenmann 1903), estes peixes foram escolhidos por serem predominantemente algívoros (CASSATTI et al., 2003) e por ocorrerem em grande densidade/abundância em diversos ambientes da planície de inundação do alto rio Paraná (CARVALHO et al., 2005). Além disso, os estudos alimentares destes peixes muitas vezes é negligenciado. Os indivíduos

selecionados de *Serrapinus notomelas* possuía um tamanho médio de 40 mm, já *Psellogrammus kennedyi*, a maior espécie utilizada, possuía aproximadamente 45,5 mm.

Tanto estes grupos de peixes herbívoros, quanto a comunidade zooplanctônica foram previamente coletadas no ressaco do Leopoldo, a comunidade zooplanctônica, à subsuperfície da região litorânea, com auxílio de moto-bomba e rede de plâncton (68µm). Já os peixes foram coletados próximos a bancos multiespecíficos de macrófitas aquáticas, com auxílio de peneiras. Em cada microcosmos foram utilizados uma amostra concentrada da comunidade zooplanctônica ( $134 \times 10^3$  ind/L - Tratamento Z) e 30 espécimes de peixes (Tratamento S e Tratamento P).

Desta forma, este experimento realizado em um curto intervalo de tempo (10 dias) foi constituído por um Controle (C- Comunidade Perifítica) e três Tratamentos, em duas repetições: Tratamento Z (Comunidade Perifítica + Comunidade Zooplanctônica), Tratamento S (Comunidade Perifítica + *S. notomelas*) e Tratamento P (Comunidade Perifítica + *P. kennedyi*) (Figura 2).

Em cada tratamento, foram realizadas análises de parâmetros abióticos, tais como oxigênio dissolvido (porcentagem de saturação), temperatura (oxímetro digital portátil, com termômetro acoplado) e pH da água (pHmetro portátil). Estas análises foram diárias e precederam a coleta dos dados bióticos.



**Figura 2:** Delineamento experimental, com a colonização e estabelecimento da comunidade perifítica no ressaco do Leopoldo, e sua transferência para os microcosmos. Controle (Comunidade Perifítica), Tratamento P (Comunidade Perifítica + *P. kennedyi*), Tratamento Z (Comunidade Perifítica + Comunidade Zooplancônica) e Tratamento S (Comunidade Perifítica + *S. notomelas*).

### 3.2.2 Coletas da Comunidade Perifítica e Determinação da Biomassa

A coleta da comunidade perifítica foi realizada diariamente, em um intervalo de 10 dias. Em cada coleta dois substratos foram removidos randomicamente de cada aquário, totalizando quatro substratos por tratamento. De cada substrato, amostras de 14 cm<sup>2</sup> foram

raspadas, com auxílio de escovas de náilon e jatos de água destilada. Destas foram obtidas amostras para estimar a concentração de clorofila-*a* (n=4) e formas de pesos seco (n=4).

Após cada coleta, os substratos não foram repostos nos aquários. Para minimizar esta perda, também foram amostrados, em cada dia de coleta, 10% dos grupos herbívoros. No Tratamento Z, 30 litros de água foram filtrados, com auxílio de baldes e rede de plâncton com 68µm de abertura de malha, sendo a água repostada nos aquários após a retirada da comunidade zooplanctônica. Já nos Tratamentos S e P foram retirados diariamente três espécimes de peixes.

A biomassa da comunidade perifítica foi estimada por meio da concentração de clorofila-*a* e formas de peso seco. Para estas análises, o material perifítico removido dos substratos foi imediatamente filtrado em bomba à vácuo e filtros Schleicher & Schuell GF/C e congelados. Para avaliar a concentração de clorofila-*a*, os filtros foram macerados na penumbra com acetona (90%), centrifugados e o sobrenadante analisado em espectrofotômetro (SCHWARZBOLD, 1990). Para obtenção de Peso Seco Total, os filtros foram pré-calcinados em mufla e pesados. Após a filtragem, o material foi seco em estufa (peso seco total) e sofreu combustão (peso seco de cinzas) (SCHWARZBOLD, 1990) pela diferença entre o peso seco total e o peso seco de cinzas foi obtido o peso seco livre de cinzas (SCHWARZBOLD, 1990).

### 3.2.3 Análise dos Dados

Para avaliar a biomassa da comunidade perifítica entre o Controle e os Tratamentos, as médias gerais da concentração de clorofila-*a* e das formas de peso seco foram comparadas, independente do dia de experimento, por meio de uma análise de variância com um fator (ANOVA unifatorial).

Uma ANOVA unifatorial também foi aplicada para verificar diferenças de pressão de herbivoria entre os organismos utilizados (comunidade zooplanctônica e peixes), em uma escala espacial, sendo comparadas as médias gerais entre os Tratamentos.

Uma análise de variância com dois fatores (ANOVA bifatorial) foi aplicada para verificar, em uma escala temporal, se existiram diferenças significativas entre os valores médios da biomassa da comunidade perifítica (clorofila-*a* e formas de peso seco) do Controle e dos diferentes Tratamentos. Esta mesma análise foi utilizada para testar diferenças de pressão de herbivoria a cada dia de coleta, entre os Tratamentos com diferentes herbívoros aquáticos.

Para estas duas análises de variância foram avaliados os pressupostos de normalidade e homocedasticidade usando os testes de Shapiro-Wilk e Levene, respectivamente. O teste de Tukey *a posteriori* foi aplicado para determinar em qual nível houve a diferença. Para estes testes e para todos os gráficos foi utilizado o programa Statistica, versão 7.1 (STATSOFT, 2005).

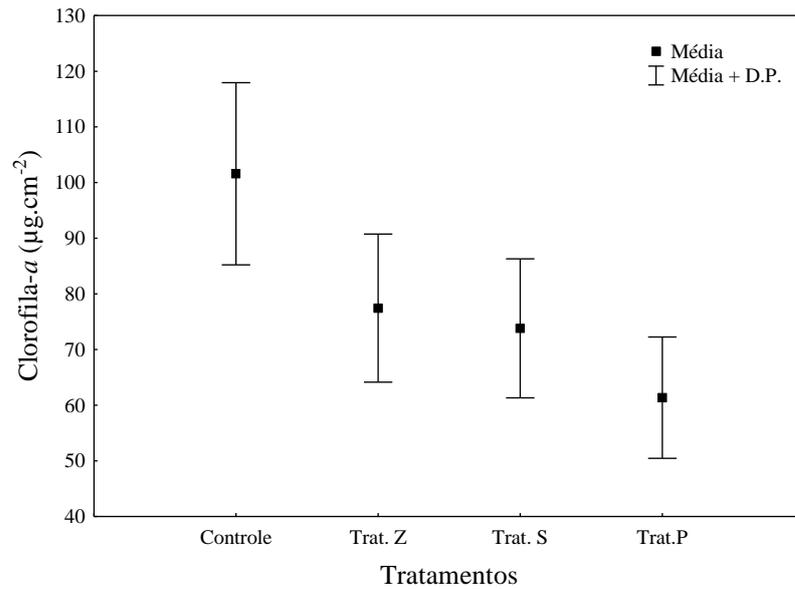
### 3.3 RESULTADOS

Os valores de temperatura, pH e oxigênio dissolvido (%) não apresentaram distinção entre o Controle e os Tratamentos. A tabela 1 resume as condições abióticas de cada tratamento, obtidas a partir das dez coletas, realizadas durante todo o período.

**Tabela 1:** Valores máximo e mínimo e, entre parênteses, valor médio e desvio padrão, dos dados abióticos no experimento realizado. Controle (Comunidade Perifítica), Tratamento Z (Comunidade Perifítica + Comunidade Zooplantônica), Tratamento S (Comunidade Perifítica + *S. notomelas*) e Tratamento P (Comunidade Perifítica + *P. kennedyi*). (n=20).

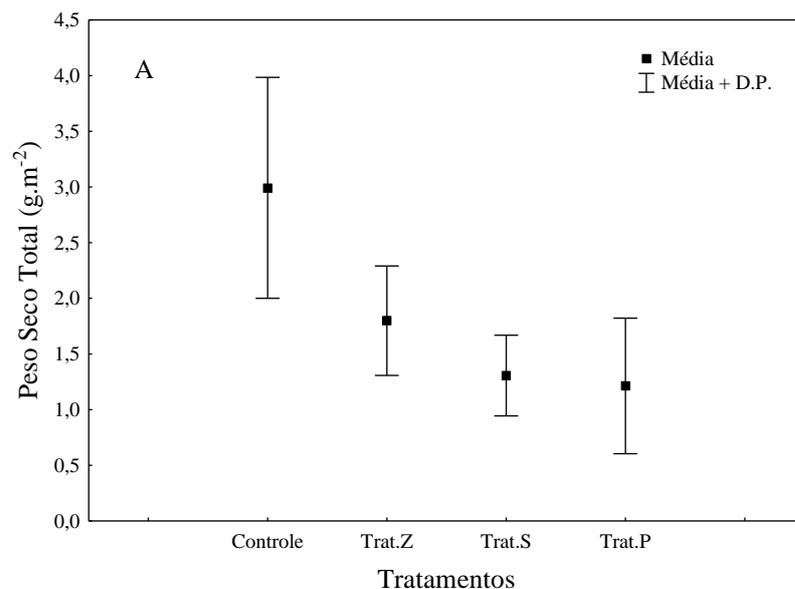
Dados Abióticos	Controle	Tratamento Z	Tratamento S	Tratamento P
Temperatura (°C)	20,50-18,60 (19,75±0,66)	20,50-18,70 (19,80±0,60)	20,40-18,70 (19,66±0,63)	20,55-18,65 (19,77±0,65)
pH	7,66-6,71 (6,97±0,29)	7,72-6,44 (6,90±0,36)	7,29-6,70 (7,06±0,20)	7,84-6,68 (7,07±0,33)
Oxigênio Dissolvido (%)	92,70-88,30 (91,43±1,25)	92,55-88,20 (91,55±1,29)	92,90-88,80 (91,66±1,10)	92,50-87,45 (91,09±1,41)

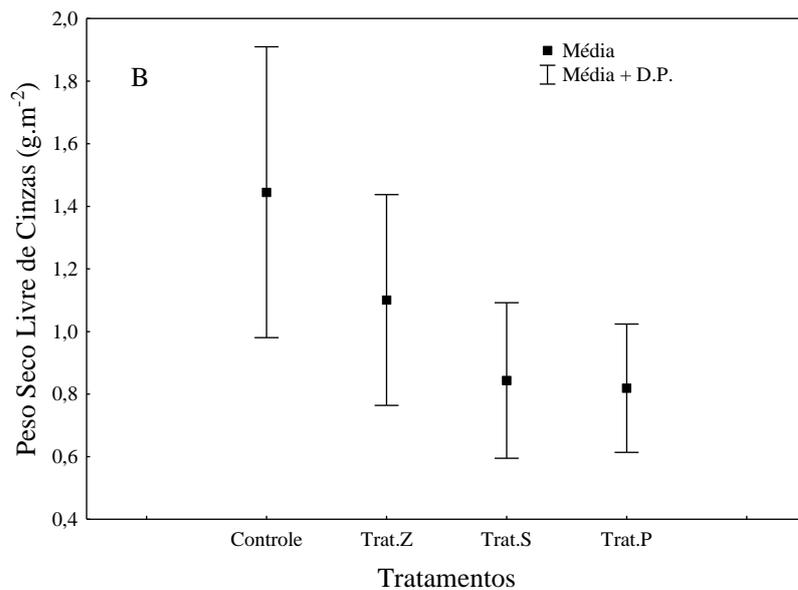
De uma forma geral, independente do dia de experimento, a média de concentração de clorofila-*a* foi superior no Controle, sendo seguida pelos Tratamentos Z, S e P, respectivamente (Figura 3). A análise de variância unifatorial indicou uma diferença significativa, visto que a média do Controle foi significativamente superior aos demais Tratamentos ( $p < 0,05$ ) (Tabela 2).



**Figura 3:** Valores médios (■) e desvio padrão (I) da concentração de Clorofila-*a* registrada no experimento em microcosmos. Controle (Comunidade Perifítica), Trat. Z (Comunidade Perifítica + Comunidade Zooplantônica), Trat. S (Comunidade Perifítica + *S. notomelas*) e Trat. P (Comunidade Perifítica + *P. kennedyi*). (n=40)

Assim como o registrado para as concentrações de clorofila-*a*, as médias gerais de peso seco total e peso seco livre de cinzas também diferiram estatisticamente em uma escala espacial. Para estas variáveis, os valores foram superiores no Controle e foram seguidos pelos Tratamentos Z, S e P, respectivamente (Figura 4) (Tabela 3 e 4).





**Figura 4:** Valores médios (■) e desvio padrão (I) da concentração do Peso Seco Total (A) e Peso Seco Livre de Cinzas (B) no experimento em microcosmos na planície de inundação do alto rio Paraná. Controle (Comunidade Perifítica), Trat. Z (Comunidade Perifítica + Comunidade Zooplantônica), Trat. S (Comunidade Perifítica + *S. notomelas*) e Trat. P (Comunidade Perifítica + *P. kennedyi*). (n=40).

Os resultados das análises aplicadas para comparar os valores médios das concentrações de clorofila-*a*, peso seco total e peso seco livre de cinzas, entre o Controle e os Tratamentos, são indicados, respectivamente, nas tabelas 2, 3 e 4. Nestas tabelas, também são evidenciados as diferentes pressões de herbivoria exercidos pelos organismos herbívoros, a comunidade zooplantônica e os peixes (*S. notomelas* e *P. kennedyi*).

Em relação as concentrações de clorofila-*a* (Tabela 2), diferenças nas pressões de herbivoria, em uma escala temporal, também foram verificadas entre os Tratamentos ( $p < 0,05$ ) (Tabela 2). O Tratamento P, com a menor concentração de clorofila-*a*, foi significativamente diferente tanto do Tratamento Z ( $p = 0,0004$ ), quanto do S ( $p = 0,0127$ ). Apenas as médias gerais dos Tratamentos com os menores herbívoros, comunidade zooplantônica e *S. notomelas*, não apresentaram diferenças significativas entre si ( $p > 0,05$ ) (Tabela 2).

**Tabela 2:** Resultado da Análise de Variância unifatorial da média de Clorofila-*a*. Controle (Comunidade Perifítica), Trat. Z (Comunidade Perifítica + Comunidade Zooplantônica), Trat. S (Comunidade Perifítica + *S. notomelas*) e Trat. P (Comunidade Perifítica + *P. kennedyi*). (n=40) \* Indica diferença significativa ( $p < 0,05$ )

	Controle	Trat. Z	Trat. S	Trat. P
Controle		<b>0,000140*</b>	<b>0,000140*</b>	<b>0,000140*</b>
Trat. Z	<b>0,000140*</b>		0,77953	<b>0,000476*</b>
Trat. S	<b>0,000140*</b>	0,77953		<b>0,012704*</b>
Trat. P	<b>0,000140*</b>	<b>0,000476*</b>	<b>0,012704*</b>	

As pressões de herbivoria também foram avaliadas, utilizando as formas de peso seco. Assim como o registrado para clorofila-*a*, foram observadas diferenças significativas de concentração geral de peso seco total (Tabela 3) e peso seco livre de cinzas (Tabela 4) entre os Tratamentos Z e P. No entanto, não foram registradas diferenças significativas, para estas duas variáveis, entre o Tratamento S e os demais (Tratamento P e Z).

**Tabela 3:** Resultado da Análise de Variância da média de Peso Seco Total. Controle (Comunidade Perifítica), Trat. Z (Comunidade Perifítica + Comunidade Zooplanctônica), Trat. S. (Comunidade Perifítica + *S. notomelas*) e Trat. P. (Comunidade Perifítica + *P. kennedyi*) (n=40) \* Indica diferença significativa (p<0,05)

	Controle	Trat.Z	Trat.S	Trat.P
Controle		<b>0,000149*</b>	<b>0,000148*</b>	<b>0,000148*</b>
Trat.Z	<b>0,000149*</b>		0,09089	<b>0,030452*</b>
Trat.S	<b>0,000148*</b>	0,09089		0,96994
Trat.P	<b>0,000148*</b>	<b>0,030452*</b>	0,96994	

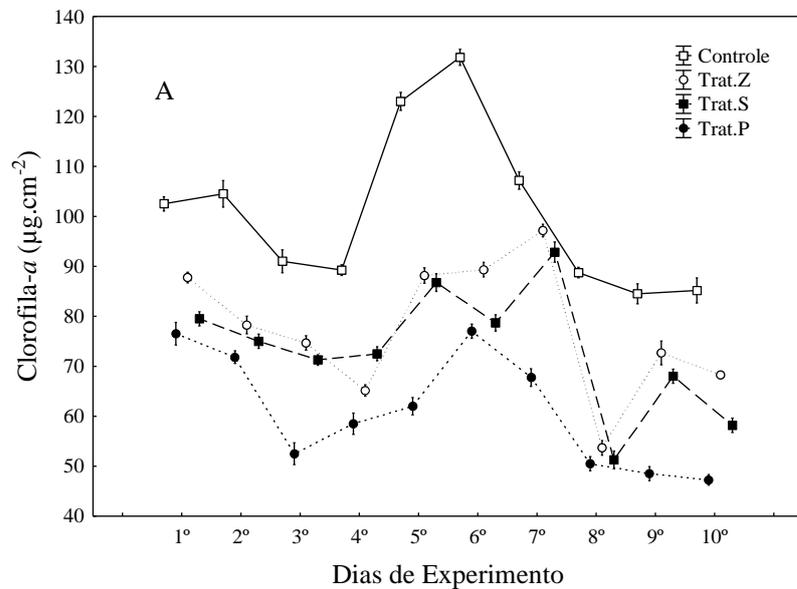
**Tabela 4:** Resultado da Análise de Variância da média de Peso Seco Livre de Cinzas. Controle Controle (Comunidade Perifítica), Trat. Z (Comunidade Perifítica + Comunidade Zooplanctônica), Trat. S. (Comunidade Perifítica + *S. notomelas*) e Trat. P. (Comunidade Perifítica + *P. kennedyi*) (n=40) \* Indica diferença significativa (p<0,05).

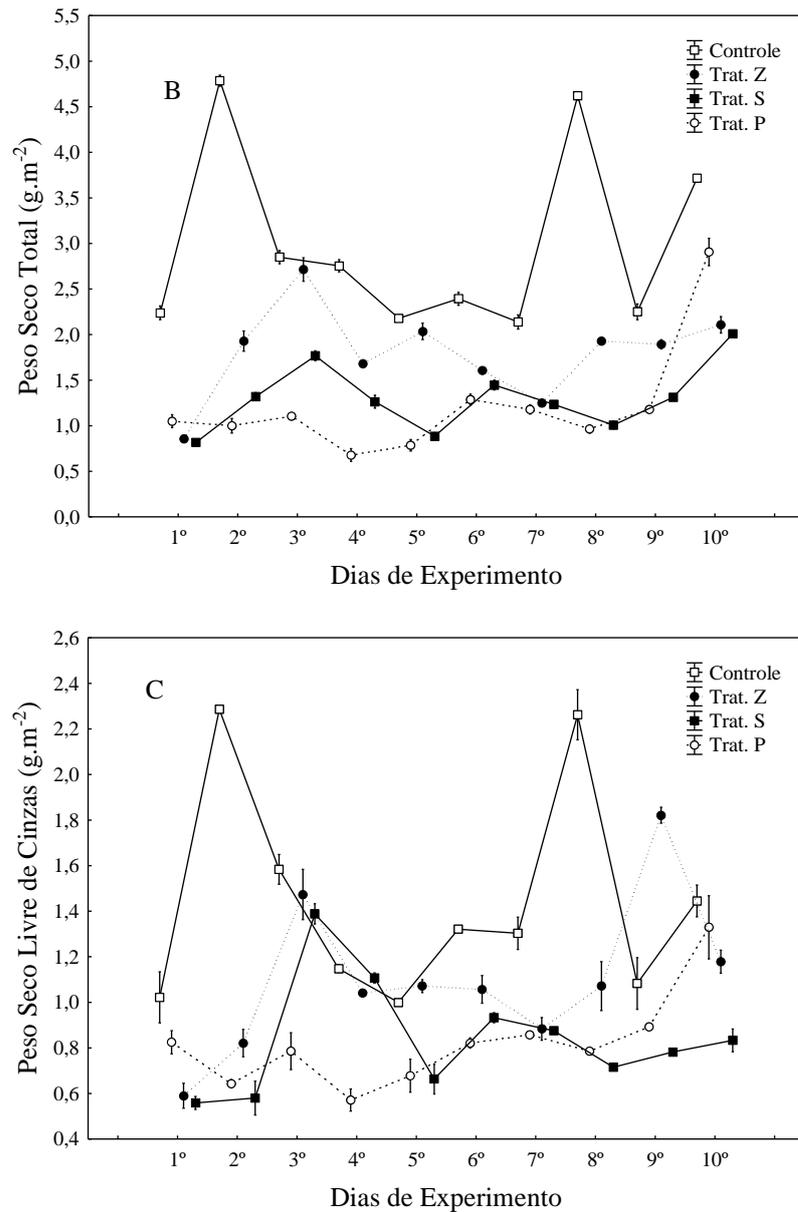
	Controle	Trat. Z	Trat. S	Trat. P
Controle		<b>0,007763*</b>	<b>0,000149*</b>	<b>0,000148*</b>
Trat.Z	<b>0,007763*</b>		0,0726	<b>0,040743*</b>
Trat.S	<b>0,000149*</b>	0,0726		0,99535
Trat.P	<b>0,000148*</b>	<b>0,040743*</b>	0,99535	

Diferenças significativas entre as concentrações de clorofila-*a* e as formas de peso seco entre o Controle e os demais Tratamentos, também foram registradas em uma escala temporal (Figura 5). A análise de variância bifatorial mostrou que em todos os dias do experimento, a média de concentração de clorofila-*a* do Controle diferiu significativamente do registrado nos demais tratamentos (Figura 5A).

Esta mesma análise foi utilizada para testar as diferenças entre as formas de peso seco. Apesar de o Controle apresentar maiores valores de peso seco total durante todos os dias de experimento, estas diferenças foram significativas apenas em relação aos Tratamentos P e S. No Tratamento Z, o peso seco total não foi significativamente diferente do Controle apenas nos 3º, 4º e 5º dias de experimento (Figura 5B).

Acerca do peso seco livre de cinzas, no início do experimento, até o 3º dia, foi registrada uma diferença significativa entre o Controle e todos os demais Tratamentos. O Controle não apresentou diferença significativa de valores de peso seco livre de cinzas em relação ao Tratamento Z nos 3º, 4º e 5º dias de experimento. Em relação ao Tratamento S, diferenças significativas com o Controle só não foram observadas no 3º e 4º dia de experimento. Já entre o Controle e o Tratamento P, diferenças significativas das médias de peso seco livre de cinzas só não foram registradas no final do experimento (9º e 10º dias). (Figura 5B).





**Figura 5:** Valores médios (■) e desvio padrão (I) da concentração de (A) Clorofila-*a*, (B) Peso Seco Total e (C) Peso Seco Livre de Cinzas, ao longo de 10 dias de experimento em microcosmos, na planície de inundação do alto rio Paraná. Controle (Comunidade Perifítica), Trat. Z (Comunidade Perifítica + Comunidade Zooplantônica), Trat. P (Comunidade Perifítica + *P. kennedyi*) e Trat. S (Comunidade Perifítica + *S. notomelas*). (n=4) \*Notar a diferença entre as escalas dos gráficos.

Em relação as concentrações de clorofila-*a* da comunidade de algas perifíticas, os Tratamentos Z e P não apresentaram diferença significativa nos 2° e 8° dia de experimento (Figura 5A). Já entre os Tratamentos Z e S, diferenças significativas foram registradas nos 1°, 4°, 6° e 10° dias. Nos demais dias, não houve diferença na concentração de clorofila-*a* da

comunidade de algas perifíticas entre estes dois tratamentos com adição dos menores herbívoros aquáticos. Em relação aos Tratamentos S e P, ambos com adição de peixes herbívoros, no início do experimento (1º e 2º dia), bem como no 6º e 8º dias, não foram registradas diferenças significativas.

Para o peso seco total, nos 1º e 7º dia de experimento, não foi registrada diferença significativa entre as médias de todos os tratamentos. Nestes dias, tanto os tratamentos com adição de zooplâncton, quanto aquele a adição de peixes, apresentaram um comportamento semelhante. Diferenças significativas entre os Tratamentos Z e S não foram registrada nos 6º e 10º dias. O mesmo ocorreu entre os Tratamentos S e P, ambos com adição de peixes herbívoros, nos 5º, 6º, 8º e 9º dias de experimento (Figura 5B).

Acerca do peso seco livre de cinzas, os Tratamentos Z e P e não apresentaram diferença significativa nos 1º, 2º, 6º, 7º e 10º dias. O Tratamento Z também diferiu significativamente do Tratamento S, no entanto, apenas no meio (5º dia) e no final do experimento (8º, 9º e 10º dia). Já entre os Tratamentos P e S, diferenças significativas foram registradas no 1º, 3º, 4º e 10º dias (Figura 5C).

---

### 3.4 DISCUSSÃO

Dentre os fatores que regulam a biomassa da comunidade perifíticas, uma atenção especial é dada a herbivoria, isto é, a remoção da biomassa perifítica por consumidores vertebrados e invertebrados (HILLEBRAND, 2009). Em 1996, Steinman identificou uma variedade de estudos com esta abordagem, registrando o impacto de herbívoros na biomassa perifítica. Em uma análise mais recente, Hillebrand (2009) registrou que, na maioria dos estudos encontrados, a biomassa da comunidade perifítica é reduzida na presença de herbívoros aquáticos e que esta estimativa era ainda maior em experimentos em laboratórios.

No estudo realizado na planície de inundação do alto rio Paraná a biomassa da comunidade perifítica foi reduzida pela presença da comunidade zooplanctônica e de peixes herbívoros. Neste estudo, tanto a médias gerais de clorofila-*a* e das formas de peso seco, quanto as análises diárias dessas variáveis foram superiores no Controle, indicando o impacto da presença dos diferentes herbívoros na biomassa da comunidade perifítica. Esta redução da biomassa da comunidade perifítica nos microcosmos está de acordo com o registrado em estudos realizados com outros organismos invertebrados (HUNTER; RUSSELL-HUNTER, 1983; HANN, 1991; ROSEMOND et al., 1993; BARBEE, 2005; SIEHOFF et al., 2008) e

vertebrados (NORBERG, 1999; HUCHETTE et al., 2000; MALLORY; RICHARDSON, 2005; ABE et al., 2007; YANG E DUDGEON, 2010). Dentre estes estudos, recebem destaque os que avaliaram a redução da biomassa da comunidade de algas perifíticas por organismos zooplanctônicos (HANN, 1991; SIEHOFF et al., 2008) e por peixes herbívoros (NORBERG, 1999; HUCHETTE et al., 2000; ABE et al., 2007; YANG; DUDGEON, 2010).

Hann (1991) também registrou que microcrustáceos herbívoros (cladóceros, copépodes) reduziram a biomassa da comunidade perifítica, verificando uma correlação negativa entre a abundância destes microcrustáceos herbívoros e a concentração de clorofila-*a*. Siehoff et al. (2008), que investigaram experimentalmente a habilidade de um cladóceros (*Daphnia magna*) em utilizar a comunidade perifítica como um recurso alimentar alternativo, também observaram que a biomassa perifítica foi afetada pela presença deste organismo zooplanctônico.

Assim como o verificado no experimento em microcosmos, Norberg (1999) e Huchette et al. (2000), Abe et al. (2007) e Yang e Dudgeon (2010) também registraram menor biomassa da comunidade perifítica na presença de peixes herbívoros. Segundo Norberg (1999), a redução de biomassa perifítica é um indicativo de uma efetiva ação de herbivoria exercida pelos peixes. Huchette et al. (2000), além de verificar reduções nas concentrações de peso seco livre de cinzas ao longo de todo o experimento, observaram uma rápida redução desta variável e das concentrações de clorofila-*a* no início do experimento. O mesmo foi registrado no experimento realizado na planície de inundação do alto rio Paraná, no qual tanto as concentrações de clorofila-*a*, quanto as formas de peso seco, foram inferiores ao observado no Controle durante todo o experimento e apresentaram rápida e constante queda no início deste.

Além disso, no experimento realizado na planície de inundação do alto rio Paraná, foi verificada diferença de pressão de herbivoria entre os organismos herbívoros utilizados, visto que menores concentrações de clorofila-*a* e formas de peso seco foram registradas no Tratamento P, com adição do peixe herbívoro *Psellogrammus kennedyi*. Desta forma, foi atribuído a este peixe o impacto mais intenso na biomassa da comunidade perifítica, indicando a influência do tamanho dos herbívoros utilizado na redução da biomassa perifítica. Em uma revisão sobre a ação de herbívoros aquáticos na biomassa da comunidade perifítica, Hillebrand (2009) ressaltou que herbívoros de diferentes tamanhos apresentam efeitos diferentes de herbivoria. Steinman (1991), que avaliou o efeito do tamanho de herbívoros aquáticos na biomassa da comunidade perifítica (peso seco livre de cinzas), também constatou

que o tamanho do herbívoro pode influenciar a interação herbívoro-perifíton (STEINMAN, 1991).

Com o experimento, realizado na planície de inundação do alto rio Paraná, foi possível verificar redução da biomassa perifítica nos tratamentos com adição de herbívoros, independente do organismo aquático selecionado. Além disso, as diferenças entre o Controle, sem herbívoros, e os demais Tratamentos, com adição de herbívoros aquáticos, foram significativas. Este padrão foi observado tanto em escala espacial, na qual as médias gerais do Controle e dos Tratamentos foram comparadas entre si, quanto em escala temporal, na qual as médias diárias destas variáveis foram comparadas. Com estes resultados, as hipóteses de que em uma escala espacial e em uma escala temporal a biomassa da comunidade perifítica registrada no Controle seria diferente do observado nos demais Tratamentos foram aceitas.

Independente do dia de experimento, o impacto de peixes herbívoros na biomassa perifítica também foi mais intenso, principalmente no Tratamento com *P. kennedyi*, comprovando a hipótese de que há diferença entre a pressão de herbivoria, em uma escala espacial. Diferenças significativas entre a biomassa da comunidade perifítica dos Tratamentos também foram registradas na maioria dos dias de experimento. Assim, a hipótese de que haveria uma diferença em escala temporal também foi aceita.

---

#### REFERÊNCIAS

ABE, S.; UCHIDA, K.; NAGUMO, T.; TANAKA, J. Alterations in the biomass-specific productivity of periphyton assemblages mediate by fish grazing. **Freshwater Biology**, v. 52, p. 1486-1493, 2007.

AZIM, M. E.; WAHAB, M. A.; VAN DAM, A. A.; BEVERIDGE, M. C. M.; MILSTEIN, A.; VERDEGEM, M. C. J. Optimization of the fertilization rate for maximizing periphyton production on artificial substrates and the implications for periphyton- based aquaculture. *Aquaculture. Research.*, v. 32, p. 749- 760, 2001.

BARBEE, N. C. Grazing insects reduce algal biomass in a neotropical stream. **Hydrobiologia**, v.532, p.153–165, 2005.

BIGGS, B. J. F. Patterns in benthic algae of streams. In: STEVENSON, R. J.; BOTHWELL, M. L.; LOWE, R. L. (Ed.), **Algal ecology: freshwater bentic ecosystems**. San Diego: Academic Press, 1996. p. 31-56.

CARLSSON, N. O. L., BRÖNMARK, C. Size-dependent effects of an invasive herbivorous snail (*Pomacea canaliculata*) on macrophytes and periphyton in Asian wetlands. **Freshwater Biology**, v.51, p. 695-704, 2006.

CARVALHO, E. D.; MARCUS, L. R.; FORESTI, F.; SILVA, V. F. B. Fish assemblage attributes in a small oxbow lake (Upper Paraná River Basin, São Paulo State, Brazil): species composition, diversity and ontogenetic stage. **Acta Limnologica Brasiliensia**, v. 17, no. 1, p. 45-56, 2005.

CASSATTI, L.; MENDES, H. F.; FERREIRA, K. M. Aquatic macrophytes as feeding site for small fishes in the Rosana reservoir, Paranapanema river, southeastern Brazil. **Brazilian Journal of Bioog.**, v. 63, no. 2, p. 213-222, 2003.

GOLDSBOROUGH, L. G.; DOUGAL, R. L.; NORTH, A. K. Periphyton in freshwater lakes and wetlands. In: AZIM, M. E.; BEVERIDGE, M. C. M.; VAN DAM, A. A.; VERDEGEM, M. C. J. (Ed.), **Periphyton: Ecology, exploitation and management**. Cambridge: CABI Publishing, Cambridge, 2005, pp. 71-89.

HANN, B. J. Invertebrate grazer-periphyton interactions in a eutrophic marsh pond. **Freshwater Biology**, v. 26, p. 87-96, 1991.

HANN, B. J.; MUNDY, C. J., GOLDSBOROUGH, L. G. Snail-periphyton interaction in a prairie lacustrine wetland. **Hydrobiologia**, v. 457, p. 167-175, 2001.

HILLEBRAND, H. Top-down versus bottom-up control of autotrophic biomass-a meta-analysis on experiments with periphyton. **Journal of the North American Benthological Society**, v. 22, n.3, p.349-369, 2002.

HILLEBRAND, H. Meta-analysis of grazer control of periphyton biomass across aquatic ecosystems. **Journal of Phycology**, v. 45, p. 798–806, 2009.

HUCHETTE, S. M. H.; BEVERIDGE, M. C. M.; BAIRD, D. J.; IRELAND, M. The impacts of grazing by tilápias *Oreochromis niloticus* L. on periphyton communities growing on artificial substrates in cages. **Aquaculture**, v. 186, n. 1-2, p. 45-60, 2000.

HUNTER, D. R.; RUSSELL-HUNTER, W. D. Bioenergetic and community changes in intertidal aufwuchs grazed by *Littorina littorea*. **Ecology**, v. 64, no. 4, p. 761-769, 1983.

KESHAVANATH, P.; GANGADHAR, B.; RAMESH, T. J.; VAN DAM A. A.; BEVERIDGE, M. C. M.; VERDEGEM, M. C. J. Effects of bamboo substrates and supplemental feeding on growth and production of hybrid red tilapia fingerlings *Oreochromis mossambicus* x *Oreochromis niloticus*. **Aquaculture**, v. 235, p. 303- 314, 2004.

LOWE, R. L. Periphyton patterns in lakes. In: STEVENSON, R. J.; BOTHWELL, M. L.; LOWE, R. L. (Ed.), **Algal ecology: freshwater bentic ecosystems**. San Diego: Academic Press, 1996. p. 57-76.

MALLORY, M. A.; RICHARDSON, J. S. Complex interactions of light, nutrients and consumer density in a stream periphyton-grazer (tailed frog tadpoles) system. **Journal of Animal Ecology**, v. 74, p. 1020-1028, 2005.

McCORMICK, P. V.; LOUIE, D.; CAIRNS, J. J. Longitudinal effects of herbivory on lotic periphyton assemblages. **Freshwater Biology**, v. 31, p. 201-212, 1994.

MURAKAMI, E. A.; RODRIGUES, L. Resposta das algas perifíticas às alterações de temperatura e ao enriquecimento artificial de nutrientes em curto período de tempo. **Acta Scientiarum Biological Sciences**, v. 31, n. 1, p. 273-284, 2009.

NORBERG, J. Periphyton fouling as a marginal energy source in tropical tilapia cage farming. **Aquaculture Research**, Oxford, 30: 427- 430, 1999.

POMPÊO, M. L. M.; MOSCHINI-CARLOS, V. **Macrófitas aquáticas e perifíton, aspectos ecológicos e metodológicos**. São Carlos: RiMa, 2003.

RODRIGUES, L.; BICUDO, B. C.; MOSCHINI-CARLOS, V. O papel do perifíton em áreas alagáveis e nos diagnósticos ambientais. In: Thomaz, S. M.; Bini, L. M. (Ed.) **Ecologia e manejo de macrófitas aquáticas**. Maringá: EDUEM, 2003. p. 211-230.

ROSEMOND, A. D.; MULHOLLAND, P. J., ELWOOD, J. Top-down and bottom-up control of stream periphyton effects of nutrients and herbivores. **Ecology**, v. 74, n. 4, p. 1264-1280, 1993.

SCHWARZBOLD, A. Métodos ecológicos aplicados ao estudo do perifíton. **Acta Limnologica Brasiliensia**, v. 3, p. 545-592, 1990.

SIEHOFF, S.; HAMMERS-WIRTZ, M.; STRAUSS, T.; TONI, H. Periphyton as alternative food source for the filter-feeding cladoceran *Daphnia magna*. **Freshwater Biology**, v. 54, n. 1, p. 15-23, 2008.

STATSOFT, InC. 2005 Statistica (data analysis software system). Version 7.1. Disponível em: < <http://www.statsoft.com> >.

STEINMAN, S. D. Effects of herbivore size and hunger level on periphyton communities. **Journal of Phycology**, 27: 54-59, 1991.

STEINMAN, A. 1996. Effects of grazers on freshwater benthic algae. In: STEVENSON, R. J.; BOTHWELL, M. L.; LOWE, R. L. (Ed.), **Algal ecology: freshwater benthic ecosystems**. San Diego: Academic Press, 1996. p. 341-373.

WETZEL, R. G. Recommendation for future research on periphyton. In: Wetzel, RG. (Ed.). **Periphyton of Freshwater Ecosystems**. The Netherlands: Dr. W. Junk Publishers, 1983. p. 339-346.

YANG, G. Y.; DUDGEON, D. Response of grazing impacts of an algivorous fish (*Pseudogastromyzon myersi*: Baliitoridae) to seasonal disturbance in Hong Kong streams. **Freshwater Biology**, v. 55, no. 411-423, 2010.

Eu já fiz de tudo pra te convencer  
Mandei rosas vermelhas  
Lindas pra você  
Falei de amor

Fiz uma canção,  
A Lua se foi, nem vi o Sol chegar  
Acreditei que o tempo não ia passar  
Foi ilusão

Enquanto houver razões eu não vou desistir  
Se for pra eu chorar  
Quero chorar por ti  
Porque não te esqueço

Vou te esperar  
Passe o tempo que for  
Deixo bem guardado esse nosso amor  
Sei que eu te mereço

Eu vou deixar você voar  
Bater as suas asas pra longe de mim  
Mas só pra ver você voltar  
E toda arrependida me dizer  
Amor te quero sim

**Enquanto Houver Razões**  
Maurício Mello

#### 4 IMPACTO DE HERBÍVOROS AQUÁTICOS SOBRE A ESTRUTURA E DINÂMICA DA COMUNIDADE DE ALGAS PERIFÍTICAS: EXPERIMENTO EM MICROCOSMOS

---

##### RESUMO

Este estudo buscou verificar alterações na estrutura e dinâmica da comunidade de algas perifíticas, procurando avaliar se: (i) a presença de herbívoros aquáticos modificará a estrutura desta comunidade, (ii) a presença de herbívoros promoverá a substituição de táxons e (iii) a ação dos herbívoros alterará a dinâmica da comunidade de algas. Para isso foi desenvolvido um experimento em microcosmos com um Controle e outros três Tratamentos, com os herbívoros aquáticos (Comunidade zooplancônica, *Serrapinus notomelas* e *Psellogrammus kennedyi*). Em relação ao número de táxons e a densidade da comunidade de algas perifíticas, menores valores foram registrados nos tratamentos com herbívoros, mostrando que a presença destes modifica estrutura da comunidade perifítica. Os herbívoros também alteraram a persistência de táxons perifíticos, visto que o padrão registrado no Controle não foi seguido. Além disso, muitos táxons apresentaram redução de densidade em relação ao Controle, com destaque para os menores, como *Achnanthidium minutissimum*, e para os filamentos, que eram mais curtos, com poucas ramificações e, na maioria dos dias de experimento, apenas as células basais foram registradas. No entanto, alguns táxons, apresentaram maiores densidades, com destaque para *Desmodesmus quadricauda* e *Trachelomonas hispida*, cujas morfologias, possivelmente, favoreceram seus desenvolvimentos, sendo considerados resistentes a pressão de herbivoria.

**Palavras-chave:** herbivoria, peixes herbívoros, zooplancôn, resistência, persistência.

#### 4 IMPACT OF AQUATIC HERBIVORES ON THE STRUCTURE AND DYNAMICS OF PERIPHYTIC ALGAE COMMUNITY: AN EXPERIMENT IN MICROCOSMOS

---

##### ABSTRACT

This study aims to evaluate changes in the structure and dynamics of periphytic algae community, trying to assess whether: (i) the presence of aquatic herbivores modify the structure of this community, (ii) the presence of herbivores promote the replacement of taxa and (iii) action of herbivores alter the dynamics of the algal community. To do this we developed a microcosm experiment with a control and the other three treatments, with aquatic herbivores (Community zooplankton *Serrapinus notomelas* and *Psellogrammus kennedyi*). Regarding the number of taxa and density of periphytic algae community, lower values were recorded in treatments with herbivores, showing that the presence of these changes periphytic community structure. Herbivores also altered the persistence of taxa perifíticos, since the pattern recorded in control was not followed. Moreover, many taxa decreased density compared to control, especially minors, as *Achnantheidium minutissimum*, and the filaments that were shorter, with few branches, and on most days of the experiment, only the basal cells were recorded. However, some taxa, showed higher densities, especially *Desmodesmus quadricauda* and *Trachelomonas hispida*, whose morphologies, possibly favoring their development and are considered resistant to herbivory pressure.

**Key words:** herbivory, herbivorous fish, zooplankton, resistance, persistency.

## 4.1 INTRODUÇÃO

---

Na comunidade perifítica, complexa microbiota encontrada firme ou frouxamente aderida a substratos submersos (WETZEL, 1983), as algas constituem o componente mais abordado e estudado (RODRIGUES et al., 2012). Vários fatores influenciam o desenvolvimento destas algas, incluindo o regime hidrológico, a concentração de nutrientes, a temperatura, a intensidade luminosa, a característica do substrato e a ação de herbívoros (STEVENSON, 1996; RODRIGUES et al., 2003, 2012; LANGE et al., 2011).

Os herbívoros aquáticos podem alterar as características estruturais da comunidade de algas perifíticas, como a biomassa, riqueza, composição e abundância de espécies, bem como o arranjo espacial dos seus elementos constituintes (GOLDSBOROUGH; ROBINSON, 1996; LIESS; KAHLERT, 2007; 2009; YANG; DUDGEON, 2010). Estas alterações podem ser causadas tanto pelo consumo direto das células algais, quanto pelo deslocamento de células do substrato (McCORMICK et al., 1994), ocasionado geralmente pela locomoção dos herbívoros.

Estudos mostram a redução do número de espécies e da diversidade algal diante da ação dos herbívoros como um efeito negativo destes na comunidade de algas perifíticas (UNERWOOD; THOMAS, 1990; ROSEMOND et al., 1993; HUCHETTE et al., 2000; LIESS; KAHLERT, 2007; SIEHOFF et al., 2008). No entanto, ao remover as formas maiores, os herbívoros permitem a entrada de luz e nutrientes na matriz perifítica, favorecendo as células que não foram consumidas (UNERWOOD; THOMAS, 1990; McCORMICK et al., 1994; McCOLLUM et al., 1994; KUPFERBERG, 1997; HUCHETTE et al., 2000; LANGE et al., 2011), levando a modificações da comunidade.

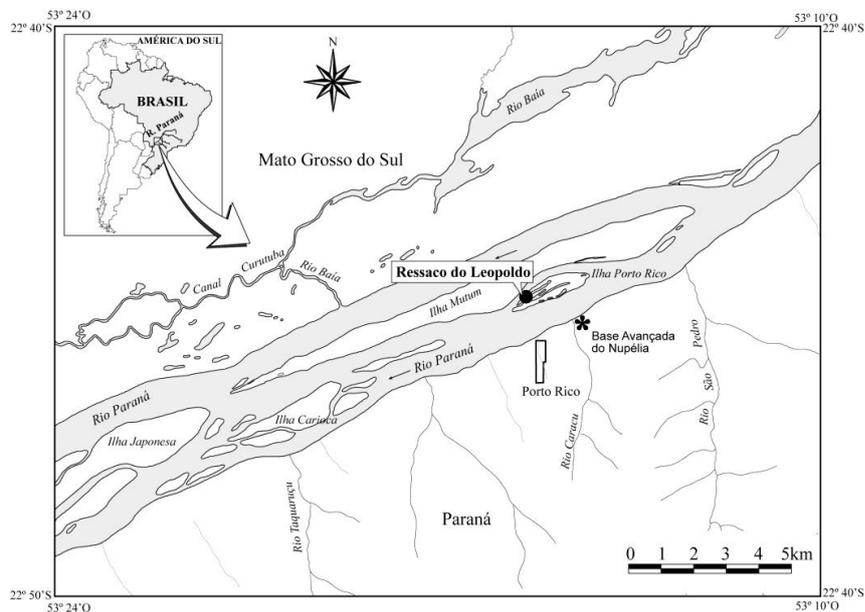
Desta forma, o presente estudo buscou avaliar o efeito de três herbívoros aquáticos (Comunidade zooplanctônica, *Serrapinus notomelas* e *Psellogrammus kennedyi*) sobre a estrutura e a dinâmica da comunidade de algas perifíticas, verificando o impacto destes na riqueza, densidade e persistência desta comunidade. Por meio de um experimento em microcosmos, este estudo foi baseado em três hipóteses: (i) a presença de herbívoros aquáticos modificará a estrutura da comunidade perifítica, (ii) a presença de herbívoros promoverá a substituição de espécies e (iii) a ação dos herbívoros aquáticos alterará a dinâmica da comunidade de algas perifíticas ao longo do experimento. Com base nestas hipóteses foi predito que (i) na presença dos organismos herbívoros, a riqueza e a densidade da comunidade de algas perifíticas serão reduzidas, (ii) os táxons mais resistentes a ação de

herbivoria persistirão na comunidade perifítica, mesmo na presença de herbívoros aquáticos, e táxons menos resistentes serão substituídos e (iii) os herbívoros aquáticos ocasionarão a redução da densidade de alguns táxons, principalmente as formas filamentosas, mas propiciarão o desenvolvimento de táxons resistentes, principalmente aqueles com estruturas de proteção.

## 4.2 MATERIAL E MÉTODOS

### 4.2.1 Área de Estudo e Montagem do Experimento

Para a colonização e estabelecimento da comunidade perifítica foi selecionado uma lagoa conectada (ressaco do Leopoldo), localizada na planície de inundação do alto rio Paraná (Figura 1). Para o desenvolvimento da pesquisa em microcosmos foi utilizada o Laboratório da Base Avançada do Núcleo de Pesquisas em Limnologia, Ictiologia e Aquicultura da Universidade Estadual de Maringá (Nupélia/UEM) localizado na margem esquerda do rio Paraná (Figura 1).



**Figura 1:** Mapa da planície de inundação do alto rio Paraná, com destaque para a localização do ressaco do Leopoldo (●), ambiente natural para a colonização da comunidade perifítica, e a Base Avançada de Pesquisa do Nupélia (\*), local de desenvolvimento deste estudo em microcosmos.

Este experimento foi realizado no período de águas baixas (maio/2010), visto que, segundo Yang e Dudgeon (2010), a influência da herbivoria é mais evidente nesta época, já que os distúrbios abióticos são menos significativos.

Foram utilizados substratos artificiais (colmos de bambu), devido a área de colonização definida, a fácil manipulação e remoção da comunidade perifítica. Também por serem úteis em experimentos laboratoriais, principalmente quando o objetivo é avaliar o efeito de herbivoria (POMPÊO; MOSCHINI-CARLOS, 2003) e estarem em abundância na área de estudo. Além disso, o bambu já foi utilizado como substrato para a comunidade perifítica em tanques de aquicultura e apresentou uma elevada biomassa em relação a outros substratos (KESHAVANATH et al., 2004; AZIM et al., 2001).

Durante um período hidrológico de águas baixas (maio de 2010), os substratos permaneceram submersos por 28 dias no ressaco do Leopoldo, sem nenhuma proteção contra os herbívoros presentes no ambiente natural. Estes substratos foram posicionados próximos a bancos de *Eichhornia azurea* (Sw.) Kunth, macrófita aquática que propicia uma diversidade de microhabitats, ideal para o desenvolvimento do perifíton (RODRIGUES et al., 2003). Após o estabelecimento da comunidade (POMPÊO; MOSCHINI-CARLOS, 2003), os substratos foram transferidos para aquários de 300L (microcosmos), sendo alocados em cada aquário 20 substratos, com aproximadamente 30 cm de comprimento e 2cm de largura.

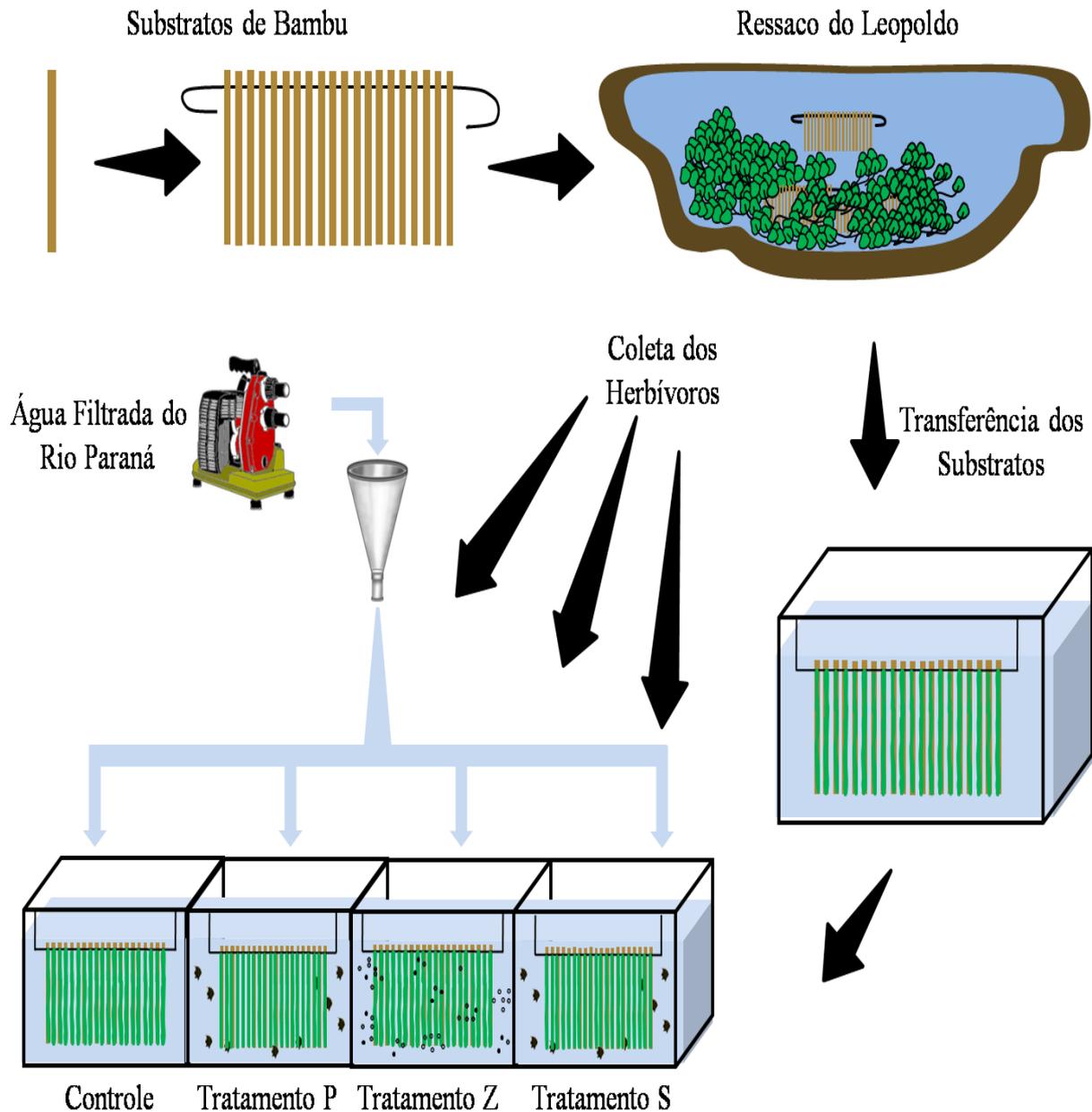
Os microcosmos utilizados foram previamente cheios com água do rio Paraná, com auxílio de mangueiras e bomba. A água, destinada para todos os tratamentos, foi primeiramente filtrada com redes de plâncton com 68 $\mu$ m e, em seguida, com outra rede de 25 $\mu$ m de abertura de malha (Figura 2). Assim que os aquários foram cheios, bombas de compressão de ar permitiram a aeração dos microcosmos e, conseqüentemente, a oxigenação da água durante todo o experimento. Após os aquários cheios e aerados, foram adicionados os respectivos herbívoros aquáticos, previamente coletados no ressaco do Leopoldo.

Para este estudo foram selecionadas a comunidade zooplânctônica e duas espécies de peixes herbívoros (*Serrapinus notomelas* (Eigenmann, 1915) e *Psellogrammus kennedyi* (Eigenmann 1903), estes peixes foram escolhidos por serem predominantemente algívoros (CASSATTI et al., 2003) e por ocorrerem em grande densidade/abundância em diversos ambientes da planície de inundação do alto rio Paraná (CARVALHO et al., 2005). Além disso, os estudos alimentares destes peixes muitas vezes é negligenciado. Os indivíduos selecionados de *Serrapinus notomelas* possuía um tamanho médio de 40 mm, já *Psellogrammus kennedyi*, a maior espécie utilizada, possuía aproximadamente 45,5 mm.

Tanto estes grupos de peixes herbívoros, quanto a comunidade zooplanctônica foram previamente coletadas no ressaco do Leopoldo, a comunidade zooplanctônica, à subsuperfície da região litorânea, com auxílio de moto-bomba e rede de plâncton (68 $\mu$ m). Já os peixes foram coletados próximos a bancos multiespecíficos de macrófitas aquáticas, com auxílio de peneiras. Em cada microcosmos foram utilizados uma amostra concentrada da comunidade zooplanctônica (134 x10<sup>3</sup> ind/L - Tratamento Z) e 30 espécimes de peixes (Tratamento S e Tratamento P).

Desta forma, este experimento realizado em um curto intervalo de tempo (10 dias) foi constituído por um Controle (C- Comunidade Perifítica) e três Tratamentos, em duas repetições: Tratamento Z (Comunidade Perifítica + Comunidade Zooplanctônica), Tratamento S (Comunidade Perifítica + *S. notomelas*) e Tratamento P (Comunidade Perifítica + *P. kennedyi*) (Figura 2).

Em cada tratamento, foram realizadas análises de parâmetros abióticos, tais como oxigênio dissolvido (porcentagem de saturação), temperatura (oxímetro digital portátil, com termômetro acoplado) e pH da água (pHmetro portátil). Estas análises foram diárias e precederam a coleta dos dados bióticos.



**Figura 2:** Delineamento experimental, com a colonização e estabelecimento da comunidade perifítica no ressaco do Leopoldo, e sua transferência para os microcosmos. Controle (Comunidade Perifítica), Tratamento P (Comunidade Perifítica + *P. kennedyi*), Tratamento Z (Comunidade Perifítica + Comunidade Zooplancônica) e Tratamento S (Comunidade Perifítica + *S. notomelas*).

#### 4.2.2 Coletas da Comunidade Perifítica e Determinação da Biomassa

A coleta da comunidade perifítica foi realizada diariamente, em um intervalo de 10 dias. Em cada coleta dois substratos foram removidos randomicamente de cada aquário, totalizando quatro substratos por tratamento. De cada substrato, amostras de 14 cm<sup>2</sup> foram

raspadas, com auxílio de escovas de náilon e jatos de água destilada. Destas foram obtidas amostras para estimar a concentração de clorofila-*a* (n=4) e formas de pesos seco (n=4).

Após cada coleta, os substratos não foram repostos nos aquários. Para minimizar esta perda, também foram amostrados, em cada dia de coleta, 10% dos grupos herbívoros. No Tratamento Z, 30 litros de água foram filtrados, com auxílio de baldes e rede de plâncton com 68µm de abertura de malha, sendo a água repostada nos aquários após a retirada da comunidade zooplanctônica. Já nos Tratamentos S e P foram retirados diariamente três espécimes de peixes.

Para análise qualitativa (n=2), o material perifítico foi fixado solução de Transeau (BICUDO; MENEZES, 2006). Esta análise foi feita em microscópio óptico e a identificação dos táxons foi realizada com auxílio de bibliografias clássicas e regionais. O material destinado a análise quantitativa (n=3) foi fixado com lugol acético (5%) (BICUDO; MENEZES, 2006). A contagem foi feita em microscópio invertido (UTERMÖHL, 1958), em transectos e campos aleatórios (BICUDO, 1990).

Após cada coleta, os substratos não foram repostos nos aquários. Para minimizar esta perda, também foram amostrados, em cada dia de coleta, 10% dos grupos herbívoros. Para isto, no Tratamento Z, 30 litros de água foram filtrados, com rede de plâncton com 68µm, sendo a água repostada nos aquários após a filtração, e no Tratamento S e P, diariamente foram retirados três espécimes de peixes.

#### **4.2.3 Análise dos Dados**

A estrutura da comunidade perifítica foi avaliada por meio de sua riqueza e densidade. Estas foram expressas, respectivamente, pelo número total de táxons registrado e pelo número de indivíduos por unidade de área (ROS, 1979).

Para verificar se a presença de herbívoros promoveu alterações na ocorrência de espécies, a persistência de cada táxon foi determinada ao longo dos dias de experimento. Para isso, foi utilizada a matriz de presença e ausência e aplicado o Índice de Constância, segundo o qual os táxons foram classificados em Constantes (>50%), Frequentes (25-50%) e Raros (<25%) (DAJOZ, 1973).

A dinâmica de cada táxon da comunidade perifítica, no Controle e nos demais Tratamentos, foi avaliada utilizando a matriz de densidade. Para isso, os táxons foram agrupados em três categorias: Diminuição, Aumento e Sem Efeito. Na categoria “Diminuição” foram agrupados os táxons cuja densidade nos Tratamentos foi inferior ao

registrado no Controle. Já em “Aumento”, aqueles táxons cuja densidade foi superior no Tratamento, quando comparados ao Controle. Alguns táxons não foram registrados ora no Controle, ora no Tratamento, impedindo qualquer comparação, logo estes foram agrupados na categoria “Sem Efeito”. Os táxons agrupados nestas categorias também foram subdivididos segundo suas formas de vida: unicelular, filamentosa e colonial.

Para todos os gráficos apresentados o programa Statistica, versão 7.1 foi utilizado (STATSOFT, 2005).

### 4.3 RESULTADOS

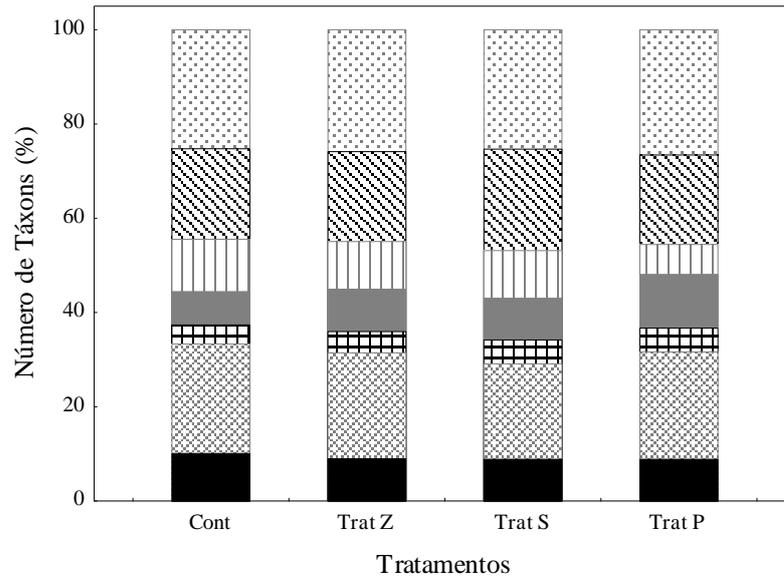
No experimento realizado em microcosmos na planície de inundação do alto rio Paraná, os valores de temperatura, pH e oxigênio dissolvido não apresentaram distinção entre o Controle e os demais Tratamentos. A tabela 1 resume as condições abióticas obtidas a partir de dez coletas realizadas durante o período experimental.

**Tabela 1:** Valores máximos e mínimos e, entre parênteses, valor médio e desvio padrão, dos dados abióticos no experimento realizado em microcosmos na planície de inundação do alto rio Paraná. Controle (Comunidade Perifítica), Tratamento Z (Comunidade Perifítica + Comunidade Zooplancônica), Tratamento S (Comunidade Perifítica + *S. notomelas*) e Tratamento P (Comunidade Perifítica + *P. kennedyi*). (n=20).

Dados Abióticos	Controle	Tratamento Z	Tratamento S	Tratamento P
Temperatura (°C)	20,50-18,60 (19,75±0,66)	20,50-18,70 (19,80±0,60)	20,40-18,70 (19,66±0,63)	20,55-18,65 (19,77±0,65)
pH	7,66-6,71 (6,97±0,29)	7,72-6,44 (6,90±0,36)	7,29-6,70 (7,06±0,20)	7,84-6,68 (7,07±0,33)
Oxigênio Dissolvido (%)	92,70-88,30 (91,43±1,25)	92,55-88,20 (91,55±1,29)	92,90-88,80 (91,66±1,10)	92,50-87,45 (91,09±1,41)

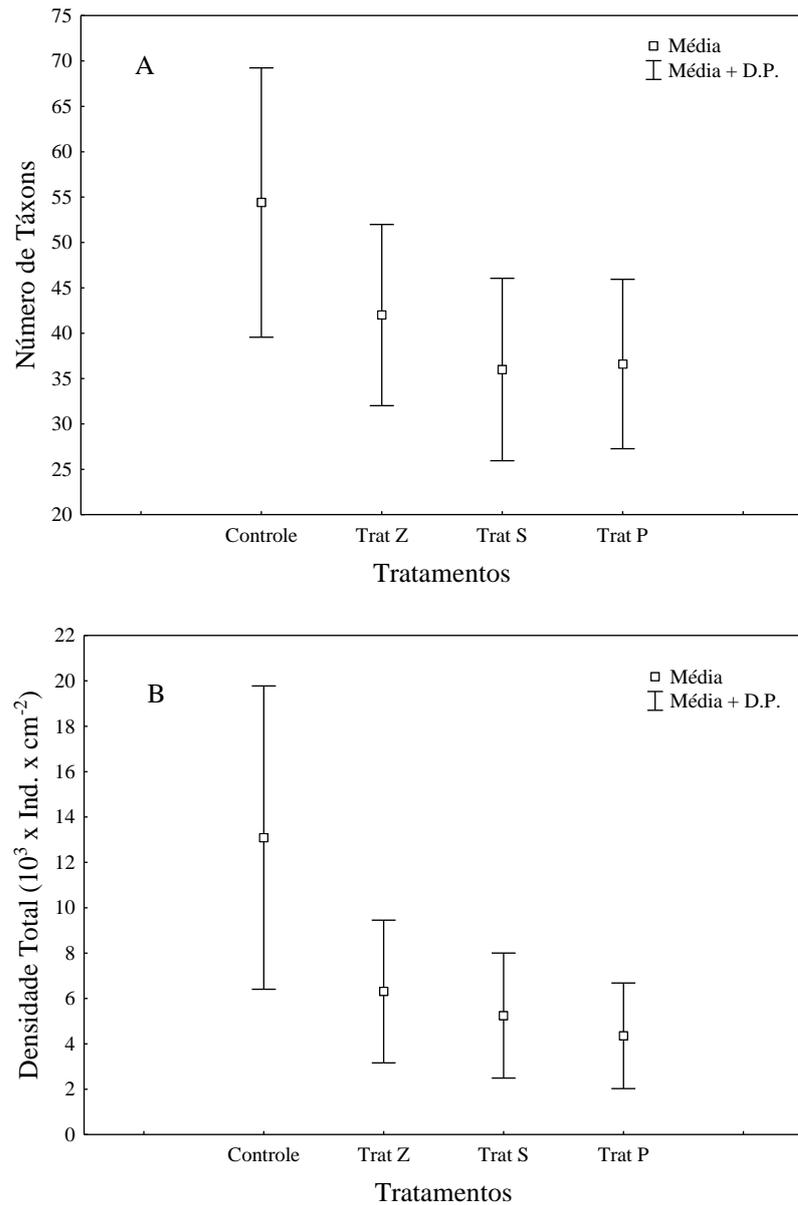
No decorrer do experimento, considerando o Controle e os demais tratamentos, um total de 104 táxons de algas perifíticas foi registrado. Destes, 69 táxons foram registrados no Controle e em todos os demais tratamentos, 10 foram exclusivos do Controle, 1 exclusivo do Tratamento Z e 1 do Tratamento P.

Os táxons da comunidade de algas perifíticas foram distribuídos em 10 classes (26 Bacillariophyceae, 11 Cyanophyceae, 19 Chlorophyceae, 4 Oodogoniophyceae, 25 Zygnemaphyceae, 9 Euglenophyceae, 4 Xanthophyceae, 1 Dinophyceae, 3 Chrysophyceae, 2 Rodophyceae). A proporção destas classes taxonômicas não apresentou grandes alterações entre o Controle e os Tratamentos (Figura 3).



**Figura 3:** Porcentagem de número de táxons das classe da comunidade de algas perifíticas ao longo do experimento em microcosmos na planície de inundação do alto rio Paraná. Controle (Comunidade Perifítica), Trat. Z (Comunidade Perifítica + Comunidade Zooplancônica), Trat. S (Comunidade Perifítica + *S. notomelas*) e Trat. P (Comunidade Perifítica + *P. kennedyi*). Bacillariophyceae Chlorophyceae Cyanophyceae Euglenophyceae Oodogoniophyceae Zygnemaphyceae Demais Classes (Chrysophyceae, Dinophyceae, Xanthophyceae e Rodophyceae).

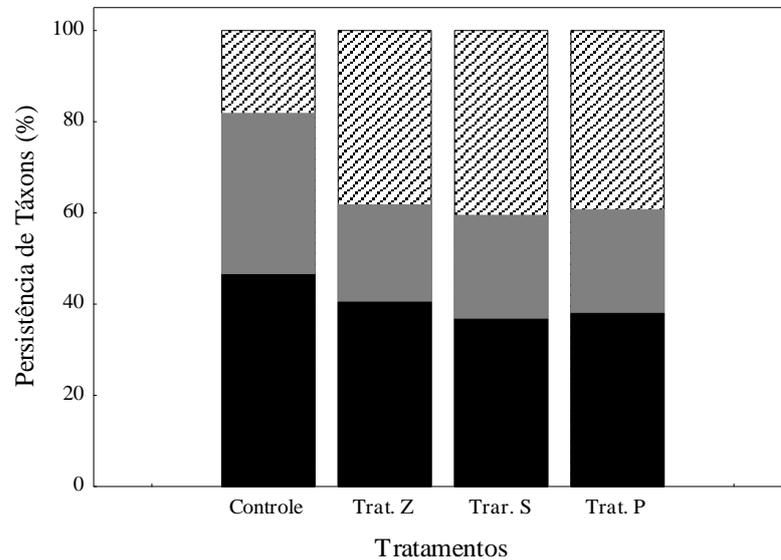
Maiores valores do número de táxons e da densidade da comunidade de algas perifíticas foram registrados no Controle, quando comparado aos demais Tratamentos (Figura 4). A média do número de táxons do Controle foi seguida pela média registrada no Tratamento Z e pelas médias dos Tratamentos S e P, que apresentaram o mesmo número de táxons (Figura 4A). Em relação a média da densidade total da comunidade de algas perifíticas, o Controle foi seguido pelos Tratamentos Z, S e P, respectivamente (Figura 4B).



**Figura 4:** Valores médios (■) e desvio padrão (I) da riqueza (A) e densidade (B) total da comunidade de algas perifíticas do experimento realizado em microcosmos na planície de inundação do alto rio Paraná. Controle (Comunidade Perifítica), Trat Z (Comunidade Perifítica + Comunidade Zooplancônica), Trat S (Comunidade Perifítica + *S. notomelas*) e Trat P (Comunidade Perifítica + *P. kennedyi*). \*Notar a diferença entre as escalas.

Em relação a persistência dos táxons, na ausência de herbívoros aquáticos, foi observada uma maior contribuição de táxons Constantes, seguido dos Frequentes e Raros (Figura 5). Assim, como o observado no Controle, no Tratamento Z, os táxons Constantes também foram os mais numerosos, sendo, no entanto, seguidos pelos táxons Raros e Frequentes. Nos demais tratamentos, com adição de peixes herbívoros, o padrão registrado no

Controle não foi seguido. Tanto o Tratamento S, quanto o P, apresentaram maiores números de táxons Raros, seguidos pelos Constantes e Frequentes (Figura 5).



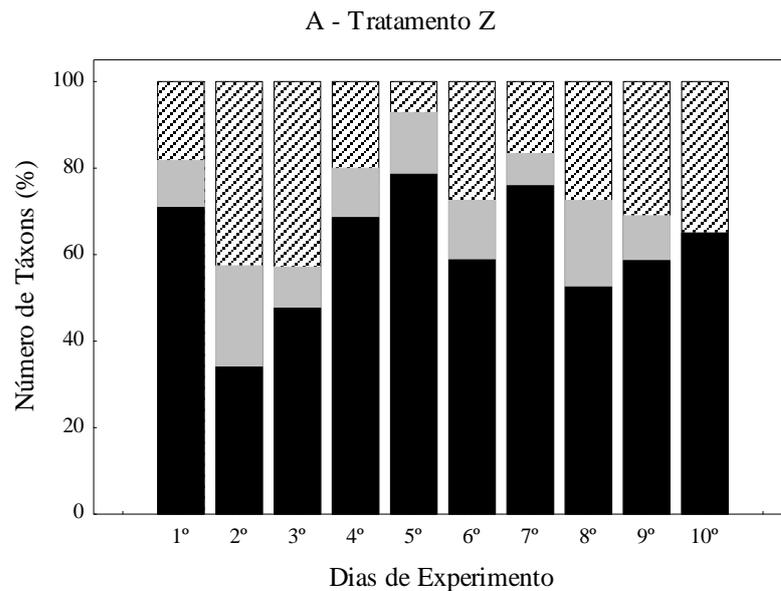
**Figura 5:** Porcentagem de persistência dos táxons da comunidade de algas perifíticas ao longo do experimento em microcosmos na planície de inundação do alto rio Paraná. Controle (Comunidade Perifítica), Trat. Z (Comunidade Perifítica + Comunidade Zooplantônica), Trat. S (Comunidade Perifítica + *S. notomelas*) e Trat. P (Comunidade Perifítica + *P. kennedyi*). Raro Frequente Constante.

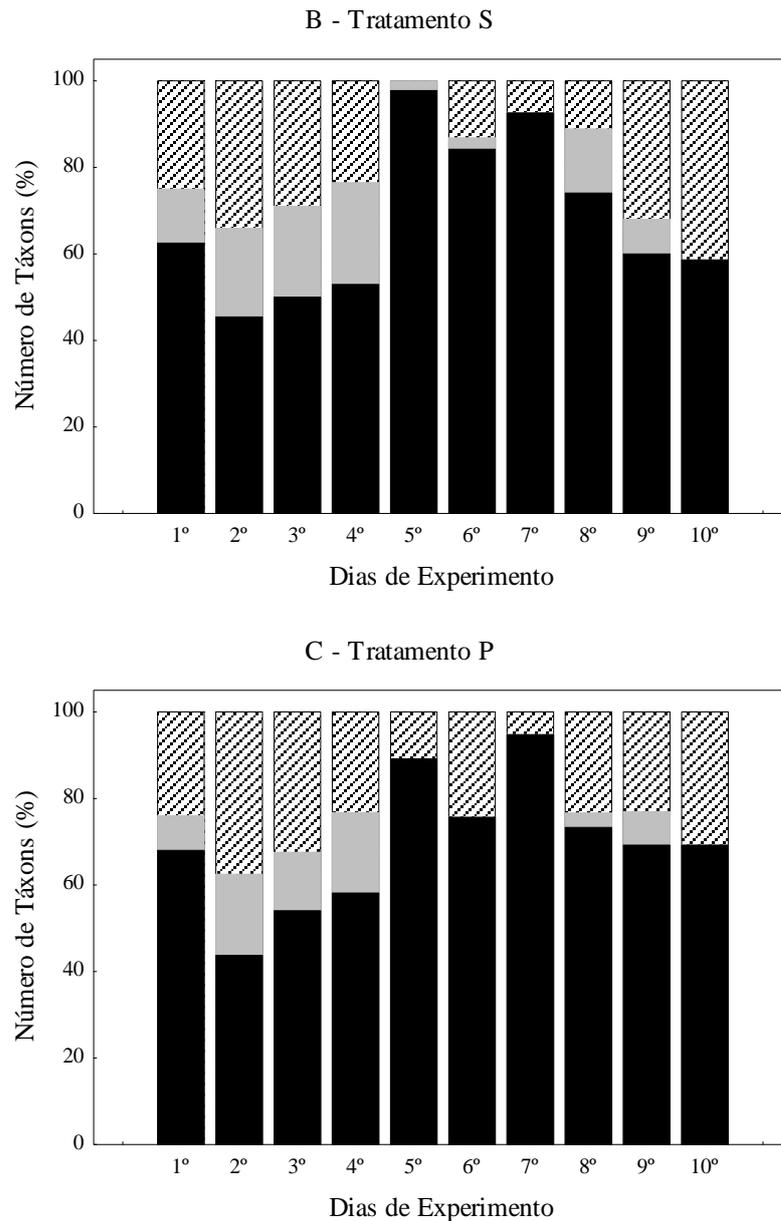
Dentre os táxons registrados nos Tratamento, a grande maioria apresentou Persistência inferior ao observado no Controle, no entanto, aumento de persistência também foi registrado. Em relação ao Tratamento Z, 12 táxons apresentaram aumento de persistência, com a maioria passando de Frequentes no Controle para Constantes no Tratamento Z. Além disso, *Spirogyra* sp., um táxon não registrado no Controle, foi considerado Constante no Tratamento Z.

O aumento de persistência também foi identificado entre o Controle e o Tratamento S, com destaque para *Salpingoeca* sp., que foi considerado Raro no Controle e Frequente no Tratamento S e *Euglena* sp., não registrada no Controle e classificada como Rara no Tratamento S. No Tratamento P, 11 táxons apresentaram aumento de Persistência, em relação ao Controle. Destes, quatro foram considerados Raros no Tratamento P, mas não foram registrados no Controle. Outros cinco passaram de Frequentes no Controle para Constantes no Tratamento P. Além disso, *Euastrum verrucosum* Ehr ex Ralfs, considerado Raro no

Controle, foi Constante no Tratamento P e *Staurastrum dilatatum* Ehr., considerado Raro no Controle, foi Frequente no Tratamento P.

Os gráficos a seguir mostram a dinâmica dos táxons da comunidade de algas perifíticas, em cada tratamento e ao longo de todo experimento, quando comparadas ao Controle (Figura 6). De uma forma geral, foi observada uma maior quantidade de táxons da categoria Diminuição, cujo percentual não esteve acima de 50% apenas no 2º dia de experimento. Ao longo do experimento, a categoria Diminuição foi seguida pela Sem Efeito, categoria, que não foi observada apenas no 5º dia de experimento no Tratamento S (Figura 6C). A categoria Aumento foi a com menor contribuição e, em pelo menos um dia de experimento, em todos os Tratamentos, esta não foi observada. Além disso, em comum a todos os Tratamentos, uma maior proporção de táxons com aumento foi observado no início do experimento, mas no 10º dia nenhum táxon apresentou aumento.



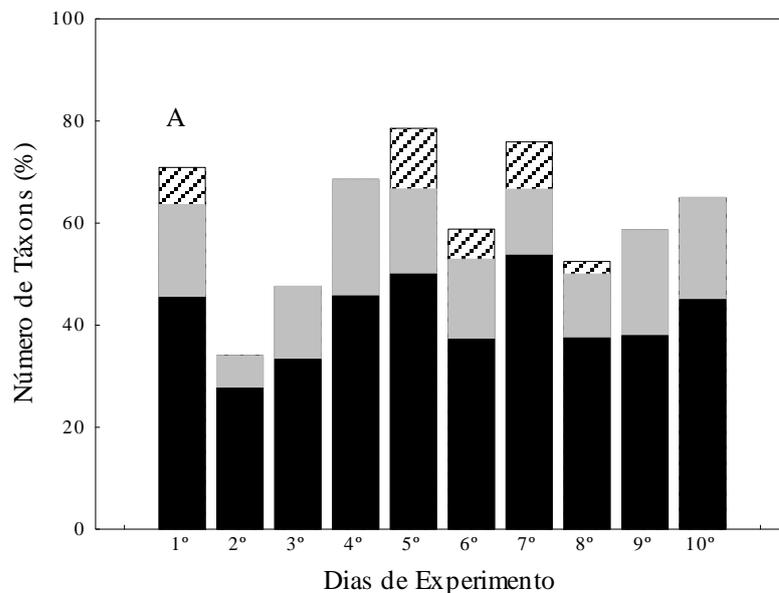


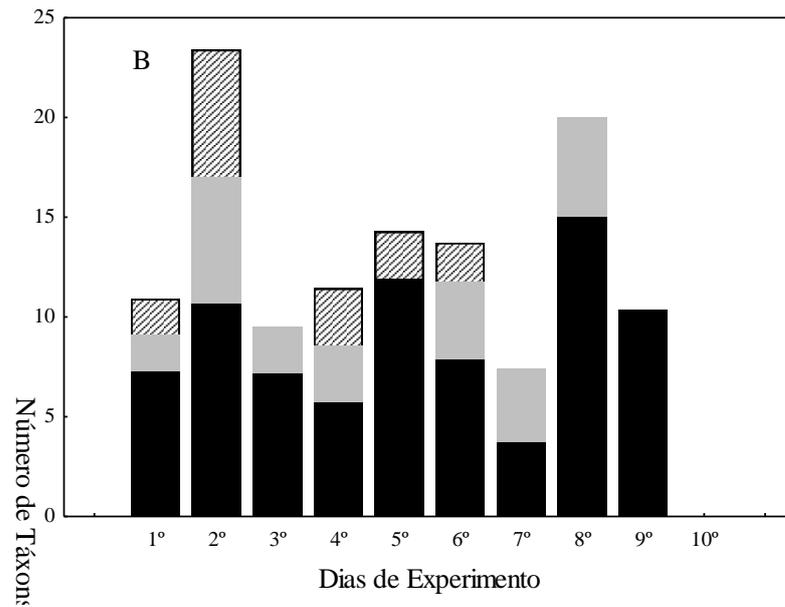
**Figura 6:** Dinâmica da densidade dos táxons da comunidade de algas perifíticas em cada Tratamento e ao longo de todo experimento, quando comparados ao Controle, no experimento em microcosmos na planície de inundação do alto rio Paraná. Controle (Comunidade Perifítica), (A) Tratamento Z (Comunidade Perifítica + Comunidade Zooplancônica), (B) Tratamento S (Comunidade Perifítica + *S. notomelas*) e (C) Tratamento P (Comunidade Perifítica + *P. kennedyi*). Sem Efeito Aumento Diminuição

Para facilitar a avaliação do comportamento dos táxons que apresentaram diminuição e/ou aumento de densidade em relação ao Controle, estes foram agrupados segundo suas formas de vida, como mostrado nas figuras 7, 8 e 9.

No Tratamento Z, tanto os táxons cuja densidade diminuiu em relação ao Controle (Figura 7A), quanto os que a densidade aumentou (Figura 7B), apresentaram uma constante contribuição ao longo do experimento. Neste Tratamento, a categoria Diminuição foi representada principalmente pelas formas unicelulares de *Achnanthydium minutissimum* (Grun.) Czarn., *Gomphonema gracile* Ehr. e *Trachelomonas volvocina* Ehr. registradas em todos os dias do experimento e por filamentos de *Oedogonium* spp., *Stigeoclonium* sp. e *Sprogyra* spp., com redução na maioria dos dias de experimento. Já as formas coloniais, foram representadas por *Aphanocapsa* sp., com diminuições no 5º dia, e por táxons de Chlorophyceae, com reduções de densidade nos 1º, 6º, 7º e 8º dias.

A categoria Aumento apresentou maiores contribuições nos 2º e 8º dias e não foram registrada apenas no 10º dia de experimento. Dentre os táxons desta categoria, representantes unicelulares como *Gomphonema parvulum* Kütz., *Navicula* sp. , *Nitzschia palea* (Kütz.) Smith e *Ulnaria ulna* (Nitz.) Comp. receberam destaque por estarem presente na maioria dos dias do experimento. Os táxons filamentosos foram representados principalmente por gêneros de Cyanophyceae e Oedogoniophyceae, além de *Spirogyra* spp. registrados apenas no 2º dia de experimento. Em relação aos táxons coloniais, na maioria dos dias de experimento, apenas *Desmodesmus quadricauda* (Lagerh.) Friedl & Hegew. apresentou aumento de densidade em relação ao Controle (Figura 7B).



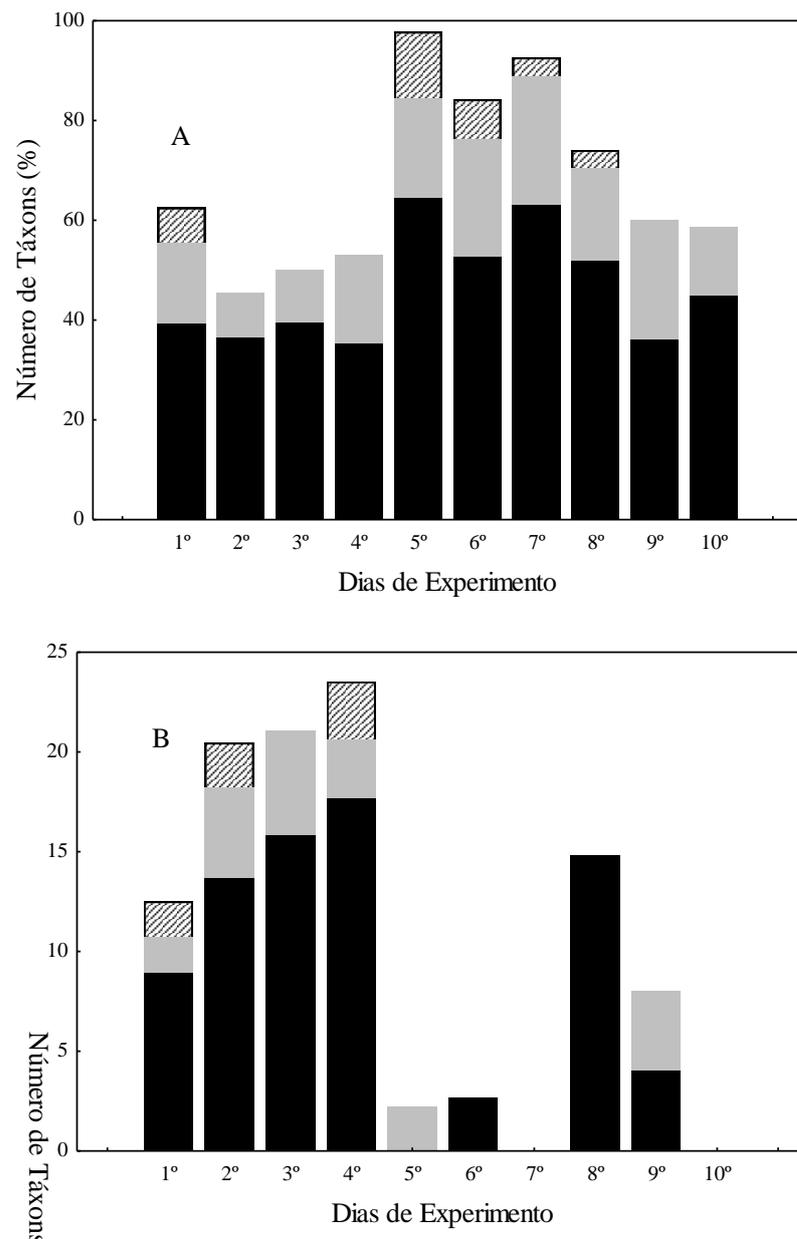


**Figura 7:** Comportamento dos táxons que apresentaram (A) diminuição e (B) aumento de densidade, quando comparados ao Controle (Comunidade Perifítica), no Tratamento Z (Comunidade Perifítica + Comunidade Zooplancônica) em experimento conduzidos em microcosmos na planície de inundação do alto rio Paraná.  Colonial  Filamentosa  Unicelular.

No Tratamento S, os táxons cuja densidade diminuiu em relação ao Controle foram registrados ao longo de todo o experimento (Figura 8A). Já aqueles com aumento de densidade não foram registrados apenas no 7º e 10º dia de experimento (Figura 8B).

Assim como o observado para o Tratamento Z, no Tratamento S as unicelulares *A. minutissimum*, *G. gracile* e *T. volvocina* foram registrados em todos os dias de experimento, juntamente com *Navicula* sp.. Dentre as filamentosas, *Oedogonium* spp., *Stigeoclonium* sp. e *Spirogyra* spp. não apresentaram redução de densidade em relação ao Controle apenas em alguns dias de experimento.

Neste Tratamento, dentre os táxons com aumento de densidade foram destacados as formas unicelulares de *Ophiocytium bicuspidatum* (Borge) Lemmermann, *Salpingoeca* sp., *Staurastrum punctulatum* (Breb.) Ralfs e *Trachelomonas hispida* (Perty) Stein e os filamentosos de *Heteroleigblemia* sp. e *Oedogonium* spp., os únicos representantes filamentosos com aumento de densidade. Apesar de não serem registradas em todos os dias de experimento, *Desmodesmus quadricauda* foi o principal táxon colonial com aumento de densidade em relação ao Controle (Figura 8B).

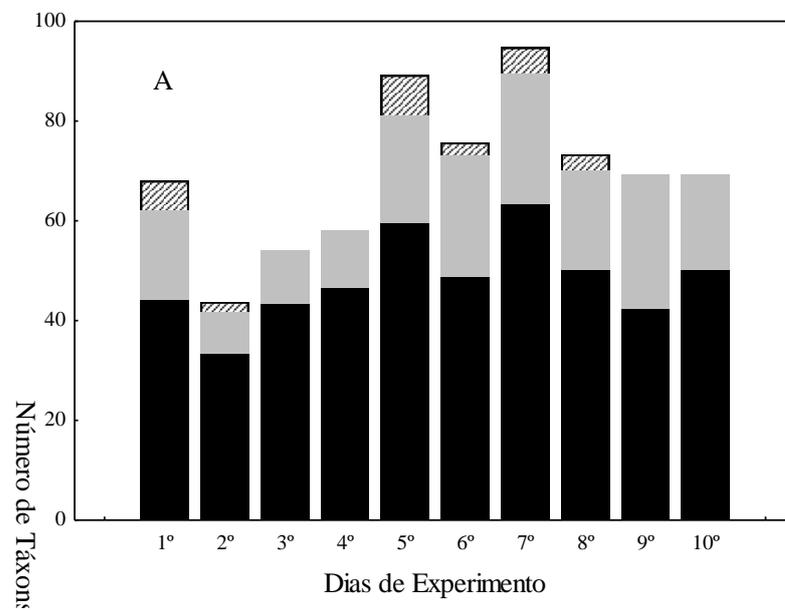


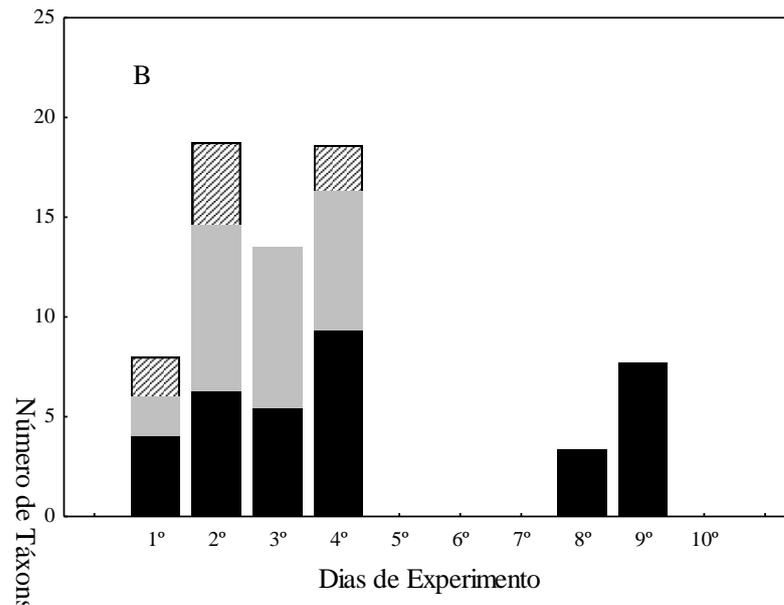
**Figura 8:** Comportamento dos táxons que apresentaram diminuição (A) e aumento (B) de densidade, quando comparados ao Controle (Comunidade Perifítica), no Tratamento S (Comunidade Perifítica + *Serrapinus notomelas*) experimento em microcosmos na planície de inundação do alto rio Paraná.  Colonial  Filamentosa  Unicelular.

No Tratamento P, a maioria dos táxons com diminuição de densidade em relação ao Controle também era unicelular, com destaque para *A. minutissimum*, *G. gracile*, *Navicula* sp. e *N. palea*, registrados em todos os dias de experimento. Na maioria dos dias, *Oedogonium* spp., *Stigeoclonium* sp. e *Spirogyra* spp. foram as representantes das formas filamentosas na

categoria Diminuição. Já as formas coloniais, registradas apenas alguns dias de experimento, foram representadas exclusivamente por táxons da classe Chlorophyceae (Figura 9A).

Os táxons com aumento de densidade em relação ao Controle foram melhor representados no início do experimento (1° ao 4° dia) e pelas formas unicelulares, com destaque para *Cosmarium norimberguense*, *Cosmarium* sp 2, *Encyonema mesianum* (Chol.) Mann, *Frustulia rhomboides* (Ehr.) De Toni, *G. parvulum*, *Malomonas* sp., *Trachelomonas volvocina* e *T. hispida*. Em relação as formas filamentosas, *Leibleinia* sp. esteve presente nos quatro primeiros dias de experimento, sendo acompanhada, em alguns momentos, por *Oedogonium* spp.. Assim como nos demais Tratamentos, *D. quadricauda* foi a principal representante das formas coloniais com aumento de densidade (Figura 9B).





**Figura 9:** Comportamento dos táxons que apresentaram diminuição (A) e aumento (B) de densidade, quando comparados ao Controle (Comunidade Perifítica), no Tratamento P (Comunidade Perifítica + *Psellogrammus kennedyi*) experimento em microcosmos na planície de inundação do alto rio Paraná.  Colonial  Filamentosa  Unicelular.

#### 4.4 DISCUSSÃO

No estudo realizado em microcosmos na planície de inundação do alto rio Paraná, não foi registrada diferença entre os dados abióticos obtidos no Controle e nos demais Tratamentos. Todas as variáveis apresentaram o mesmo padrão, indicando que as condições ambientais estavam estáveis. Desta forma, alterações na comunidade de algas perifíticas puderam ser atribuídas a presença dos herbívoros aquáticos e não às condições do meio.

Neste experimento, considerando o Controle e os demais Tratamentos, 10 classes taxonômicas foram registradas, com destaque para Bacillariophyceae, Cyanophyceae, Chlorophyceae e Zygnemaphyceae, por apresentarem os maiores números de táxons. Estas são as classes mais comumente reportadas em planícies de inundação (GOLDSBOROUGH; ROBINSON, 1996) e seus táxons, os mais citados em experimentos sobre impactos de herbívoros aquáticos na comunidade de algas perifíticas (McCOLLUM et al., 1994; HUCHETTE et al., 2000; BALLESTER et al. 2007; ABE et al. 2007; LIESS; KAHLERT, 2007; YANG et al., 2009; YANG; DUDGEON, 2010). A proporção destas classes foi a mesma, tanto no Controle, quanto nos demais Tratamentos, igualmente observado por Liess e

Kahlert (2007). Estes autores verificaram que nem a ação de herbívoros, tão pouco a concentração de nutrientes e a intensidade luminosa, alteraram significativamente a proporção de algas verdes, diatomáceas ou cianobactérias (LIESS; KAHLERT, 2007).

No experimento realizado na planície de inundação do alto rio Paraná a riqueza e a densidade total da comunidade de algas perifíticas foram menores na presença dos herbívoros aquáticos, o que comprova a influência destes organismos na estrutura da comunidade, como já demonstrado em outros estudos (UNERWOOD; THOMAS, 1990; MCCOLLUM et al. 1994; MCCORMICK et al. 1994; HUCHETTE et al., 2000; LIESS; KAHLERT, 2007; SIEHOFF et al., 2008; YANG et al., 2009, YANG; DUDGEON, 2010; ROBER et al., 2011). Além disso, o elevado número de táxons exclusivos registrados na ausência de herbívoros aquáticos e a mudança da persistência dos demais táxons, também indicaram o efeito da comunidade zooplânctônica e dos peixes herbívoros na comunidade de algas perifíticas. Liess e Kahlert (2007) também registraram, diante da ação de herbívoros aquáticos, a redução da riqueza de táxons da comunidade de algas perifíticas por meio da extinção de espécies raras.

Na presença de herbívoros aquáticos também foram observadas alterações na dinâmica dos táxons da comunidade de algas perifíticas, com diminuição de táxons facilmente ingeridos e aumento dos mais resistentes a herbivoria. Resultados semelhantes foram descritos em outros estudos (HUNTER; RUSSELL-HUNTER, 1983; MCCORMICK et al., 1994; KUPFERBERG, 1997; ABE et al., 2006; 2007; BALLESTER et al., 2007; LIES; KAHLERT, 2007; SIEHOFF et al., 2008; YANG; DUDGEON, 2010).

No experimento em microcosmos, a grande maioria dos táxons apresentou densidade nos Tratamentos inferior ao observado no Controle, assim como o registrado por Hunter e Russell-Hunter (1983), McCormick et al. (1994) e Yang e Dudgeon (2010). Ballester et al. (2007), no entanto, registraram redução da densidade de diatomáceas penadas e filamentos de Cyanophyceae apenas no início do experimento (15 dias). No decorrer deste referido estudo, mesmo diante da presença de camarões herbívoros, os táxons apresentaram aumento de densidade (BALLESTER et al., 2007).

As reduções nas densidades de táxons unicelulares, principalmente *Achnanthydium minutissimum*, como registrado por McCormick et al. (1994), possivelmente estiveram relacionada a diminuição de substratos, visto que, com a redução dos filamentos, estes táxons epifíticos não conseguiram se fixar. O que está de acordo com Peterson et al. (1994), que descreveu que a perda de filamentos elimina o habitat colonizado, bem como os organismos aderidos. Já as reduções das densidades de *G. gracile* provavelmente ocorreram devido o

tamanho destes táxons. Segundo McCollum et al. (1994) grandes diatomáceas não possuem habilidade de competir pelo espaço, logo sua abundância é reduzida. Yang et al. (2009) e Yang e Dudgeon (2010) também registraram menores densidades de *Gomphonema* spp. na presença de herbívoros. Segundo Yang e Dudgeon (2010), isto pode ser explicado pelo fato de que táxons com grandes proporções são mais vulneráveis a predação.

Além de apresentarem menores densidades em relação ao Controle, as formas filamentosas, com destaque para *Spirogyra* spp., *Stigeoclonium* spp. e *Oedogonium* spp., foram reduzidas a filamentos curtos e pouco ramificados (filamentos de *Stigeoclonium* spp.), como o observado por Huchette et al. (2000), Lies e Kahlert (2007), Siehoff et al. (2008) e Rober et al. (2011). Além disso, na maioria dos dias de experimento, apenas as células basais destes filamentos foram registradas, o que também foi observado por Rosemond et al. (1993; 2000). A presença de células basais também pode ser uma resposta ao distúrbio físico causado pela locomoção dos herbívoros aquáticos no entorno dos substratos, que podem ter provocado a quebra dos filamentos.

Menores densidades de *Spirogyra* sp. também foi reportada por Lies e Kahlert (2007) e Fang et al. (2010), ao avaliar o efeito de gastrópodes herbívoros na comunidade de algas perifíticas. No segundo estudo, foi relatado que os herbívoros aquáticos controlaram intensamente o crescimento de *Spirogyra* sp., uma vez que estes filamentos não se desenvolveram na presença dos gastropodas (FANG et al., 2010). A redução de outro táxon filamentoso, assim como o observado no experimento em microcosmos foi reportada por Siehoff et al. (2008). Segundo estes autores, *Daphnia magna* reduziu drasticamente filamentos de *Stigeoclonium* spp

Mesmo na presença de herbívoros aquáticos, na planície de inundação do alto rio Paraná, alguns táxons foram favorecidos, pois apresentaram aumento de densidade, com destaque para *Desmodesmus quadricauda*, *Mallomonas* sp., *Ophiocytium bicuspidatum*, *Staurastrum punctulatum*, *Trachelomonas hispida*. O sucesso destes táxons pode ser justificado pela suas morfologias, visto que estes apresentam estruturas em formato de espinho (BICUDO; MENEZES, 2006), o que possivelmente dificultou a ação de herbívoros. Além destes, pequenos táxons, como *Cosmarium norimberguense* e *Gomphonema parvulum*, também apresentaram aumento de densidade em relação ao Controle. O mesmo foi observado por McCollum et al. (1994), Huchette et al. (2000) e Lange et al. (2011) para diatomáceas de pequeno volume, sendo atribuído as vantagens competitivas destas algas (McCOLLUM et al., 1994).

No experimento realizado em microcosmos, os táxons filamentosos também apresentaram aumento de densidade em relação ao Controle. No entanto, estes filamentos possuíam tamanho reduzido, sendo muitas vezes restrito a células basais. Na maioria estudos acerca do efeito de herbívoros aquáticos, as células basais de filamentos predominavam na comunidade de algas perifíticas (LIESS; KAHLERT, 2009), principalmente por estas formas serem menos acessíveis aos herbívoros (ABE et al., 2006; LIESS; KAHLERT, 2009). Além disso, o aumento destes filamentos pode ter sido facilitado pela remoção de diatomáceas epifíticas promovida pelos herbívoros aquáticos (KUPFERBERG, 1997).

Dentre os poucos filamentos com aumento de densidade em relação ao Controle foram destacados *Oedogonium* spp. e *Leptoyngbya* sp.. O aumento da densidade de *Oedogonium* spp. também foi reportado por McCollum et al. (1994), que observaram estes filamentos ocupando uma grande proporção do substrato disponível para a colonização. Já a presença de filamentos de cianobactérias, mesmo diante da pressão de herbivoria, também foi registrada por Power et al. (1988) e Abe et al. (2006). Estes filamentos, no entanto, eram menos atenuados, e suas porções distais foram removidas pelos herbívoros (POWER et al., 1988). Segundo McCollum et al. (1994) o aumento de táxons da classe Cyanophyceae também é esperado, devido a sua resistência a herbivoria.

Com o experimento em microcosmos realizado na planície de inundação do alto rio Paraná foi verificado que a comunidade de algas perifíticas responde a ação de herbívoros aquáticos e que estes, na maioria das vezes, apresentam um efeito direto sobre as algas. Neste estudo maiores valores do número de táxons e da densidade da comunidade de algas perifíticas foram registrados no Controle, quando comparado aos demais Tratamentos. Com estes resultados a hipótese de que a presença de herbívoros aquáticos modifica a estrutura da comunidade de algas perifíticas foi aceita. Apenas alguns táxons apresentaram a mesma persistência no Controle e nos demais Tratamentos, comprovando que a presença de herbívoros promoveu a substituição e, possivelmente, a extinção de táxons, sendo aceita a segunda hipótese proposta neste estudo. A terceira hipótese proposta também foi corroborada, visto que, a dinâmica da comunidade de algas perifíticas também foi alterada pela presença dos herbívoros aquáticos, sendo observada a redução da densidade de alguns táxons, principalmente as formas filamentosas, e o favorecimento de táxons resistentes, principalmente aqueles com as menores dimensões e aqueles com estruturas de proteção contra a herbivoria.

---

**REFERÊNCIAS**

ABE, S.; KISO, K.; KATANO, O.; YAMAMOTO, S.; NAGUMO, T.; TANAKA, J. Impacts of differential consumption by the grazing fish, *Plecoglossus altivelis*, on the benthic algal composition in the Chikuma River, Japan. **Phycological Research**, vol. 54, p. 94–98, 2006.

ABE, S.; UCHIDA, K.; NAGUMO, T.; TANAKA, J. Alterations in the biomass-specific productivity of periphyton assemblages mediate by fish grazing. **Freshwater Biology**, v. 52, p. 1486-1493, 2007.

BALLESTER, E. L. C.; WASIELESKY, W. J.; CAVALLI, R. O.; ABREU, P. C. Nursery of the pink shrimp *Farfantepenaeus paulensis* in cages with artificial substrates: biofilm composition and shrimp performance. **Aquaculture**, v. 269, p. 355–362, 2007.

BICUDO, C. E. M.; MENEZES, M. **Gêneros de Algas de Águas Continentais do Brasil:** chave para identificação e descrições. São Carlos: RiMa, 2006.

BICUDO, D. C. Considerações sobre metodologias de contagem de algas do perifíton. **Acta Limnologica Brasiliensia**, v. 3, p. 459-475, 1990.

DAJOZ, R. **Ecologia Geral**. Petrópolis: Editora Vozes. 1973.

DUFRÊNE, M.; LEGENDRE, P. Species assemblages and indicator species: the need for a flexible asymmetrical approach. **Ecological Monographs**, v. 67, no3, p. 345–366, 1997.

FANG, L.; WONG, P. K.; LIN, L.; LAN, C.; QIU, J. W. Impact of invasive apple snails in Hong Kong on wetland macrophytes, nutrients, phytoplankton and filamentous algae. **Freshwater Biology**, v. 55, p. 1191–1204, 2010.

GOLDSBOROUGH, L. G., ROBINSON, G. G. C. Patterns in wetlands. In: STEVENSON, R. J.; BOTHWELL, M. L.; LOWE, R. L. (Ed.), **Algal ecology: freshwater bentic ecosystems**. San Diego: Academic Press, 1996. p. 77–117.

HUCHETTE, S. M. H.; BEVERIDGE, M. C. M.; BAIRD, D. J.; IRELAND, M. The impacts of grazing by tilápias *Oreochromis niloticus* L. on periphyton communities growing on artificial substrates in cages. **Aquaculture**, v. 186, n. 1-2, p. 45-60, 2000.

HUNTER, D. R.; RUSSELL-HUNTER, W. D. Bioenergetic and community changes in intertidal aufwuchs grazed by *Littorina littorea*. **Ecology**, v. 64, no. 4, p. 761-769, 1983.

KUPFERBERG, S. Facilitation of periphyton production by tadpole grazing: functional differences between species. **Freshwater Biology**, v. 37, 427-439, 1997.

LANGE, K.; LIESS, A.; PIGGOTT, J. J.; TOWNSEND, C. R.; MATTHAEI, C. D. Light, nutrients and grazing interact to determine stream diatom community composition and functional group structure. **Freshwater Biology**, v. 56, p. 264–278, 2011.

LIESS, A., KAHLERT, M. Gastropod grazers and nutrients, but not light, interact in determining periphytic algal diversity. **Oecologia**, v. 152, p. 101-111, 2007.

LIESS, A.; KAHLERT, M. Gastropod grazers affect periphyton nutrient stoichiometry by changing benthic algal taxonomy and through differential nutrient uptake. **Journal of North American Benthological Society**, v. 28, n. 2. p.283–293, 2009.

McCOLLUM, E. W.; CROWDER, L. B.; MCCOLLUM, S. A. Complex interactions of fish, snails, and littoral zone periphyton. **Ecology**, v. 79, n. 6, p. 1980-1994, 1994.

McCORMICK, P. V.; LOUIE, D.; CAIRNS, J. J. Longitudinal effects of herbivory on lotic periphyton assemblages. **Freshwater Biology**, v. 31, p. 201-212, 1994.

McCUNE, B., MEFFORD, M. J. *Multivariate analysis of ecological data*. Version 4.0. Oregon: MjM Software, 1999.

McCUNE, B.; GRACE, J. B. **Analysis of ecological communities**. Oregon: Gleneden Beach, 2002.

PEREIRA, R. C.; DONATO, R.; TEIXEIRA, V. L.; CAVALCANTI, D. N. Chemotaxis and chemical defenses in seaweed susceptibility to herbivory. **Revista Brasileira de Biologia**, v. 60, n.3, p. 405-414, 1999.

PETERSON, P. G.; WEIBEL, A. C.; GRIMM, N. B.; FISHER, S. G. Mechanisms of benthic algal recovery following spates: comparison of simulated and natural events. **Oecologia**, v. 98: 280-290, 1994.

PIRES, L. M. D.; VAN DONK, E. Comparing grazing by *Dreissena polymorpha* on phytoplankton in the presence of toxic and non-toxic cianobactéria. **Environmental Toxicology**, v. 47, p. 1855–1865, 2002.

POMPÊO, M. L. M.; MOSCHINI-CARLOS, V. **Macrófitas aquáticas e perifíton, aspectos ecológicos e metodológicos**. São Carlos: RiMa, 2003.

POWER, M. E.; STEWART, A. J.; MATTHEWS, W. J. Grazer control of algae in an Ozark mountain stream: effects of short-term exclusion. **Ecology**, v. 69, p. 1894–1898, 1988.

ROBER, A. R.; WYATT, K. H.; STEVENSON, R. J. Regulation of algal structure and function by nutrients and grazing in a boreal wetland. **Journal of North American Benthological Society**, v. 30, n. 3, p. 787–796, 2011.

RODRIGUES, L.; BICUDO, B. C.; MOSCHINI-CARLOS, V. O papel do perifíton em áreas alagáveis e nos diagnósticos ambientais. In: Thomaz, S. M.; Bini, L. M. (Ed.) **Ecologia e manejo de macrófitas aquáticas**. Maringá: EDUEM, 2003. p. 211-230.

RODRIGUES, L.; ALGARTE, V. M.; SIQUEIRA, N. S.; MACHADO, E. N. Fatores envolvidos na distribuição e abundância do perifíton e principais fatores encontrados em ambientes de Planície de Inundação. In: SCHWARZBOLD, A. *et al.*, **Ecologia de Perifíton**. São Paulo: Editora Rima, 2012.

ROS, J. 1979. **Práticas de Ecologia**. Barcelona: Omega, 181p.

ROSEMOND, A. D.; MULHOLLAND, P. J., ELWOOD, J. Top-down and bottom-up control of stream periphyton effects of nutrients and herbivores. **Ecology**, v. 74, n. 4, p. 1264-1280, 1993.

ROSEMOND, A. D., MULHOLLAND, P. J., BRAWLEY, S. H. Seasonally shifting limitation of stream periphyton: response of algal populations and assemblage biomass and productivity to variation in light, nutrients, and herbivores. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, v. 57, p. 66–75, 2000.

SIEHOFF, S.; HAMMERS-WIRTZ, M.; STRAUSS, T.; TONI, H. Periphyton as alternative food source for the filter-feeding cladoceran *Daphnia magna*. **Freshwater Biology**, v. 54, n. 1, p. 15–23, 2008.

STATSOFT, InC. 2005 Statistica (data analysis software system). Version 7.1. Disponível em: < <http://www.statsoft.com>.

STEVENSON, R.J. Patterns of benthic algae in aquatic ecosystems. In: STEVENSON, R. J.; BOTHWELL, M. L.; LOWE, R. L. (Ed.), **Algal ecology: freshwater benthic ecosystems**. San Diego: Academic Press, 1996. p. 3-26.

UTERMÖHL, H. Zur Vervollkommung der quantitativen phytoplankton-methodik. **Mitt.Int. Ver. Limnol.**, v.9, p. 1-38, 1958.

UNERWOOD, G. J. C., THOMAS, J. D. Grazing interactions between pulmonate snails and epiphytic algae and bacteria. **Freshwater Biology**, v. 23, no. 3, p. 505-522, 1990.

WETZEL, R. G. Recommendation for future research on periphyton. In: Wetzel, RG. (Ed.). **Periphyton of Freshwater Ecosystems**. The Netherlands: Dr. W. Junk Publishers, 1983. p. 339-346.

YANG, G. Y.; TANG, T.; DUDGEON, D. Spatial and seasonal variations in benthic algal assemblages in streams in monsoonal Hong Kong. **Hydrobiologia**, v. 632, n. 189–200, 2009.

YANG, G. Y.; DUDGEON, D. Response of grazing impacts of an algivorous fish (*Pseudogastromyzon myersi*: Baliitoridae) to seasonal disturbance in Hong Kong streams. **Freshwater Biology**, v. 55, no. 411-423, 2010.

#### 4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com estes estudos, tanto por meio de experimento *in situ*, quanto em experimentos em microcosmos, nos quais as condições abióticas estáveis, foi constatado que os herbívoros aquáticos exercem influência nos atributos da comunidade perifítica. Foi possível observar também que a presença destes herbívoros, principalmente a comunidade zooplanctônica e dois grupos de peixes, modificam a estrutura e a dinâmica da comunidade de algas perifíticas, além de promover substituições de táxons. Além disso, foi possível demonstrar que a comunidade de algas perifíticas responde a ação de herbívoros aquáticos e ressaltar a importância dos diferentes herbívoros na estruturação desta comunidade.

Agora que a terra é redonda  
E o centro do universo é outro lugar  
É hora de rever os planos  
O mundo não é plano, não pára de girar  
Agora que o tempo é relativo  
Não há tempo perdido, não há tempo a perder

Num piscar de olhos tudo se transforma  
Tá vendo? Já passou!  
Mas ao mesmo tempo  
Fica o sentimento  
De um mundo sempre igual  
Igual ao que já era  
De onde menos se espera  
Dali mesmo é que não vem

Agora que tudo está exposto  
A máscara e o rosto trocam de lugar  
Tô fora se esse é o caminho  
Se a vida é um filme, eu não conheço diretor  
Tô fora, sigo o meu caminho  
Às vezes tô sozinho, quase sempre tô em paz

Visão de raio-x  
O x dessa questão  
É ver além da máscara  
Além do que é sabido, além do que é sentido  
Ver além da máscara

Além da Máscara  
Pouca Vogal