

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM  
ECOLOGIA DE AMBIENTES AQUÁTICOS CONTINENTAIS

**PERIFÍTON – DIATOMÁCEAS E BIOMASSA – EM SISTEMAS  
SEMILÓTICOS DA PLANÍCIE DE INUNDAÇÃO DO ALTO RIO  
PARANÁ**

Josimeire Aparecida Leandrini

Maringá  
2006

Josimeire Aparecida Leandrini

**PERIFÍTON – DIATOMÁCEAS E BIOMASSA – EM SISTEMAS  
SEMILÓTICOS DA PLANÍCIE DE INUNDAÇÃO DO ALTO RIO  
PARANÁ**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em “Ecologia de Ambientes Aquáticos Continentais”, da Universidade Estadual de Maringá, como parte dos requisitos para obtenção do título de Doutora em Ciências Ambientais.

**Orientadora: Dra. Liliana Rodrigues**

Maringá  
2006

“... Hoje me sinto mais forte, mais feliz quem sabe  
eu só levo a certeza de que muito pouco eu sei, eu nada sei  
Conhecer as manhãs e as manhãs,  
o sabor das massas e das maçãs,  
é preciso o amor pra poder pulsar,  
é preciso paz pra poder sorrir,  
é preciso a chuva para florir.

Penso que cumprir a vida seja simplesmente  
compreender a marcha, e ir tocando em frente  
como um velho boiadeiro levando a boiada,  
eu vou tocando os dias pela longa estrada eu vou,  
de estrada eu sou  
Todo mundo ama um dia todo mundo chora,  
Um dia a gente chega, no outro vai embora  
Cada um de nós compõe a sua história,  
e cada ser em si, carrega o dom de ser capaz, e ser feliz....  
(Almir Sater)

### **Dedicatória:**

Dedico este trabalho especialmente  
ao prof. Dr. Hermes Moreira Filho e  
Dra. Liliana Rodrigues pelo seu amor  
e dedicação às diatomáceas... Estas  
pequenas jóias vivas encontradas no  
ambiente aquático.

## AGRADECIMENTOS

À Deus que me enche de forças para levantar todo dia e dar o primeiro passo....

À prof. Dra. Liliana Rodrigues, pela orientação amizade e antes de tudo pela confiança depositada em meu trabalho. Obrigado por estar sempre presente, pronta a indicar o melhor caminho. Sua visão ampla da vida e da comunidade periférica sempre levou a idealizar grandes projetos.

Agradeço ao programa de Pós-graduação em Ecologia de Ambientes Aquáticos Continentais e ao Programa de Estudos de Longa Duração (PELD), pelo apoio para o desenvolvimento destes trabalhos.

Ao CNPQ, pela concessão de Bolsa de estudos no período de março de 2001 a março de 2004.

A FUNADESP e Faculdade Integrado de Campo Mourão pela concessão de bolsa no período de fevereiro de 2006 a abril de 2006.

Obrigado a secretaria do curso de Pós Graduação, Aldenir C. Oliveira e Mercia S. B. O. Sanches e em especial a Claudia A. C. Francisco tão amiga e sempre prontas a resolver as dúvidas, relatórios e coletas.

Ao Laboratório de Limnologia do Nupelia-UEM, pela disponibilidade em fornecer parte dos dados e empréstimo de todos os equipamentos necessários para a realização deste trabalho. A Maria do Carmo (química) pelo auxílio na realização das análises do laboratório de Limnologia.

Ao Jaime Luiz Lopez Pereira Pela confecção dos mapas.

Aos bibliotecários Maria Salete R. Arita, João F. Hildebrandt e Márcia R. Paiva por serem sempre tão gentis.

Aos meus amigos de campo, Sebastião Rodrigues (Tião), Alfredo S. da Silva (Alfredinho), Leandro Rodrigues, Anderson Medeiros (Dinho), Elizangela Vilagra (Sheila), Júlio Cezar Azevedo e Luciana Basa (Beija-Flor), as coletas de campo foram maravilhosas, pois vocês estavam lá.

A Faculdade Integrado de Campo Mourão pela liberação para o término deste trabalho.

Aos meus irmãos Cleber e Joice principalmente, quantas tabelas fizeram por mim muito obrigado.

Aos meus pais: José Luiz e Elvira Ricce Leandrini e aos meus adorados sobrinhos Mateus Henrique e Marcos Vinícius por entenderem minha ausência e acreditarem que logo eu terminaria...

Obrigado ao pessoal do laboratório de ecologia do perifiton, Sirlene A. Felizberto, Irauza A. Fonseca, Sandro Pereira, Arnaldo Russo, Vanessa Algarte, Eliza A. Murakami, Carina Moresco e o Cássio meu muito obrigado.

Ao biólogo Pitágoras A. Piana a Débora Cristina de Souza pelas valiosas contribuições.

Aos amigos de bar, imprescindíveis para a sanidade mental durante este período. Em Maringá: Irauza (Dú) e Thomaz, em Campo Mourão: Francielle (Fran), Marcos (Piza) e Talge.

Aos doutores de Minha vida Marcos Antonio Piza (Químico), Carolina Viviana Minte-Vera (Ecóloga), Julio Cezar Azevedo (Químico) e Bianca Matias Pivato (Bióloga), amo vocês indiscutivelmente, obrigado por não me deixarem desistir.

## SUMÁRIO

RESUMO .....	v
VARIAÇÕES TEMPORAIS DA BIOMASSA DO PERIFÍTON EM AMBIENTES NA PLANÍCIE DE INUNDAÇÃO DO ALTO RIO PARANÁ.....	02
RIQUEZA E DIVERSIDADE $\beta$ DAS DIATOMÁCEAS PERIFÍTICAS EM QUATRO AMBIENTES DA PLANÍCIE DE INUNDAÇÃO DO ALTO RIO PARANÁ. ....	17
DIATOMÁCEAS DO PERIFÍTON EM SISTEMAS SEMILÓTICOS DA PLANÍCIE DE INUNDAÇÃO DO ALTO RIO PARANÁ: RELAÇÕES ENTRE TÁXONS E VARIÁVEIS AMBIENTAIS.....	43
ANEXO.....	73

## RESUMO

No ano de 2001 foram amostrados quatro ambientes semilóticos, na planície de inundação do Alto Rio Paraná - Ressaco do Pau Veio, Ressaco do Leopoldo, Ressaco do Bile e Ressaco Manezinho, com o objetivo de: a) estabelecer as variações temporais da biomassa perifítica; b) conhecer a riqueza da assembléia de diatomáceas perifíticas; c) verificar a similaridade entre a diatomoflórula perifítica dos ambientes; d) estabelecer a dinâmica da assembléia de diatomáceas perifíticas; e) identificar os tipos de perturbações que atuaram sobre os táxons de diatomáceas. As coletas dos dados foram realizadas mensalmente nos quatro ressacos. O substrato amostrado foi pecíolos da macrófita aquática *Eichhornia azurea* Kunth. Análise das propriedades estruturais da comunidade foi realizada com base em medidas de biomassa (clorofila, peso seco livre de cinzas) e riqueza e densidade da assembléia de diatomáceas. Também foram aplicados índices biológicos para classificação do perifíton. Dados limnológicos abióticos foram obtidos (nível hidrométrico, temperatura da água, turbidez, profundidade, condutividade elétrica, precipitação, pH, O<sub>2</sub>, NO<sub>3</sub>, NH<sub>4</sub>, NT, PT, PO<sub>4</sub>). Observou-se, independente do local, valores mais elevados dos teores de clorofila *a* nos cinco primeiros meses do ano de 2001, meses de maior nível do rio Paraná ( $r=0,48$ ), maior concentração de nutrientes, principalmente o nitrogênio, e maior transparência da coluna de água. No conjunto dos dados, também se verificou uma maior riqueza e densidade da assembléia de diatomáceas perifíticas quando estas características fizeram-se presentes. Foram registrados ao todo 322 táxons, distribuídos em 57 gêneros. Em ordem crescente, o Ressaco do Leopoldo apresentou o menor número de espécies (197), sendo seguido pelo Ressaco do Pau Véio (205), o Ressaco do Manezinho (218) e, o Ressaco do Bilé (222). Os ambientes, de forma geral, apresentaram em média 36% de sua flora diatomológica constituída de espécies raras, ou seja, espécies de baixa frequência de ocorrência. O Ressaco do Leopoldo apresentou as menores oscilações quanto ao número de espécies. O mês de julho apresentou um baixo número de táxons em todos os ressacos. Os valores de diversidade beta foram mais dissimilares temporalmente do que espacialmente e os estimadores de riqueza evidenciaram a necessidade de maior esforço amostral para avaliar a riqueza do sistema. Em período de menor elevação do nível, a densidade das diatomáceas foi cerca de 10 vezes menor quando comparado ao período anterior. Ao comparar a densidade das diatomáceas perifíticas de cada ambiente, nos diferentes períodos hidrológicos, não foi possível estabelecer qualquer diferença significativa, apesar dos dados quantitativos serem bastante distintos. Dentre as espécies, *Achnanthydium minutissimum* foi a espécie abundante e que melhor caracterizou os ambientes. Conclui-se que o nível hidrológico consiste na principal função de força controladora da assembléia de diatomáceas perifíticas nos ambientes semilóticos da planície de inundação, principalmente, pelo seu efeito na disponibilidade de nutrientes, principalmente o nitrogênio, e no grau de ligação com o rio Paraná. Em nível temporal, as perturbações, das quais se destaca a ação antrópica pela operação das comportas dos reservatórios localizados a montante, representaram papel chave na dinâmica sucessional das espécies, provocando mudanças na assembléia de diatomáceas. Salienta-se a necessidade de novos estudos de cunho experimental, que

possibilite identificar e medir outros parâmetros ambientais (como competição, distribuição do substrato, posição em relação a luz e vento) que atuam sobre a assembléia diatomológica, e conseqüentemente, sobre a comunidade perifítica.



# VARIAÇÕES TEMPORAIS DA BIOMASSA DO PERIFÍTON EM AMBIENTES NA PLANÍCIE DE INUNDAÇÃO DO ALTO RIO PARANÁ

## RESUMO

As variações temporais da biomassa perifítica foram avaliadas em quatro ambientes da planície de inundação do alto rio Paraná, durante o ano de 2001. O substrato amostrado foi pecíolos da macrófita aquática *Eichhornia azurea* Kunth. A biomassa do perifíton foi determinada através da clorofila *a* e pelo peso seco livre de cinzas (PSLC) e do peso seco das cinzas (PSC). Também foram aplicados índices biológicos para classificação do perifíton. Observou-se, independente do local, valores mais elevados dos teores de clorofila *a* nos cinco primeiros meses do ano de 2001, meses de maior nível do rio Paraná ( $r=0,48$ ). Os teores de clorofila *a* nos quatro ambientes estiveram também relacionados com a concentração de nutrientes, principalmente o nitrogênio. O PSLC e o PSC apresentaram correlação positiva com o nível hidrológico da planície de inundação do alto rio Paraná apenas em um dos ambientes. A comunidade perifítica pode ser caracterizada durante todo o período como do tipo autotrófica e não pode ser observado um padrão quanto seus conteúdos inorgânico-orgânico.

## ABSTRACT

The estimation of the temporal variations of the periphytic biomass was made in four environments of the Upper Paraná River floodplain, during the year of 2001. The showed substratum was petiole of the aquatic macrophyte *Eichhornia azurea* Kunth. The biomass of periphyton was determined by chlorophyll and dry weight. Also biological indexes for classification of periphyton had been applied. It was observed, independent of the environment, values more elevate of chlorophyll *a* in the five first months of the year of 2001, that it was coincident to the months of bigger level of the Paraná River ( $r=0,48$ ). The chlorophyll *a* in four environments also had been related with the concentration of nutrients, mainly the nitrogen. The PSLC and the PSC had presented positive correlation with the hydrological level of the Upper Paraná River floodplain only in one of environments. The periphytic community can all be characterized during the period as autotrophic type and with alternations of its inorganic-organic and organic-inorganic contents.

## INTRODUÇÃO

A característica dos sistemas rio-planície de inundação está na sazonalidade marcada do nível hidrológico, que reflete sobre seus pulsos de energia e matéria e que é considerado a principal função de força sobre o funcionamento desses ecossistemas (Neiff, 1990; Junk, 1996). As planícies de inundação são importantes na regulação do balanço hídrico e dos ciclos biogeoquímicos em escala continental, pertencem aos ecossistemas mais produtivos do globo, além de representarem importantes centros de diversificação biológica (Junk, 1996).

Em planícies de inundação é necessário o entendimento da compartimentalização horizontal do corpo d'água, além do "transversal" ao curso do rio. Por ter maior importância, oscilações no nível hidrométrico acabam por aumentar as áreas inundadas, ou, ao contrário, secar as lagoas marginais mantidas pela entrada de água superficial ou subterrânea. Estes fluxos horizontais entre os ambientes (ilhas - planície lateral) condicionam a produtividade dos grupos vegetais e processos associados (Carignan e Neiff, 1992; Neiff et al., 2001), dentre estes está a comunidade perifítica.

O perifíton apresenta notável heterogeneidade espacial e temporal, apresentando variações em sua composição, densidade, biomassa e produtividade (Stevenson, 1997). O entendimento de seus padrões de distribuição é fundamental, uma vez que seus componentes formam a base da cadeia alimentar em muitos sistemas lóticos (Lamberti, 1996), atuam como redutores e transformadores de nutrientes (Wetzel, 1996), propiciam a formação de hábitat para uma diversidade de organismos. Por estarem aderidas a um substrato, como as macrófitas aquáticas, lhes é conferido a capacidade de uma boa avaliação do ambiente, através da sua composição e biomassa (Stevenson, 1997).

Ainda, dependendo da disponibilidade de nutrientes, a produtividade epifítica das superfícies das macrófitas pode ser maior que a produtividade da própria macrófita (Moeller et al., 1988). Desta forma, estes produtores primários da zona litorânea (plantas aquáticas e epifíton) contribuem com grande parte da entrada de detritos orgânicos dissolvidos e particulados para o sistema do lago (Wetzel e Likens, 1991). Através de estudos realizados no reservatório de Jurumirim, Moschini-Carlos et al. (1999) compararam a importância da produtividade primária do fitoplâncton, do perifíton e da

macrófita aquática *Echinochoa polystachya* (H.B.K.) Hitch., observando que o perifíton aderido a *E. polystachya* foi o segundo maior produtor.

A clorofila *a* pode ser considerada como uma medida eficiente na avaliação da biomassa fotossintética da comunidade ficoperifítica em ambientes aquáticos e, quando relacionada a fatores físicos e químicos, pode ser utilizada como um indicador das condições tróficas do ambiente (Atayde e Bozelli,1999). De acordo com Moschini-Carlos e Henry (1997), muitos índices baseados em matéria orgânica, peso seco e clorofila podem ser utilizados para classificar o perifíton em substratos artificial e natural, de acordo com autotrofia ou heterotrofia, orgânico ou inorgânico e biomassa.

Este estudo pretendeu avaliar as variações espaciais e temporais da biomassa perifítica em quatro ambientes da planície de inundação do alto rio Paraná durante o ano de 2001. Ainda, foi avaliada a influência de variáveis abióticas sobre a biomassa perifítica e aplicado alguns índices biológicos, procurando-se contribuir para a compreensão ecossistêmica da planície.

## MATERIAL E MÉTODOS

### *Área de estudo*

A área de estudo compreendeu quatro ambientes considerados semi-lóticos, localizados nas imediações do município de Porto Rico (Paraná-Brasil), divisa com o Estado do Mato Grosso do Sul, na planície de inundação do Alto Rio Paraná (Fig.01), assim caracterizados:

Ressaco Bilé (22<sup>o</sup>45'13''S; 53<sup>o</sup>17'9''W) – Localizado na ilha Mutum, com cerca de 582,6m de extensão e largura variável. Apresenta as margens com vegetação ciliar de porte arbóreo. A região litorânea comporta grande quantidade de macrófitas aquáticas.

Ressaco Manezinho (22<sup>o</sup>46'44''S; 53<sup>o</sup>20'56''W) - Situado na ilha Mutum, está separado do rio Paraná por um braço. A margem esquerda é formada por um dique marginal natural onde pode ser observada densa vegetação ripária. Apresenta 100m de comprimento e profundidade média de 2,1m. A região litorânea possui poucas espécies de macrófitas aquáticas (principalmente *E. azurea*).

Ressaco do Pau Veio ( $22^{\circ}44'50''S$ ;  $53^{\circ}15'11''W$ ) - Localizado também na ilha Mutum, se comunica com o rio Paraná na margem direita. Com cerca de 1,2m de extensão e profundidade média de 1,8m, apresenta margem esquerda com uma gradação da vegetação do sistema aquático para o sistema terrestre, compreendida por macrófitas aquáticas (principalmente *E. azurea*) e vegetação ripária arbustiva a arbórea. A margem direita é de vegetação arbustiva e, sua maior parte, utilizada para pastagem.

Ressaco Leopoldo ( $22^{\circ}45'24''S$ ;  $53^{\circ}16'7''W$ ) – Situado na ilha Porto Rico, com aproximadamente 966m de comprimento e profundidade média de 3,1m. As margens direita e esquerda apresentam vegetação ripária.

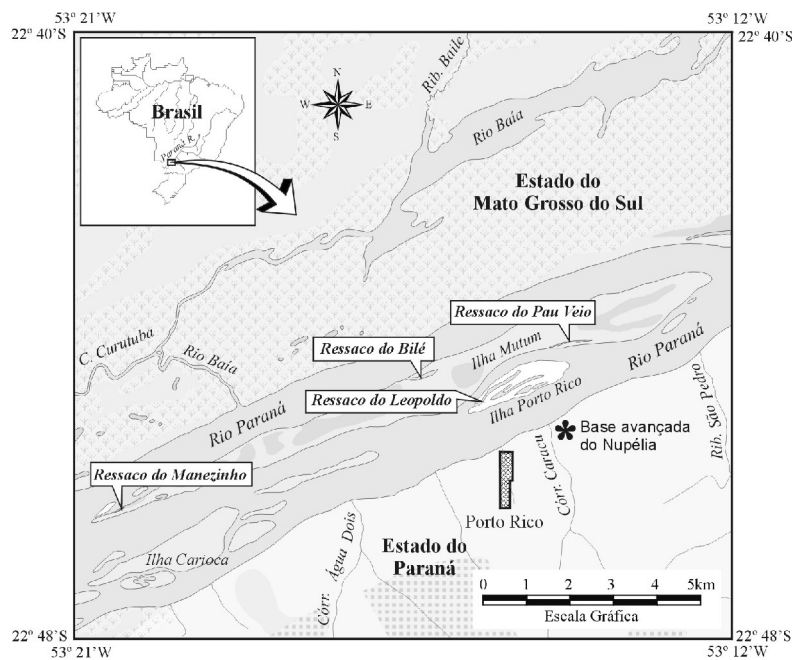


Figura 01: Mapa com a localização dos quatro ambientes semi-lóticos amostrados (Ressaco Bilé, Ressaco Pau-Veio, Ressaco Leopoldo, Ressaco Manezinho) na planície de inundação do alto Rio Paraná, no ano de 2001 e janeiro/fevereiro de 2002.

### Coleta dos dados

Os valores de nível fluviométrico e dos índices pluviométricos do rio Paraná foram fornecidos pela ANA (Agência Nacional das Águas) e obtidos na estação meteorológica de Porto São José (Pr), situado a 17km dos locais de coleta. Os dados obtidos de precipitação pluviométrica e nível fluviométrico foram diários (Fig. 02).

Contudo, para as análises, foram considerados a média de dez dias que antecederam a data de amostragem.

As coletas dos dados foram realizadas mensalmente nos quatro ressacos, durante o período de fevereiro de 2001 a fevereiro de 2002. Em campo, foram determinados os seguintes variáveis limnológicas: temperatura da água (°C), através de termistor digital marca FAC, pH e condutividade elétrica ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ), através de potenciômetros digitais portáteis de campo. Todas as medidas foram realizadas na superfície da água. Em laboratório, foram observados os valores de turbidez através de potenciômetros digitais e alcalinidade total ( $\text{mEq}/\text{l}$ ), segundo o método “Gran”, utilizando-se ácido sulfúrico 0,01 N e obtendo resultados pelo programa ALCAGRAN.

Em cada amostragem, foram coletados dois pecíolos da macrófita aquática *Eichhornia azurea* Kunth. O perifíton foi removido do substrato com auxílio de lâmina de barbear e jatos de água destilada, sendo imediatamente filtrados em filtros GF/F (diâmetro do poro de 0,6-0,7 $\mu\text{m}$ ), sob baixa pressão. Após a filtração, os filtros foram embalados em papel alumínio, devidamente etiquetados e acondicionados em frascos escuros, e congelados em freezer à temperatura de  $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ , por um período de 30 dias aproximadamente.

A biomassa fotossintética do perifíton foi determinada pela clorofila *a*, corrigida da feofitina, pelo método de acidificação com HCL 0,1N. O método utilizado foi o da acetona 90%, macerado no escuro (Golterman *et al.*, 1978). Para determinação do peso seco livre de cinzas e do peso seco das cinzas da comunidade perifítica utilizou-se Schwarzbald (1990).

Para as demais análises, as amostras foram coletadas com periodicidade trimestral, na sub-superfície da água e acondicionadas em gelo. Em laboratório procedeu-se a filtração de parte da água coletada para obtenção dos valores de nutrientes dissolvidos e outra parte foi imediatamente acondicionada em Freezer ( $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) para determinação das frações totais de nitrogênio e fósforo ( $\mu\text{g}/\text{l}$ ). O nitrogênio total (NT) foi determinado através do método de persulfato, segundo APHA (1995); nitrato ( $\mu\text{g}/\text{l}$ ), conforme Mackereth *et al.* (1978); amônia ( $\mu\text{g}/\text{l}$ ), conforme método de Koroleff (1978). O fosfato total (PT), fosfato total dissolvido (PDT) e o ortofosfato ( $\text{PO}_4$ ) ( $\mu\text{g}/\text{l}$ ) foram obtidos através de espectrofotômetro, após reação com Molibdato de sódio, de acordo com Golterman *et al.* (1978).

## *Análise de dados*

### **Análises Estatísticas**

As relações entre a biomassa perifítica (clorofila *a*, peso seco livre de cinzas e peso seco das cinzas) e alguns atributos físicos e químicos (Tab. 2) dos quatro ambientes (Ressaco Pau Veio, Ressaco Manezinho, Ressaco Bilé, Ressaco Leopoldo) foram avaliadas através de correlações de Pearson em seu conjunto e para cada ambiente separadamente.

### **Classificação do Perifíton**

A partir dos dados de clorofila *a* e peso seco e peso seco livre de cinzas foram adotados os índices propostos por Lakatos (1989) e APHA (1995) para a classificação do perifíton. Foram calculados o conteúdo de clorofila *a* (%), além do percentual das cinzas (em % do peso seco total) (Tab. 01).

O índice autotrófico (IA) é o quociente entre os valores de peso seco livre de cinzas e de clorofila *a*. Este índice determina a natureza trófica da comunidade perifítica, sendo que valores superiores a 200 indicam associações heterotróficas (H) e abaixo deste valor é um indicativo de sua natureza autotrófica (A).

Tabela 01: Classificação do perifíton segundo as variações em biomassa.

Tipo	Conteúdo de Cinzas	%
I	Perifíton tipo inorgânico	>75
II	Perifíton tipo inorgânico-orgânico	50 –70
III	Perifíton tipo orgânico-inorgânico	25 – 50
IV	Perifíton tipo orgânico	< 25
Conteúdo de Clorofila <i>a</i>		
I	Perifíton tipo autotrófico	> 0,60
II	Perifíton tipo auto-heterotrófico	0,25 - 0,60
III	Perifíton tipo hetero-autotrófico	0,10 - 0,25
IV	Perifíton tipo heterotrófico	< 0,10

## RESULTADOS

*Nível fluviométrico e pluviométrico na planície de inundação do alto rio Paraná no ano de 2001 e janeiro a fevereiro de 2002*

Durante o período de estudo, o nível das águas do rio Paraná oscilaram entre 3,5 e 2,0m com poucos registros acima de 4m, nos meses de janeiro a abril de 2001 e de janeiro a fevereiro de 2002. Este período foi considerado como de níveis de água mais elevados. De julho a dezembro de 2001 ocorreram os níveis de água mais baixos, com valores inferiores a 2m (Fig.02). O ano de 2001 foi caracterizado como um ano de seca, com valores de precipitação abaixo da média, principalmente de janeiro a maio. Nos meses de julho e agosto praticamente não ocorreram chuvas na região.

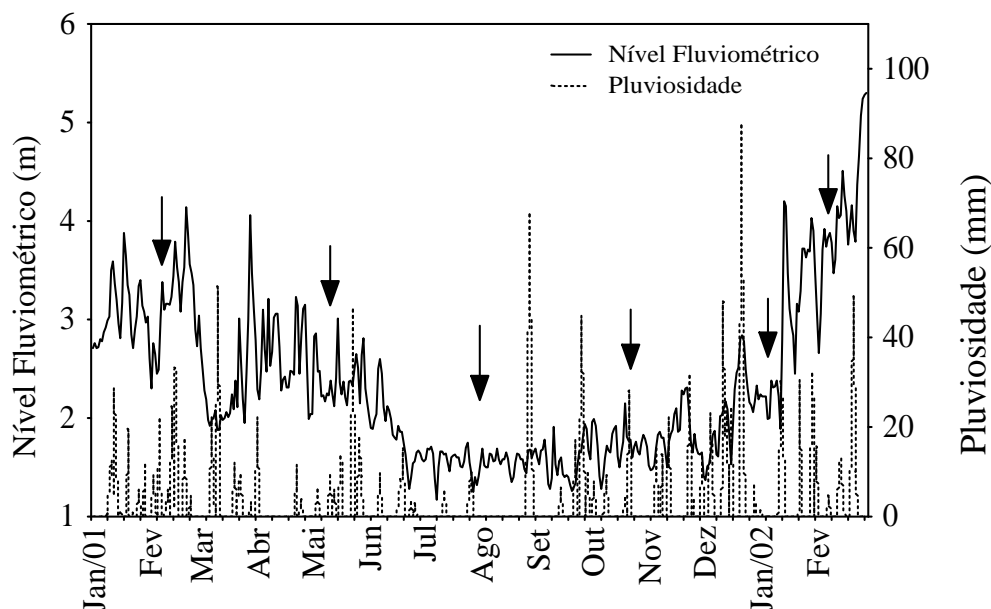


Figura 2. Variação do nível hidrométrico e o índice de pluviosidade no ano de 2001 e de janeiro a fevereiro de 2002 na planície de inundação do alto rio Paraná (dados cedidos pela ANA – Agência Nacional das Águas).

### ***Variações da biomassa perifítica***

Ao longo do período de estudo pode ser observado, independente do local, valores mais elevados dos teores de clorofila *a* nos cinco primeiros meses do ano de 2001 (fevereiro a junho) (Fig. 3). No restante dos meses analisados, os valores apresentaram-se inferiores, também independente do ambiente. Este padrão apresentado pela concentração da clorofila *a* do perifíton é coincidente ao ciclo hidrológico do rio Paraná para o ano de 2001 (Figs. 2 e 3).

Os maiores valores nos teores de clorofila *a* foram registrados em março/01 para o Ressaco do Pau Veio, em fevereiro/01 para os ressacos do Leopoldo e Bile, e em junho

para o ressaco do Manezinho. Por sua vez, os menores valores de concentração de clorofila *a* foram encontrados em agosto/01 para os ressacos do Pau Veio e Manezinho, em setembro para o ressaco do Leopoldo e em julho para o Ressaco do Bile (Fig. 3).

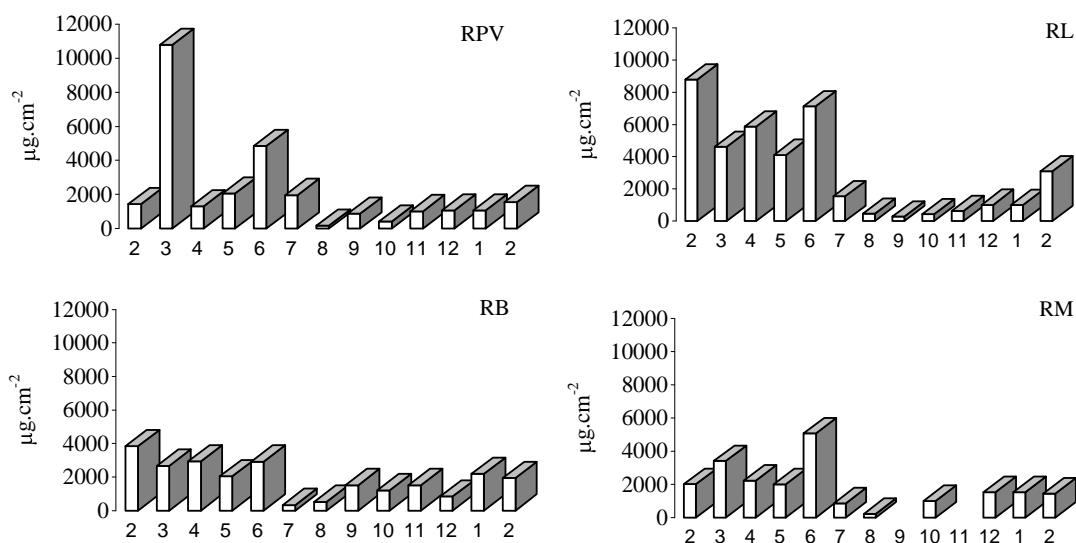


Figura 3: Variação temporal (fevereiro/01 a fevereiro/02) dos teores de clorofila *a* nos quatro ambientes (Ressaco do Pau Veio (RPV), Ressaco do Leopoldo (RL), Ressaco do Bile (RB) e Ressaco do Manezinho (RM)) da planície alagável do rio Paraná.

A Figura 4 mostra os valores do peso seco livre de cinzas (PSLC) e do peso seco das cinzas (PSC) da comunidade perifítica. Ao contrário do observado para a clorofila *a*, não ocorreu para o peso seco um padrão que diferenciasse os meses com nível hidrométrico mais elevado, daqueles com nível hidrométrico mais baixo. Ao longo do período analisado (fevereiro/2001 a fevereiro/2002), os valores mais elevados do peso seco foram registrados para o Ressaco do Pau Veio e os menores valores para o Ressaco do Manezinho.

Os maiores valores de PSLC foram observados em junho/01 para o Ressaco do Pau Veio, em março para o ressaco do Leopoldo, em outubro para o Ressaco do Bile e em fevereiro/02 para o Ressaco do Manezinho. Os menores valores foram constatados em setembro, outubro, julho e agosto, respectivamente para os ambientes Ressaco do Pau Veio, do Leopoldo, do Bile e Ressaco do Manezinho (Fig. 4). Estes últimos meses citados são correspondentes ao período de nível hidrométrico mais baixo do rio Paraná.

Já, os maiores valores de PSC ocorreram em julho/01 para o Ressaco do Pau Veio, em abril para o Ressaco do Bile, em março para o ressaco do Leopoldo e em



fevereiro/02 para o Ressaco do Manezinho (Fig. 4). Nestes dois últimos ambientes, os maiores valores de PSC coincidiram com os maiores valores de PSLC. Finalmente, os menores valores de cinzas para o perifíton foram registrados em fevereiro/02 para os ressacos do Pau Veio e Leopoldo, julho para o ressaco do Bile e agosto para o ressaco do Manezinho. Assim, para os dois últimos ambientes, também os menores valores de PSC coincidiram com os menores valores de PSLC.

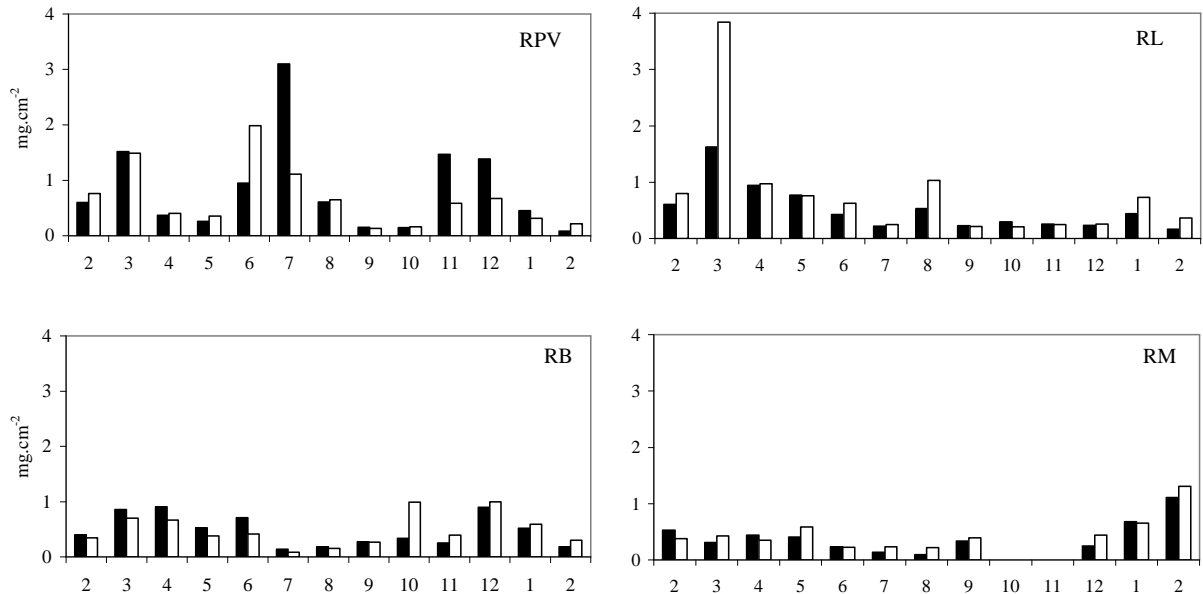


Figura 4: Variação temporal (fevereiro/01 a fevereiro/02) do peso seco livre de cinzas - PSLC (branco) e do peso seco das cinzas – PSC (preto) nos quatro ambientes (Ressaco do Pau Veio (RPV), Ressaco do Leopoldo (RL), Ressaco do Bile (RB) e Ressaco do Manezinho (RM)) da planície alagável do rio Paraná.

### ***Variações limnológicas abióticas e correlações com a biomassa perifítica***

Os dados limnológicos abióticos estão contidos na Tabela 2 e na Figura 2.

Para os quatro ambientes, o nível hidrológico da planície de inundação do alto rio Paraná foi o único fator que apresentou relação com a biomassa fotossintética. A correlação foi positiva com a clorofila *a* da comunidade perifítica ( $r=0,48$ ), sendo que quando o nível foi mais elevado, os teores de clorofila em todos os ambientes também foram altos.

Os teores de clorofila *a* nos quatro ambientes estiveram relacionados com a concentração de nutrientes. O fósforo dissolvido esteve correlacionado negativamente no Ressaco do Pau Veio ( $r= -0,82$ ) e o Ressaco do Manezinho ( $r= -0,82$ ). O nitrogênio total,

nitrato e amônio apresentaram correlação positiva com a clorofila no Ressaco do Leopoldo ( $r= 0,94$ ;  $r= 0,86$ ;  $r= 0,84$ ) e apenas o nitrogênio total correlacionou positivamente no Ressaco do Bile ( $r= 0,83$ ).

O PSLC e o PSC apresentaram correlação positiva com o nível hidrológico da planície de inundação do alto rio Paraná apenas no Ressaco do Manezinho ( $r=0,87$  para PSLC e  $r=0,96$  para PSC). Também, apenas para o ressaco do Manezinho, houve correlação negativa entre a turbidez e o PSLC ( $r= -0,89$ ) e o PSC ( $r= -0,88$ ), indicando que quando a turbidez foi baixa, a biomassa perifítica foi alta.

Tabela 2. Variáveis limnológicas (valores médios  $\pm$  desvio padrão) observadas no ano de 2001 e janeiro a fevereiro de 2002 na região litorânea dos quatro ambientes estudados.

	Nível de água elevado				Nível de água baixo			
	RB	RM	RL	RPV	RB	RM	RL	RPV
pH	6,18	6,39	6,36	6,46	6,72	6,54	6,23	6,24
	$\pm 0,49$	$\pm 0,24$	$\pm 0,38$	$\pm 0,21$	$\pm 0,67$	$\pm 0,39$	$\pm 0,54$	$\pm 0,43$
Temp. água ( $^{\circ}$ C)	28,5	27,64	27,82	28,7	23,9	25,7	26,21	26,17
	$\pm 3,54$	$\pm 2,60$	$\pm 1,82$	$\pm 4,71$	$\pm 3,22$	$\pm 2,68$	$\pm 2,13$	$\pm 3,18$
Turbidez	11,99	6,48	8,57	8,17	14,64	6,88	4,15	9,76
	$\pm 7,04$	$\pm 2,39$	$\pm 6,44$	$\pm 2,81$	$\pm 11$	$\pm 2,64$	$\pm 1,7$	$\pm 4,49$
Alcalinidade (mEq/l)	282,5	291,7	280,6	306,5	223,9	238,0	281,8	274,37
	$\pm 20,2$	$\pm 13,45$	$\pm 53,6$	$\pm 43,7$	$\pm 238,9$	$\pm 236,8$	$\pm 341,9$	$\pm 381,6$
Profundidade (m)	1,11	1,98	3,56	1,12	0,86	1,77	2,52	0,97
	$\pm 0,35$	$\pm 0,58$	$\pm 0,49$	$\pm 0,53$	$\pm 0,35$	$\pm 0,3$	$\pm 1,01$	$\pm 0,43$
Condutividade ( $\mu$ S/cm)	54,62	57,14	58,02	53,3	54,21	53,2	50,42	56,6
	$\pm 9,7$	$\pm 7,78$	$\pm 7,29$	$\pm 5,39$	$\pm 6,32$	$\pm 3,1$	$\pm 8,91$	$\pm 9,97$
NO <sub>3</sub> ( $\mu$ g/l)	74,55	163,15	98,54	119,63	42,90	60,27	44,3	69,7
	$\pm 31,64$	$\pm 80,12$	$\pm 48,85$	$\pm 66,98$	$\pm 31,2$	$\pm 46,7$	$\pm 41,8$	$\pm 56,0$
NH <sub>4</sub> ( $\mu$ g/l)	60,59	46,36	22,31	9,14	42,8	20,4	8,54	17,3
	$\pm 34,74$	$\pm 2,24$	$\pm 9,69$	$\pm 1,34$	$\pm 54,5$	$\pm 16,08$	$\pm 0,37$	$\pm 11,5$
NT ( $\mu$ g/l)	483,5	441,1	378,4	478,9	254,1	318,34	179,09	363,6
	$\pm 143,1$	$\pm 149,5$	$\pm 137,9$	$\pm 127,2$	$\pm 46,78$	$\pm 67,51$	$\pm 37,6$	$\pm 43,09$
PT ( $\mu$ g/l)	41,6	25,33	21,7	21,31	40,05	27,41	14,24	3,16
	$\pm 17,1$	$\pm 15,15$	$\pm 7,71$	$\pm 13,6$	$\pm 16,11$	$\pm 10,53$	$\pm 2,8$	$\pm 1,75$
PDIS ( $\mu$ g/l)	10,8	9,3	7,76	7,79	15,39	14,31	7,12	10,14
	$\pm 5,44$	$\pm 1,21$	$\pm 2,07$	$\pm 2,08$	$\pm 11,01$	$\pm 5,8$	$\pm 2,09$	$\pm 4,9$
PO <sub>4</sub> ( $\mu$ g/l)	5,55	6,91	4,72	9,32	2,28	2,60	3,16	3,88
	$\pm 2,2$	$\pm 1,42$	$\pm 2,06$	$\pm 0,19$	$\pm 0,42$	$\pm 1,36$	$\pm 1,75$	$\pm 2,00$

### Classificação do perifíton

Utilizando as variações da biomassa para a classificação da comunidade perifítica (Lakatos, 1989), observou-se que, de maneira geral, houve uma alternância do perifíton tipo inorgânico-orgânico (II) e do tipo orgânico-inorgânico (III), em cada ambiente e durante o período analisado (Tab. 3). Cabe ressaltar que, apenas no Ressaco do Bile, verificou-se uma separação clara do perifíton tipo inorgânico-orgânico entre os meses de

fevereiro/2001 a setembro e do tipo orgânico-inorgânico entre os meses de outubro/2001 a fevereiro/2002.

Tabela 3: Classificação do tipo de perifiton em substrato natural (*Eichhornia azurea* Kunth) segundo o conteúdo de cinzas, a concentração de clorofila *a* e o Índice Autotrófico (IA) no ano de 2001 e janeiro/fevereiro de 2002 para os ambientes estudados (RPV= Ressaco do Pau Veio; RL= ressaco do Leopoldo; RB= Ressaco do Bile; RM= Ressaco do Manezinho).

Ano/Mês	Locais	% CINZAS	Tipo	COLORO %	Tipo	IA	Tipo
RPV	Fev/01	44.23	III	1.05	I	53	A
	Mar	50.49	II	3.59	I	14	A
	Abr	47.97	III	1.68	I	31	A
	Mai	42.06	III	3.34	I	17	A
	Jun	32.42	III	1.65	I	41	A
	Jul	73.63	II	0.47	II	57	A
	Ago	48.52	III	1.24	I	42	A
	Set	53.62	II	3.02	I	15	A
	Out	47.52	III	1.31	I	40	A
	Nov	71.46	II	0.49	II	58	A
	Dez	67.40	II	0.52	II	63	A
	Jan/02	58.92	II	1.37	I	31	A
	Fev	27.90	III	3.22	I	19	A
RL	Fev/01	42.97	III	6.26	I	90	A
	Mar	29.71	III	0.84	I	83	A
	Abr	49.20	III	3.06	I	17	A
	Mai	50.50	II	2.69	I	18	A
	Jun	40.63	III	6.75	I	90	A
	Jul	47.11	III	3.29	I	16	A
	Ago	33.94	III	0.29	II	227	H
	Set	51.43	II	0.64	I	76	A
	Out	58.44	II	0.86	I	48	A
	Nov	50.73	II	1.23	I	40	A
	Dez	47.51	III	2.08	I	25	A
	Jan/02	37.78	III	0.86	I	73	A
	Fev	31.53	III	5.84	I	12	A
RB	Fev/01	54.04	II	5.13	I	90	A
	Mar	54.85	II	1.71	I	26	A
	Abr	57.49	II	1.86	I	23	A
	Mai	58.04	II	2.26	I	19	A
	Jun	63.08	II	2.59	I	14	A
	Jul	61.56	II	1.42	I	27	A
	Ago	54.28	II	1.57	I	29	A
	Set	50.55	II	2.80	I	18	A
	Out	25.52	III	0.90	I	83	A
	Nov	38.94	III	2.35	I	26	A
	Dez	47.51	III	0.44	II	120	A
	Jan/02	46.93	III	1.97	I	27	A
	Fev	37.55	III	4.05	I	15	A

Continua...

Ano/Mês	Locais	% CINZAS	Tipo	CLORO %	Tipo	IA	Tipo
RM	Fev/01	58.66	II	2.22	I	19	A
	Mar	42.09	III	4.60	I	13	A
	Abr	55.76	II	2.83	I	16	A
	Maio	40.92	III	2.01	I	30	A
	Jun	50.62	II	1.90	I	4	A
	Jul	37.23	III	2.33	I	27	A
	Ago	30.00	III	0.72	I	97	A
	Set	46.49	III	ND	ND	ND	ND
	Dez	36.47	III	2.22	I	29	A
	Jan/02	50.85	II	1.15	I	43	A
	Fev	45.86	III	0.60	I	91	A

ND= não detectado pelo método.

Ainda, usando a clorofila *a* como índice de biomassa perifítica, a comunidade enquadrou-se basicamente como do tipo autotrófica. Da mesma forma, aplicando o índice autotrófico, encontrou-se o estado autotrófico em praticamente todos os ambientes e período. A única exceção foi o Ressaco do Leopoldo, em agosto/01, onde o valor de 227 indicou a presença de associações heterotróficas na comunidade (Tab. 3).

## DISCUSSÃO

Os pulsos de inundação constituem um dos principais fatores reguladores dos processos físicos, químicos e biológicos em planícies de inundação, de forma que a análise do regime hidrológico dos rios associados a esses ecossistemas ocupa papel central na interpretação de seus processos ecológicos (Junk, 1996; Neiff, 1996; Agostinho *et al.*, 1995; Thomaz *et al.*, 1997, Rodrigues e Bicudo, 2004).

Na planície de inundação do alto Rio Paraná, Thomaz *et al.*(1997) caracterizam o pulso como irregular quando comparado a outros rios sul-americanos. A ocorrência de vários pulsos de inundação não permite a delimitação precisa de suas fases de enchente e vazante, sendo característico dois períodos, o de águas altas (entre novembro e maio) e águas baixas (entre junho e outubro). Entretanto, as variações impostas pelos reservatórios localizados a montante (Porto Primavera e Rosana), associado ao baixo nível pluviométrico durante todo o ano de 2001, não permitiu evidenciar essa marcada regularidade entre a fase de águas altas e águas baixas.

Porém, observou-se uma separação entre dois períodos durante o ano de 2001. Um período de níveis mais elevados, que ocorreu de janeiro a junho de 2001. Neste período a frequência dos pulsos apresentou picos mais intensos. De julho a dezembro de 2001, os

níveis foram mais baixos, sendo caracterizados por pulsos de baixa intensidade. Já os meses de janeiro e fevereiro de 2002, o nível do rio Paraná voltou a atingir níveis mais elevados.

De acordo com Agostinho *et al.* (2005), mais de 600 barragens foram construídas no Brasil, principalmente para produzir eletricidade. Conseqüentemente, a biodiversidade de planícies de inundação que se localizam a jusante destes ambientes criados artificialmente pelo homem, como é o caso deste estudo, é afetada pelo controle do regime de cheias através da redução das áreas de planície alagada, retenção de nutrientes e alteração nos habitats proporcionada pela erosão.

Os teores de clorofila *a* da comunidade perifítica mostraram, assim como o nível hidrométrico do rio Paraná, a existência de um padrão temporal nos ambientes e períodos estudados. O único fator que apresentou correlação com a variação de clorofila *a* foi o nível hidrológico. O incremento de biomassa fotossintética do perifíton foi maior no período de níveis mais elevados para todos os locais analisados.

Estes dados corroboram o exposto por Thomaz *et al.* (2004) para a comunidade de macrófitas aquáticas. Os autores afirmam que, para os ambientes conectados diretamente ao rio Paraná, a elevação do nível de água promove um aumento da transparência do nível de água, aumento das formas de nitrogênio e aumento de macrófitas aquáticas submersas. Acredita-se que o aumento de macrófitas, aliado aos demais fatores mencionados pelos autores, contribuíram diretamente para o aumento de propágulos de algas metafíticas e/ou perifíticas e, conseqüentemente, para um aumento da biomassa perifítica. Felisberto e Rodrigues (2005) verificaram esta correlação para o Reservatório de Rosana.

Com a elevação do nível do rio Paraná, os ambientes com ampla conexão com a calha principal do rio, como é o caso dos quatro ressacos estudados, recebem maior aporte de nutrientes, com destaque para o nitrogênio. O nitrogênio total, nitrato e amônio apresentaram correlação positiva com a clorofila no Ressaco do Leopoldo e o nitrogênio total correlacionou positivamente no Ressaco do Bile. Os outros dois ambientes não apresentaram relação com este nutriente. Entretanto, apresentaram correlação negativa com as formas de fósforo e a clorofila, indicando que com a diminuição das formas inorgânicas de fósforo, houve aumento na clorofila do perifíton. Liboriussen e Jeppesen (2006) também encontraram forte correlação entre o aumento da biomassa perifítica e o incremento de nitrogênio.

Além da melhor disponibilidade de nutrientes (nitrogênio), a temperatura mais elevada durante os níveis de água mais elevados, deve ter propiciado aumento da atividade metabólica da comunidade, levando a um processo mais acelerado de biomassa. Conforme Denicola (1996), embora a temperatura não seja usualmente limitante para a biomassa e produção primária das algas perifíticas, a mesma estabelece um limite de produção quando outras variáveis são ótimas.

O peso seco livre de cinzas não seguiu a mesma tendência da clorofila *a*, já que nem sempre foi mais elevado no período de níveis de água mais elevados (Fig. 4). Esta diferença pode ser devida à maior representação de organismos não autotróficos. As menores profundidades dos sistemas em períodos de níveis mais baixos de água, entretanto, devem ter provocado a ressuspensão do sedimento e dos detritos, aumentando a interação da comunidade perifítica com o compartimento do fundo dos sistemas.

De acordo com Rodrigues *et al.* (2001), a planície de inundação do alto rio Paraná, através do percentual de cinzas, conteúdo de clorofila *a* e índice autotrófico, pode ser considerada predominantemente apresentando uma comunidade perifítica autotrófica para o período de águas altas e heterotrófica para o período de águas baixas. Os dados levantados não corroboram tal afirmação. Quando se levou em conta apenas um tipo de ambiente, os ressacos, a tendência durante o ano todo foi para condição autotrófica do perifíton. Os valores dos índices autotróficos estiveram dentro da faixa considerada usual das comunidades perifíticas de sistemas não poluídos e sem distorções pela presença acentuada de detritos (APHA, 1995). Apenas o Ressaco do Leopoldo, em agosto, apresentou tendência à heterotrofia.

A área da planície de inundação do alto rio Paraná estudada constitui a última porção não represada no território brasileiro. Entretanto, o segmento fluvial do rio Paraná é palco de um conjunto de modificações proporcionado pela formação de reservatórios (UHE Porto Primavera, UHE Rosana) e pela crescente incorporação das áreas remanescentes ao sistema produtivo (como extração da *Pfaffia* e cultivo de arroz). Os resultados indicam claramente o papel chave do regime hidrológico sobre a biomassa perifítica em ambientes com ampla conexão com a calha principal do rio Paraná. Considerando que biomassa perifítica pode representar importante transferência energética para outros níveis tróficos, reforça-se a necessidade de quantificar os eventos perturbatórios sobre as comunidades e a magnitude do impacto antrópico causado pela regulação artificial da vazão do rio Paraná, para um real entendimento da dinâmica funcional desse ecossistema.

## REFERÊNCIAS

- AGOSTINHO, A. A. *et al.* The high Paraná river basin: limnological and ichthyological aspects. *In: TUNDISI, J. G., et al. (Ed.). Limnology in Brazil.* Rio de Janeiro, ABC/SBL, 1995. cap. 4, p.59-104.
- AGOSTINHO, A. A. *et al.* Conservation of the biodiversity of Brazil's Inland waters. *Conservation Biology*, Malden, v. 19, n. 3, p. 646-652, 2005.
- APHA. *Standard methods for the examination of water and wastewater.* Washington: Byrd Prepress Springfield, 1995.
- ATTAYDE, J. L.; BOZELLI, R. L. Environmental heterogeneity patterns and predictive models of chlorophyll a in a Brazilian coastal lagoon. *Iheringia*, Porto Alegre, v. 390, p.129-139, 1999.
- CARIGNAN, R. E J.J. NEIFF. Nutrient dynamics in the floodplain ponds of the Paraná River (Argentina) dominated by *Eichhornia crassipes*. *Biogeochemistry*, Dordrecht, v. 17, p. 85-121, 1992.
- DENICOLA, D. M. Periphyton responses to temperature at different ecological levels. *In: STEVENSON, R. J. et. al (Ed.). Algal Ecology: Freshwater Benthic Ecosystems.* San Diego: Academic Press. 1996. cap. 6, p. 150-176.
- FELISBERTO, S.A., RODRIGUES, L. Influência do gradiente longitudinal (rio-barragem) na similaridade das comunidades de desmídias perifíticas. *Rev. Bras. Bot.*, São Paulo, v. 28, n. 2, p. 241-254, 2005.
- GOLTERMAN, H. L. *et al. Methods for physical and chemical analysis of fresh waters.* Oxford: Blackwell Scientific, 1978.
- JUNK, W.J. Ecology of floodplains - a challenge for tropical limnology. *In: SCHIEMER, F.; BOLAND, K.T. (Ed.) Perspectives in Tropical Limnology.* Amsterdam, SPB Academic Publ, 1996, p.255-265.
- KOROLEFF, K. Determination of ammonia. *In: GRASSHOFF, K.; KREMLING, E. (Ed.) Methods of seawater analysis.* Winhein: Verlag Chemie, 1978. p. 126-133.
- LAKATOS, G. Composition of reed periphyton (biotecton) in the Hungarian part of Lake Fertö. *Biol. Forschun. Für Burg*, v. 71, p. 125-134, 1989.
- LAMBERTI, G. A. The role of periphyton in benthic food webs. *In: STEVENSON, R. J et al. (Ed.). Algal Ecology: freshwater benthic ecosystems.* San Diego: Academic Press, 1996. cap. 17, p. 533-572.
- LIBORIUSSEN, L.; JEPPESEN, E. Structure, biomass, production and depth distribution of periphyton on artificial substratum in shallow lakes with contrasting nutrient concentrations. *Freshwater Biology*, Oxford, v.51, p. 95-109, 2006.
- MACKERETH, F. Y. H. *et al.* Water analysis: Some revised methods for limnologists. *Fresh. Biol. Assoc.*, Amlside, v.30, 120p, 1978.
- MOELLER, R. E. *et al.* Significance of sedimentary phosphorus to a rooted submersed macrophyte (*Najas flexilis* (Willd.) Rostk. and Schmidt) and its algae epiphytes. *Aquatic Botany*, Amsterdam, v. 32, p. 261-281, 1988.

- MOSCHINI-CARLOS, V.; HENRY, R. Aplicação de índices para a classificação do perifíton em substratos natural e artificial, na zona de desembocadura do rio Paranapanema (represa de Jurumirim), SP. *Rev. Bras. Biol.*, Rio de Janeiro, v. 57, n. 4, p. 655-663, 1997.
- MOSCHINI-CARLOS, V. *et al.* Dinâmica da Comunidade Perifítica na Zona de Desembocadura do Rio Paranapanema: Represa de Jurumirim, SP. *In: HENRY, R. (Ed.). Ecologia de Reservatórios: Estrutura, Função e Aspectos Sociais.* Botucatu: Fundibio: Fapesp, 1999. cap. 24, p.711-734.
- NEIFF, J.J. Ideas for the ecological interpretation of the Paraná River. *Interciência*, Caracas, v. 15, n. 6, p. 424-441, 1990.
- NEIFF, J.J. Large rivers of South America: toward the new approach. *Verh. Internat. Verein. Limnol.*, Stuttgart, v. 26, p. 167-180, 1996.
- NEIFF, J.J. *et al.* The effect of prolonged floods on *Eichhornia crassipes* growth in Paraná River floodplain lakes. *Acta Limnol. Bras.*, Botucatu, v. 13, n. 1, p. 51-60, 2001.
- RODRIGUES, L.; BICUDO, D. E. Periphytic algae. *In: THOMAZ, S. M.; et al. (Ed.) The upper Paraná River and its floodplain: physical aspects, ecology and conservation.* Holanda: Ed. Backhuys Publishers, 2004. cap.6, p. 125-143.
- SCHWARZBOLD, A. Métodos ecológicos aplicados ao estudo do perifíton. *Acta Limnol. Bras.*, Botucatu, v.3, p.545-592, 1990.
- STEVENSON, R. J. Scale-dependent determinants and consequences of benthic algal heterogeneity. *Journal of the North American Benthological Society*, Lawrence, v.16, n.1, p. 248-262, 1997.
- THOMAZ, S. M. *et al.* Caracterização limnológica dos ambientes aquáticos e influência dos níveis fluviométricos. *In: VAZZOLER, A.E.A.M; et al. (Ed.). A Planície de Inundação do Alto Rio Paraná.* Maringá: EDUEM, 1997, p.73-102.
- THOMAZ, S. M. *et al.* Limnology of the Upper Paraná Floodplain habitats: patterns of spatio-temporal variations and influence of the water levels. *In: AGOSTINHO A. A. et al. (Ed.) Structure and functioning of the Paraná River and its floodplain.* Maringá: EDUEM, 2004. cap. 7, p.37-42.
- WETZEL, R. G. Benthic Algae and Nutrient Cycling in Lentic Freshwater Ecosystems. *In: STEVENSON, R. J. et al. (Ed.). Algal Ecology: Freshwater Benthic Ecosystems.* San Diego; New York; Boston; London; Sydney; Tokyo e Toronto. ACADEMIC PRESS, 1996. cap. 20, p.641-667.
- WETZEL, R. G.; LIKENS, G. E. *Limnological analysis.* 2 ed. New York: Springer-Verlag, 2000.



# RIQUEZA E DIVERSIDADE $\beta$ DAS DIATOMÁCEAS PERIFÍTICAS EM QUATRO AMBIENTES DA PLANÍCIE DE INUNDAÇÃO DO ALTO RIO PARANÁ.

## RESUMO

No período de fevereiro de 2001 a janeiro de 2002 foram amostrados quatro ambientes semilóticos, na planície de inundação do Alto Rio Paraná, com o objetivo de conhecer a riqueza da assembléia de diatomáceas perifíticas e verificar a similaridade entre suas diatomoflóculas. Também foi avaliada a suficiência amostral do levantamento. Foram registrados 322 táxons, distribuídos em 57 gêneros. Os gêneros que apresentaram o maior número de táxons específicos ou infraespecíficos foram *Eunotia* com 37 táxons (11% do total), seguido por *Navicula* com 35 (10,4%). Os valores de diversidade beta foram mais dissimilares temporalmente do que espacialmente e os estimadores de riqueza evidenciaram a necessidade de maior esforço amostral para avaliar a riqueza do sistema. De maneira geral, a maior riqueza foi observada em período de maior elevação do nível hidrológico do rio Paraná, o que deve estar relacionado à maior disponibilidade de nutrientes (principalmente de nitrogênio), ao maior aporte de propágulos na coluna de água e ao regime dos frequentes e mais intensos pulsos de inundação.

## ABSTRACT

In the period of February of 2001 the January of 2002 four semilotic environments had been showed, in the Upper Paraná River floodplain, with the objective to know the riches of the assembly of diatoms periphytic and to verify the similarity between its diatomoflorule. Also the amostral sufficiency was evaluated. They had been registered 322 taxa, distributed in 57 genera. The genus that had presented the biggest number of taxa had been *Eunotia* with 37 taxa (11% of the total), followed for *Navicula* with 35 (10.4%). The values of diversity beta had been more dissimilar temporally of that spatially and the estimators evidenced the necessity of bigger amostral effort to evaluate the richness of the system. In general, the biggest riches was observed in period of bigger hydrologic level of the Paraná river, what it must be related to the biggest availability of nutrients (mainly of nitrogen), to the greater entrance of propagate in the column of water and to the regime of the frequent and more intense pulses of floodplain.

## INTRODUÇÃO

As diatomáceas (Bacillariophyta) constituem um grupo de algas unicelulares, solitárias ou coloniais encontradas em praticamente todos os tipos de ambientes e em todas as latitudes do globo. Compreendem uma parte substancial da flora dulceaquícola, sendo geralmente abundantes nas comunidades planctônica e perifítica (Round, 1991). Sua principal característica é a parede celular composta por sílica, denominada de frústula, composta por duas metades que se encaixam. A taxonomia das diatomáceas se baseia na morfologia da valva e sua ultra-estrutura (Cox, 1997).

Economicamente, estas algas podem ser utilizadas na indústria, principalmente as fósseis (terra de diatomáceas ou, quando compactada, diatomito), como material filtrante, abrasivo, isolante térmico ou de ruídos, e ainda, como indicadores de camadas que apresentam petróleo e gás natural (Carter-Lund e Lund, 1995). Ecologicamente, dados de composição das espécies de diatomáceas, sua presença ou ausência, abundância relativa ou ainda sua densidade, podem revelar excelente(s) indicador(es) biológico(s) das condições ambientais (Patrick e Reimer, 1966, Lowe, 1974; Lange-Bertalot, 1979; Cox, 1997; Lobo e Torgan, 1988; Lobo e Bender, 1998; Lobo et al., 1991; 1994; 1995; 1996 e 2002).

Round (1993) levanta pontos sobre as vantagens na utilização dos táxons de diatomáceas para estudos da qualidade de água, onde se destaca: a) sua ocorrência é universal ao longo dos rios; b) rapidez, facilidade de amostragem; c) as diatomáceas são muito sensíveis à alteração na qualidade de água (características físicas e químicas), eutrofização e poluição; d) o ciclo de vida rápido e resposta rápida as perturbações ambientais (conseguem ocupar um substrato em apenas 2 horas após a exposição); e) as frústulas podem ser contadas em microscópio óptico rapidamente e com precisão; f) número de células por unidade de área do substrato é alto; fazendo randomização se obtém uma excelente amostragem; g) as lâminas para identificação das diatomáceas são permanentes e podem ser feitas comparações a qualquer tempo com qualquer trabalho; h) o material limpo pode ser preservado, re-checado quantas vezes for necessário e distribuído para outros laboratórios; i) grande parte das diatomáceas são encontradas em muitos locais no mundo todo, o que nos fornece um imenso banco de dados; j) a população de diatomáceas logo após um agente estressor, apresenta rápida recuperação; k) pode ser usada somente a espécie dominante, se sua ecologia é conhecida.

No Brasil, os trabalhos taxonômicos sobre diatomáceas tiveram início na década de 60, na Universidade Federal do Paraná, com o Doutor Hermes Moreira Filho. Pesquisas utilizando diatomáceas como indicadores da qualidade de água, na sua maioria, tiveram maior atenção somente no final da década de 80 e estão localizados principalmente nas regiões Sul e Sudeste do país, sendo direcionadas para ambientes lóticos (Lobo e Torgan, 1988; Rosa et al., 1988; Lobo et al., 1991, 1994, 1995 e 1996; 2004; Mourthé-Junior, 2000; Souza, 2002, este último para a região centro-oeste). Para a planície de inundação do alto rio Paraná, nenhum trabalho ainda foi publicado especificamente para este grupo de algas, seja sob a ótica taxonômica ou ecológica.

Dessa forma, num primeiro passo, buscou-se conhecer a riqueza da assembléia de diatomáceas perifíticas existente em quatro ambientes com ampla conexão com o rio Paraná - Ressaco do Pau Veio, Ressaco do Leopoldo, Ressaco do Bile e Ressaco Manezinho. Também foi avaliada a suficiência amostral do levantamento, utilizando diferentes estimadores, baseados nos dados de frequência das espécies. Por último, buscou-se verificar a similaridade entre a flórmula de diatomáceas perifíticas encontrada nos ambientes, durante o ano de 2001.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

No período de fevereiro de 2001 a janeiro de 2002 foram amostradas quatro estações localizadas em quatro ambientes considerados semilóticos, localizados nas imediações do município de Porto Rico (Paraná-Brasil), divisa com o Estado do Mato Grosso do Sul, na planície de inundação do Alto Rio Paraná. Três dos locais amostrados situam-se na ilha Mutum, sendo elas o Ressaco Bilé ( $22^{\circ}45'13''S$ ;  $53^{\circ}17'9''W$ ), o Ressaco Manezinho ( $22^{\circ}46'44''S$ ;  $53^{\circ}20'56''W$ ) e o Ressaco do Pau Veio ( $22^{\circ}44'50''S$ ;  $53^{\circ}15'11''W$ ). Apenas o Ressaco do Leopoldo ( $22^{\circ}45'24''S$ ;  $53^{\circ}16'7''W$ ) está situado na ilha Porto Rico (Fig.01).

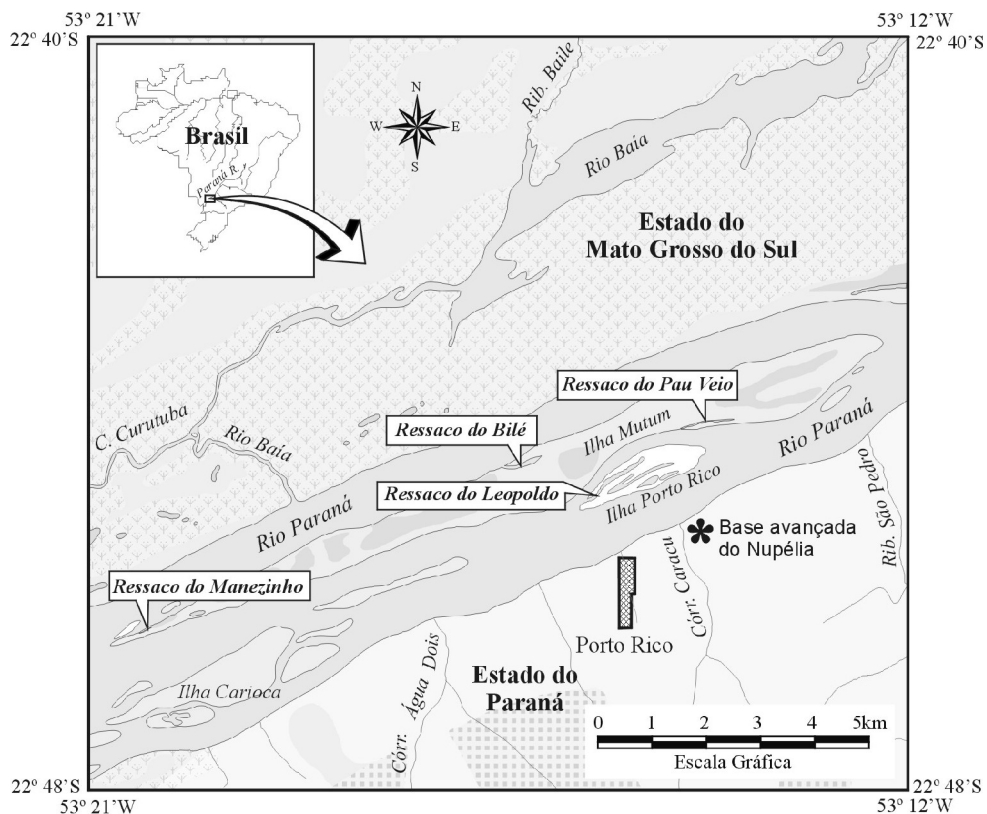


Figura 01. Localização das estações de amostragem na planície de inundação do alto rio Paraná.

A região litorânea nos quatro ambientes apresenta estandes multiespecíficos de macrófitas aquáticas, com dominância de *E. azurea* Kunth., motivo pelo qual esta planta foi escolhida para remo o da comunidade perifítica.

As amostras coletadas, sempre em réplicas, foram acondicionadas em gelo até o laboratório e removidas do substrato com o auxílio de lâmina de a o, protegida com papel alumínio, e jatos de  gua. Logo após, foram fixadas em formalina 4% (Bicudo, 1990).

Para análise taxonômica preparou-se lâminas permanentes oxidadas e não oxidadas, de acordo com Simonsen (1974), utilizando como meio de inclusão Naphrax. Estas foram analisadas em microscópio binocular Olympus CBA-K, munido de ocular para medi o. A identifica o em nível genérico e infragen rico basearam-se em literatura especializada (como Krammer e Lange-Bertalot, 1986, 1988, 1991, 1991a; Patrick e Reimer, 1966) e trabalhos regionais (como Train, 1990, 1991; Moreira, 1990; Ludwig, 1996; Ludwig e Flôres, 1997; Leandrini, 1999). As amostras estão depositadas no Herbário da Universidade Estadual de Maringá (HUM), Paraná.

O sistema de classificação utilizado foi o de Round *et al.* (1990). Considerando que os parâmetros utilizados para identificação foram basicamente de cunho morfológico e, sempre que possível, de análise populacional, para os gêneros não contemplados nesse sistema utilizou-se os sistemas propostos por Krammer e Lange-Bertalot (1986) e Simonsen (1979).

A magnitude da diversidade alfa está relacionada com a riqueza ou número de espécies por unidade de área e a equitabilidade ou distribuição do número de indivíduos por espécies. Portanto para avaliar a diversidade alfa foi utilizado os índices de Shannon-Wiener ( $H'$ ), que atribui maior peso a espécies raras, e o índice de Simpson (D), que é pouco influenciado por espécies raras (Margurran, 1988).

Para verificar a dissimilaridade entre a flórmula de diatomáceas perifíticas encontrada nos ambientes durante o ano de 2001 e nos meses amostrados, foi usado índice de diversidade beta ( $\beta$ ). A diversidade  $\beta$  (beta) avalia, dentre outros processos, as mudanças bióticas ao longo de um gradiente ambiental, medindo a taxa de substituição na composição de espécies de um local para outro (Harrison *et al.*, 1992; Whittaker, 1960). Este índice varia de 0, quando não há diferença na composição de espécies e 1 quando a diferença é máxima.

A avaliação da riqueza de dados foi feita a partir de quatro estimadores, que se baseiam na presença ou ausência das espécies (Chazdon *et al.*, 1998). Utilizou-se o conjunto dos quatro locais como unidade amostral. Os estimadores foram Jackknife (1 e 2), Bootstrap, Incidence-based Coverage Estimator- ICE (Chazdon *et al.*, 1998) e Chao 2 (Chao 1987).

## **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

A assembléia de diatomáceas perifíticas compreendeu, conjuntamente, 322 táxons (Tab. 1), distribuídos em 57 gêneros e três classes: Coscinodiscophyceae, Fragilariophyceae e Bacillariophyceae.

Na classe Coscinodiscophyceae, a qual reúne os táxons com formas cilíndricas, foram registradas as famílias Thalassiosiraceae (1 gênero), Stephanodiscaceae (1), Triceratiaceae (1), Melosiraceae (1), Aulacoseiraceae (1) e Orthoseiraceae (1).

Para a classe Fragilariophyceae, que apresenta como principal característica a ausência de rafe, foi observado apenas a família Fragilariaceae, com nove gêneros.

Para a classe Bacillariophyceae, que engloba os táxons com rafe rudimentar, rafe em apenas uma das valvas (monorrafides) e rafe nas duas valvas (birrafides), foram verificados as famílias Eunotiaceae (2 gêneros), Peroniaceae (1), Cymbellaceae (4), Gomphonemataceae (1), Achnanthaceae (1), Achnanthidaceae (2), Cocconeidaceae (1), Diadesmidaceae (2), Amphipleuraceae (2), Brachysiraceae (1), Neidiaceae (1), Sellaphoraceae (2), Pinnulariaceae (1), Diploneidaceae (1), Naviculaceae (9), Pleurosigmataceae (1), Stauroneidaceae (2), Catenulaceae (1), Bacillariaceae (3), Surirellaceae (2), Rhizosoleniaceae (1) e Rhopalodiaceae (1).

De maneira geral, a maior riqueza foi observada em período de maior elevação do nível hidrológico do rio Paraná (Tab. 1). Este fato deve estar relacionado à maior disponibilidade de nutrientes, principalmente de nitrogênio, ao maior aporte de propágulos na coluna de água e ao regime dos frequentes e mais intensos pulsos de inundação (capítulo 1). De acordo com Winter e Duthie (2000), as diatomáceas apresentam vantagens competitivas perante outros grupos algais em ambientes com baixas a moderadas concentrações de fósforo. Rodrigues e Bicudo (2001) atestam que as perturbações causam grandes mudanças na estrutura da comunidade perifítica na planície de inundação do alto rio Paraná, sendo que as de pequena a moderada intensidade promovem o surgimento de novas classes, onde destacam as diatomáceas, assim como a substituição de espécies. As diatomáceas são consideradas como colonizadoras rápidas e eficientes, sendo capazes de ocupar os substratos em um curto espaço de tempo, como de um dia, até várias semanas. O aumento de macrófitas aquáticas submersas (Thomaz *et al.* 2004) deve ter favorecido o aumento de propágulos de diatomáceas perifíticas, uma vez que seus diminutos tamanhos permitem uma rápida fixação nas menores superfícies, apresentam estruturas especializadas de fixação ao substrato e ainda são favorecidas em sistemas com velocidade de corrente moderada.

Os ressacos, considerados lagoas abertas, são locais que apresentam estreita interação com o rio Paraná, sendo marcadamente afetados por seu regime hidrológico, mesmo que a oscilação seja de baixa intensidade. Esta condição morfométrica permite um fluxo contínuo da corrente, onde mesmo com a menor profundidade dos ambientes em períodos de nível hidrométrico baixo pode ocorrer a ressuspensão do sedimento. Tais processos podem ainda promover um aumento dos nutrientes no meio, principalmente

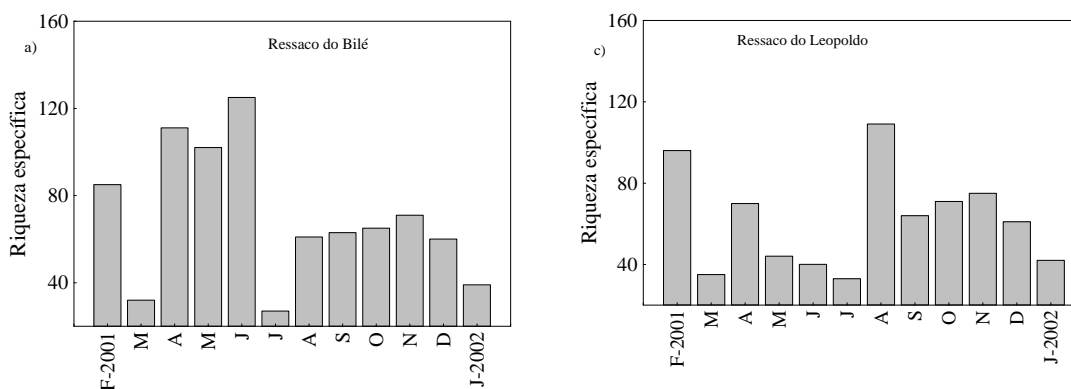
das formas inorgânicas de nitrogênio. Esta mesma situação foi registrada por Rodrigues e Bicudo (2001) para o Ressaco do Pau Véio.

De um modo geral, observou-se que no primeiro semestre do ano de 2001, os valores de riqueza nos ambientes apresentaram maior variação, quando comparado aos meses do segundo semestre, particularmente entre setembro e dezembro (Fig.2).

Analisando a ocorrência de táxons por ambiente, o Ressaco do Leopoldo apresentou as menores oscilações quanto ao número de espécies ao longo do ano de 2001 e foi o único em que o maior registro se deu em agosto (Fig. 2), período de menor nível hidrométrico na planície de inundação do alto rio Paraná e praticamente ausência total de chuvas (capítulo 1). Este fato deve estar relacionado às características morfométricas e hidrodinâmicas do local, uma vez que o mesmo apresenta uma elevada barra de soldagem, com uma vegetação ripária mais preservada do que nos outros três ambientes, sendo a entrada de água feita praticamente apenas pelo canal de ligação. Já, para o Ressaco do Bilé, o maior valor foi verificado no mês de junho, enquanto que para os ressacos do Pau Véio e do Manezinho, os maiores valores foram no mês de fevereiro (Fig. 2).

Por sua vez, o mês de julho apresentou um baixo número de táxons em todos os ressacos (Fig. 02). Também se observou esta tendência na diminuição de espécies para todos os ambientes nos meses de março e de janeiro de 2002.

Em ordem crescente, o Ressaco do Leopoldo apresentou o menor número de espécies (197), sendo seguido pelo Ressaco do Pau Véio com 205, o Ressaco do Manezinho com 218 e, finalmente, o Ressaco do Bilé com o maior número de táxons registrados (222). Os ambientes, de forma geral, apresentaram em média 36% de sua flora diatomológica constituída de espécies raras, ou seja, espécies de baixa frequência de ocorrência.



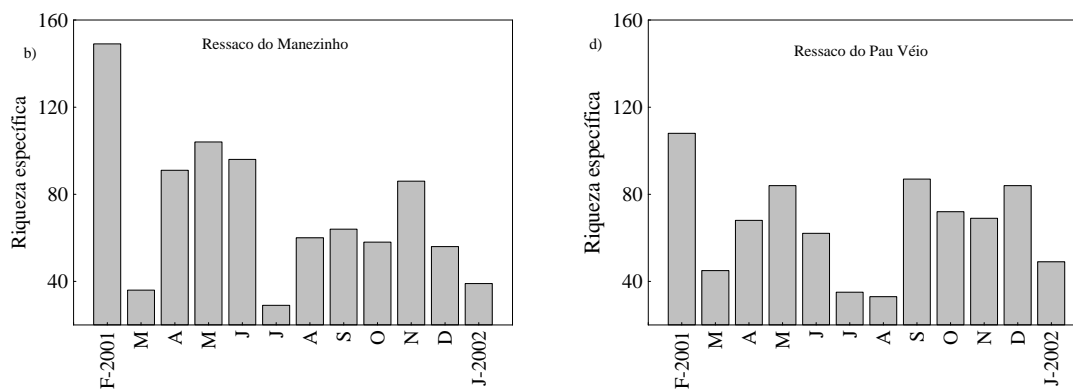


Figura 02. Número de táxons encontrados entre fevereiro de 2001 a janeiro de 2002 nos Ressacos do Bilé (a), Manezinho (b), Leopoldo (c) e Pau Vêio (d), na planície de inundação do alto rio Paraná.

No conjunto, os gêneros que apresentaram o maior número de táxons específicos ou infraespecíficos foram: *Eunotia* com 37 táxons (11% do total), *Navicula* com 35 (10,4%), *Nitzschia* com 30 táxons (8,9%), *Pinnularia* com 28 (8,3%) e *Gomphonema* com 22 táxons (6,58%). Na sequência, apareceram os gêneros *Surirella* com 13 táxons (3,9%), *Fragilaria* e *Achnanthes* com nove (2,7%), *Aulacoseira*, *Neidium* e *Sellaphora* com oito (2,4% cada), *Encyonema* e *Placoneis* com sete táxons (2,1%), *Brachysira*, *Cyclotella* e *Stauroneis* com seis (1,8%), *Caloneis*, *Diploneis* e *Luticula* com cinco (1,4%), *Achnantheidium*, *Cocconeis*, *Cymbella*, *Frustulia*, *Hippodonta*, *Nupela* e *Staurosira*, cada qual com quatro táxons (1,2%). Os demais gêneros (Tab. 01) corresponderam a menos que um por cento do total de espécies. As estruturas especializadas de fixação ao substrato, como curtos ou longos pedúnculos mucilaginosos (*Gomphonema*), produção de matrizes mucilaginosas (tais como em *Cymbella*, *Frustulia*, *Nitzschia* e *Navicula*) e colônias em forma de estrela ou de ramos, fixas pela base (como *Eunotia* e *Fragilaria*) deve ter promovido vantagem competitiva a este grupo de diatomáceas.

Dos táxons registrados, 111 podem ser considerados comuns a todos os ambientes (frequência de ocorrência entre 10 - 50%), 44 podem ser consideradas constantes (frequência de ocorrência superior a 50%) e os demais (167) podem ser considerados raros, uma vez que ocorreram em menos de 10% do total amostrado (Tab.1).

Considerando as espécies comuns a todos os ambientes e ao longo do período analisado, verificou-se que *Achnantheidium minutissimum* foi o táxon predominante. Considerada como espécie pioneira, hábil em manter taxas de crescimento positivas nos



estágios finais de sucessão, imigrante rápida, cosmopolita, e com boa amplitude ecológica, é geralmente tida como dominante em ambientes onde há corrente de água, além de constantes trocas de matéria (Stevenson *et al.*, 1991). Sua estratégia de aderência ao substrato é através de fios mucilaginosos secretados pelo poro apical, o que lhe permite um alcance maior de luz e nutrientes. De acordo com Winter e Duthie (2000) esta espécie tem seu ótimo de desenvolvimento quando há variação alta entre os valores de NT e PT, e principalmente quando as concentrações de NT são maiores.

Analisando os táxons registrados por ambiente, para o Ressaco do Bile, 89 podem ser considerados comuns, 43 podem ser consideradas constantes e os demais (74) podem ser considerados raros, ocorrendo em menos de 10%. Das espécies observadas e consideradas exclusivas para este ambiente, sete podem ser consideradas constantes: *Navicula drouetiana*, *Neidium hictchochii*, *Opephora olsenii*, *Pinnularia brebissonii*, *Pinnularia subumbrosa*, *Pinnularia umbrosa*, *Surirella* sp. As demais, devido a sua baixa ocorrência, foram consideradas raras (*Actinella parabusta*, *Brachysira* sp., *Cocconeis placentula* var. *lineata*, *Cocconeis placentula* var. *placentula*, *Cymbella naviculiformis*, *Diploneis elliptica*, *Eunotia elongata*, *Fragilaria brevistriata*, *Fragilaria crassa*, *Fragilaria* sp1, *Gomphonema costei*, *Gomphonema entollejum*, *Gomphonema mexicanum*, *Gyrosigma scalproides*, *Navicula arvensis*, *Navicula lensi*, *Navicula minusculoides*, *Nitzschia frustulum*, *Nitzschia* sp4, *Nitzschia paleacea*, *Pinnularia braunianna*, *Pinnularia biceps*, *Pinnularia subcapitata* var. *subrostrata*, *Placoneis placentula*, *Surirella splendida* var. *robusta*.

Para o Ressaco do Manezinho, dos 218 táxons registrados, 101 podem ser considerados comuns, 44 podem ser considerados constantes e os demais (73) podem ser considerados raros ocorrendo em menos de 10%. Dentro das espécies observadas exclusivamente para este ambiente e que apresentaram baixa frequência de ocorrência estão *Achnanthes coarctata*, *Achnanthes holsatica*, *Achnanthes peragalli*, *Achnantidium exiguum* var. *constricta*, *Actinella brasiliensis*, *Caloneis lauta*, *Eunotia pararobusta*, *Eunotia pectinalis* var. *ondulata*, *Eunotia pectinalis* var. *minus*, *Eunotia rhomboides*, *Fragilaria montana*, *Gomphonema olivacium*, *Gomphonema lepidum*, *Navicula kuelbissi*, *Navicula porifera* var. *porifera*, *Navicula pseudobriophyla*, *Navicula rychoncephala*, *Navicula submuralis*, *Navicula subrotundata*, *Neidium iridis*, *Nitzschia eufleriana*, *Nitzschia compressa*, *Nitzschia sigma*, *Nupela astartiella*, *Peronia* sp., *Pinnularia similiformes*, *Pinnularia subrostrata*, *Stauroneis phoenicenteron* var. *braunii* e *Surirella obtusiuscula*.

Para o Ressaco do Pau Veio, verificou-se que 87 táxons podem ser considerados comuns, 43 podem ser considerados constantes e os demais (75) podem ser considerados raros ocorrendo em menos de 10%. Algumas das espécies de algas foram registradas somente para este ressaco, tais como: *Achnantidium microcephalla*, *Encyonema neomesianum*, *Achnanthes blancheanum*, *Achnanthes* cf. *atomoides*, *Achnanthes ruspetoides*, *Caloneis byalina*, *Diploneis finnica*, *Encyonema vulgare*, *Eunotia longicoli*, *Eunotia patricae*, *Falacia insociabilis*, *Gomphonema inosense*, *Luticula langerheimii*, *Navicula dolomitica*, *Navicula clementis*, *Nitzschia delicatissima*, *Nupela lesotensis*, *Pinnularia flama*, *Sellaphora amoena*, *Sellaphora tapayasensis*, *Surirella stalagama* e *Urosolenia* sp. Estes táxons podem ser considerados raros, já que ocorreram menos que 10 % das amostras coletadas de amostragem.

Para o Ressaco do Leopoldo, 83 táxons de diatomáceas podem ser considerados comuns, 37 podem ser considerados constantes e os demais (77) podem ser considerados raros. Dentre estes, aqueles que foram encontrados somente neste ambiente foram: *Asterionella* sp., *Brachysira brebissonii*, *Brachysira liliana*, *Diploneis subconstricta*, *Hippodonta neglecta*, *Kobayasia pseudosubtilissim*, *Navicula latens*, *Kobayasia subtilissima*, *Nitzschia brevissima*, *Placoneis jatobensis*, *Placoneis surinamensis*, *Planothidium lanceolatum*, *Staurosirella pinnata* var. *intercedens* e *Surirella bisseriata*.

### ***Estimadores de Riqueza e Diversidade $\beta$***

Os valores de riqueza estimados para os quatro ambientes da planície de inundação do alto rio Paraná, a partir dos dados de frequência das espécies, estão apresentados na Figura 03. Todos os estimadores apresentaram tendência de crescimento, não havendo estabilidade na assíntota.

A riqueza para os quatro ambientes estudados, no total de 322 táxons, apresentaram maior proximidade com os estimadores Jackknife 1 (165 – 436) e o Bootstrap (118 – 375) durante o ano de 2001 e janeiro de 2002. Mesmo assim, não se pode considerar como sendo uma boa resposta amostral.

O índice Jackknife 2 foi o que mais superestimou a riqueza das espécies. é sensível ao número de amostra com indivíduos únicos (Chalzdou *et al.*, 1998) e este fato foi bastante comum para os quatro ambientes amostrados.

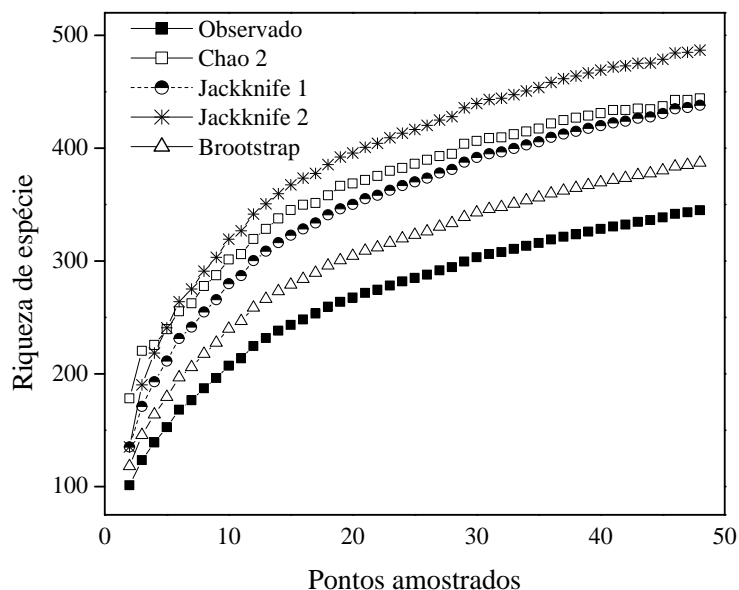


Figura 03. Curvas acumuladas dos estimadores para os quatro ambientes amostrados na planície de inundação do alto rio Paraná.

Os estimadores são sensíveis ao tamanho da amostra, principalmente quando a relação riqueza número de amostras é pequeno (Gaston, 1996). A aplicação dos estimadores para os quatro ambientes deixa evidente a necessidade de um esforço amostral mais adequado, a fim de avaliar melhor a riqueza destes locais.

Levanta-se duas hipóteses para explicar a necessidade de um melhor esforço amostral. A primeira é que locais com características ambientais variadas permitem a instalação de diferentes espécies, levando a uma diversidade altíssima. A segunda é que a dimensão do ambiente estudado, associado às perturbações, como oscilação constante do nível, podem provocar um processo sucessional, com conseqüente aumento da riqueza de espécies colonizadoras, como é o caso das diatomáceas.

O ressaco do Leopoldo apresentou menores oscilações quanto ao numero de espécies ao longo do ano, os demais ressacos tiveram valores mais discrepantes entre um mês e outro (Fig. 4). De forma geral os valores de equitabilidade demonstraram que as amostras eram apresentavam uma alta diversidade, já os meses que apresentaram uma menor equitabilidade, e demonstram que há dominância de espécies provavelmente devido a instabilidade do sistema aquático neste período, propiciando o desenvolvimento de *Achnantheidium minutissimum* apresentou-se dominante ao longo de quase todo o período, principalmente no período em que o nível hidrométrico esteve mais alto, declinando nos períodos mais secos. Já os valores observados apresentados nos meses

de dezembro e janeiro apresentaram maior uniformidade na distribuição dos indivíduos nos ambientes estudados.

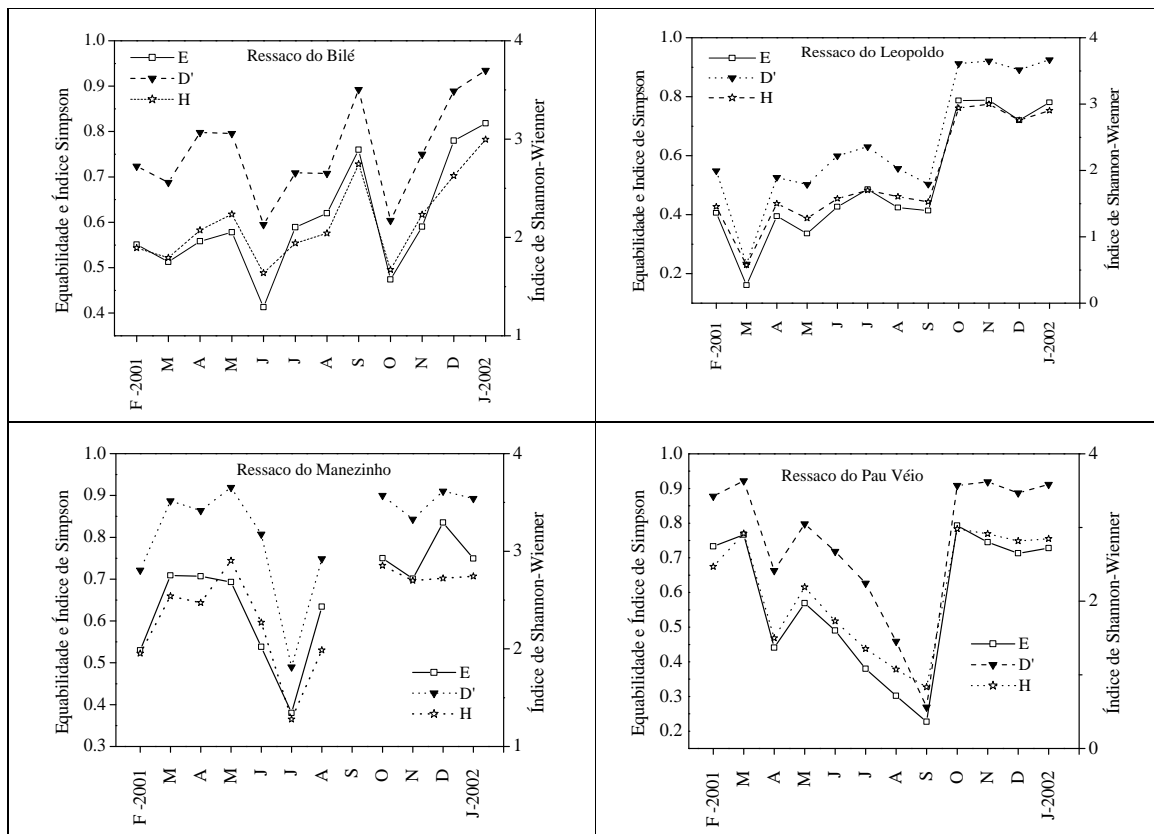


Figura 4. Índice de diversidade Shannon-Wiener ( $H'$ ), e o índice de Simpson ( $D'$ ), para os táxons de diatomáceas observados no ano de 2001 e janeiro de 2002 para as estações amostradas na planície de inundação do alto rio Paraná.

Procurando verificar a dissimilaridade entre a flórua de diatomáceas periféricas encontrada nos ambientes com ampla comunicação com a calha principal do rio, durante os meses de fevereiro de 2001 a janeiro de 2002, foi realizado o Índice de Diversidade beta (Fig. 5). A diversidade  $\beta$  usualmente reflete a heterogeneidade ambiental (Harrison *et al.*, 1992).

Os maiores valores de diversidade beta foram obtidos ao longo do ano (Fig. 5a), indicando que há uma maior diferenciação ao longo do ano que entre as estações amostradas. Pode-se considerar que os ambientes estudados são próximos e apresentam conexão ou ausência dela com o rio concomitantemente, o que deveria provocar uma maior similaridade. Áreas com altos valores de diversidade beta, como o ressaco do Leopoldo, apresentam elevada diferenciação entre demais ambientes. O que mostra que ambientes próximos conectados com o rio de forma semelhante podem desenvolver

comunidades com composições florísticas diferenciadas, já que apresentam respostas diferentes as variações ambientais devido à sua geomorfologia e distância da calha principal.

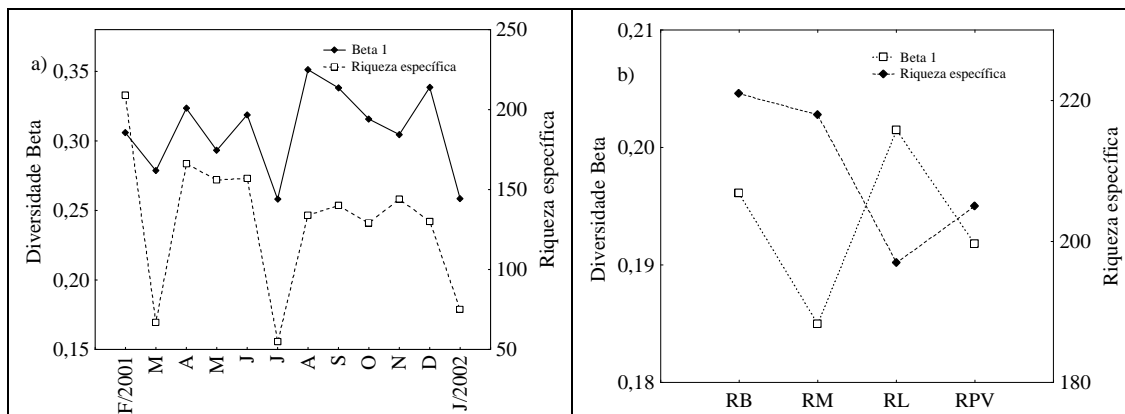


Figura 05. Diversidade Beta por mês (a) e nos ambientes amostrados (b) no ano de 2001 e janeiro de 2002 (RB= Ressaco do Bile; RM= Ressaco do Manezinho; RL= Ressaco do Leopoldo; RPV= Ressaco do Pau Veio).

A ausência de uma cheia característica para a planície pode ter influenciado neste resultado, uma vez que a chegada de novos propágulos, provocando um pool de espécies nos ambientes conectados à calha principal do rio está muito relacionado ao aumento do nível hidrológico. Os meses onde os níveis hidrométricos foram mais baixos, os valores de diversidade  $\beta$ , de forma geral, foram mais altos. Pode-se considerar que houve maior substituição de espécies neste período.

As algas perifíticas, de modo geral, apresentam um nicho definido, de acordo com a velocidade de corrente, morfometria e hidrodinâmica de cada sistema, sendo que algumas espécies apresentam amplitude de nichos maiores do que outras. Ainda, a presença ou ausência de determinados táxons ficoperifíticos pode ser utilizado para indicar o estado trófico dos ecossistemas aquáticos (McCormick e Stevenson, 1998).

Assim, conclui-se que o regime hidrológico, associado as características morfométricas dos sistemas com o Rio Paraná, exerceram maior influência sobre a riqueza específica da comunidade de algas perifíticas. Evidenciou-se a importância das perturbações físicas sobre a riqueza de diatomáceas perifíticas, principalmente dos pulsos de inundação e da operação das comportas à montante da planície.

## REFERÊNCIAS

- BICUDO, C.M. Considerações sobre metodologias de contagem de algas do perifiton, *Acta Limnologica Brasiliensia*, v. 3,t.1, p. 459-475.1990
- CARTER-LUND, H. e LUND, J. W. G, *Freshwater Algae: Their Microscopic World Explored*. Bristol: Biopress Ltd, 1995.
- CHAO, A. *Estimating the population size for capture-recapture data with unequal catchability*. *Biometrics*, 43:783-791. 1987.
- CHAZDON, R.L., Colwell, R.K., Denslow, J. S., Guariguata, M.R. Statistical methods for estimating species richness of woody regeneration in primary and secondary rain forests of Northeastern Costa Rica. In: Dallmeier , F., Comiskey, J. A. (eds.) *Forest biodiversity reseach, monitoring and modeling*. The Parthenon Publishing group, Washington, p. 285-309, 1998.
- COX, E. J. Assessing and designating diatom taxa at or below the species level – a consideration of current status and some suggested guidelines for the future. *Nova Hedwigia*, Porto Alegre. v. 65, n. 1, p. 13-26, 1997.
- GASTON, J.K. Species richness: measure and measurement. In : Gastão, J.K. (ed.) *Biodiversity: a biology of membes and diference* . Osney Mead, Oxford: Blackwell Science, p. 77-113. 1996.
- HARRISON, S. *et al.* Beta diversity on geographic in Britain. *Journal of Animal*, Oxiford, v.61, p. 151-158, 1992.
- KRAMMER, K., LANGE-BERTALOT, H. Bacillariophyceae: Naviculaceae. In: H. Ettl, *et al.* (Ed.), *Süsswasser flora von Mitteleuropa*. Stuttgart: Gustav Fischer, 1986.
- KRAMMER, K., LANGE-BERTALOT, H., Bacillariophyceae: Bacillariaceae, Epithemiaceae, Surirellaceae. In: H. Ettl, *et al.* (Ed.), *Süsswasser flora von Mitteleuropa*. Stuttgart: Gustav Fischer, 1988.
- KRAMMER, K., LANGE-BERTALOT, H., Bacillariophyceae: Centrales, Fragilariaceae, Eunotiaceae. In: H. Ettl, *et al.* (Ed.), *Süsswasser flora von Mitteleuropa*. Stuttgart: Gustav Fischer, 1991.
- KRAMMER, K., LANGE-BERTALOT, H. Bacillariophyceae: Acanthaceae. . In: H. Ettl, *et al.* (Ed.), *Süsswasser flora von Mitteleuropa*. Stuttgart: Gustav Fischer, 1991a.
- LANGE-BERTALOT, H. Pollution Tolerance of Diatoms as a Criterion for water Quality Estimation. *Nova Hedwigia*, Berlin, v. 6, p. 285-304, 1979.
- LEANDRINI, J. A. Diatomáceas perifíticas da região de captação de água da SANEPAR, Maringá – PR.. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 1999.
- LOBO, E. A.; BENDER, E. P. Aplicabilidade de sistemas de sapróbios para avaliação da qualidade de águas correntes fortemente poluídas, no sul do Brasil, utilizando diatomáceas. In: *Anais do 4º Congresso Latino-Americano*, Caxambu, Minas Gerais, p. 401-422, 1998

- LOBO, E. A.; TORGAN, L. C. Análise da estrutura da comunidade de diatomáceas (Bacillariophyceae) em duas estações do sistema Guaíba, Rio Grande do Sul, Brasil. *Acta Botanica Brasílica*, São Paulo, v. 1, p. 103-119, 1988.
- LOBO, E. A., *et al.* Caracterização de ambiente de terras úmidas no Estado do Rio Grande do Sul, onde ocorrem espécies de anatódeos com valor cinegético. *Acta Biológica Leopoldensia*, São Leopoldo, v. 13, p. 19-60, 1991.
- LOBO, E. A., *et al.* Limnologia de áreas inundáveis da Planície Costeira do Rio Grande do Sul, Brasil, onde ocorrem espécies de anatódeos com valor cinegético. *Caderno de Pesquisa Série Botânica*, São Paulo, v. 6, p. 25-73, 1994.
- LOBO, E. A., *et al.* Response of epilithic diatom assemblages to water pollution in rivers in the Tokyo Metropolitan area. *Freshwater Biology*, Osney mead Oxford, v.34, p. 191-204, 1995.
- LOBO, E. A., *et al.* Pollution tolerant diatoms from lotic systems in the Jacui Basin, Rio Grande do Sul, Brazil. *Iheringia*, série Bot., Porto Alegre, v. 47, p. 45-72, 1996.
- LOBO, E. A., *et al.* Utilização de algas diatomáceas epilíticas como indicadoras da qualidade da água em rios e arroios da região hidrográfica do Guaíba, RS, Brasil. EDUNISC, Santa Cruz do Sul, 2002.
- LOBO, E. A., *et al.* Water quality assessment of the Pardinho River, RS, Brazil, Using epilithic diatom assemblages and fecal coliforms as biological indicators. *Vie Milieu*, Paris, v. 54, p. 115-125, 2004.
- LOWE, R. L. *Environmental requirements and pollution tolerances of freshwater diatoms*. Cincinnati: US Environmental Protection Agency, EPA-670/4-74-005, 1974.
- LUDWIG, T. A. V. *Levantamento Florístico das Diatomáceas (Bacillariophyceae) dos Gêneros Cymbella e Gomphonema do Estado de São Paulo*. Tese (Doutorado) - Instituto de Biociências do Campus de Rio Claro, Universidade Estadual Paulista, São Paulo, 1996.
- LUDWIG, T. A.; FLÔRES, T. L. Diatomoflórura dos Rios da Região a ser Inundada para a Construção da Usina Hidroelétrica de Segredo, PR - Fragilariophyceae (*Fragilaria* e *Synedra*). *Hoehnea*, São Paulo, v. 24, n. 1; p. 55-65, 1997.
- MAGURRAM, A.M.; *Ecological diversity and its measurements*. Cambridge University Press, London, 179p. 1988
- MCCORMICK, P. V.; STEVENSON, R. J. Periphyton as a tool for ecological assessment and management in the Florida Everglades. *Journal of Phycology*, Laurence, v. 34, p. 726-733, 1998.
- MOREIRA, A. L. O. R. Estudo taxinômico de *Cymbella* Agardh e *Gomphonema* Ehrenberg da região de captação de água do rio Pirapó, Maringá, Paraná, Brasil. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 1990.
- MOURTHÉ JUNIOR, C. A. *Modificações estruturais na comunidade de diatomáceas e, gradiente de poluição Hídrica. Trecho superior da bacia do Rio das Velhas (Região Metropolitana de Belo Horizonte - MG)*. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Minas Gerais, 2000.
- PATRICK, R.; REIMER, C. W., *The Diatoms of United States I*. Monographs of the Academy of the Natural Sciences of Philadelphia, Pennsylvania: Sutter House Lititz, 1966.

- RODRIGUES, L.; BICUDO, D. 2001. Limnological characteristics comparison in three systems with different hydrodynamic regime in the upper Paraná river floodplain, Brasil. *Acta Limnologica Brasileira*, v. 13, n. 1, p.1-25.
- ROUND, F. E. Diatoms in river water-monitoring studies. *Journal of Applied Phycology*, Washington, D.C., v. 3, p. 129-145, 1991.
- ROUND, F. E. *A review and methods for the use of epilithic diatoms for detecting and monitoring changes in river water quality*. London: HMSO Publisher, 1993.
- ROUND, F. E., et al. *The Diatoms - Biology and morphology of the genera*. Cambridge: University Press, 1990.
- SIMONSEN, R. The diatom plankton of the Indian Ocean Expedition of R/V Meteor, 1964-1965. *"Meteor" Forschunsergeb*, cidade, v. 19, p. 1-66, 1974.
- SIMONSEN, R. The diatom system: Ideas on Phylogeny. *Bacill., Braunschweig*, v.2, p. 9-71. 1979.
- SOUZA, M. G. M. *Variação da comunidade de diatomáceas epilíticas ao longo de um rio impactado no município de São Carlos-SP e sua relação com variáveis físicas e químicas*. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, SP, 2002.
- STEVENSON, R. J. et al. Density-dependent growth, ecological strategies, and effects of nutrients and shading on benthic diatom succession in streams. *J. Phycol.*, v. 27, p. 59-69. 1991.
- THOMAZ et al. Aquatic macrophytes: diversity, biomass and decomposition. In: Thomaz, S.M., Agostinho, A.A., Hahn, NS. *The upper Paraná River and its floodplain*. 2004
- TRAIN, S. Diatomáceas (Bacillariophyceae) do Córrego Moscados, Maringá, Paraná: I. Bacillariaceae. *Revista Unimar, Maringá*, v. 13, n.2, p. 313-326, 1991.
- TRAIN, S. Diatomoflórula do Córrego Moscados, município de Maringá, Estado do Paraná, Brasil. *Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Paraná*. Curitiba, 1990.
- WINTER, J. G.; DUTHIE, H. C. Epilithic diatoms as indicators of stream total N and P concentration. *Journal of the North American Benthological Society*, Vancouver, v. 19, no. 1, p. 32-49, 2000.



Tabela 01. Táxons observados em quatro ambientes semilóticos na planície de inundação do Alto Rio Paraná, no período de agosto de 2001 a janeiro de 2002. Ressaco do Pau Veio(V), ressaco do Leopoldo (L), ressaco do Bile (B), ressaco do Manezinho (M).

Táxons	Agos/2001				Set				Out				Nov				Dez				jan/2002			
	V	L	B	M	V	B	M	L	V	L	B	M	V	L	B	M	V	L	B	M	V	L	B	M
<i>Achnanthes blanchiana</i> Maillard																								
<i>Achnanthes coarctata</i> (Bréb. ex W. Smith) Grunow																								
<i>Achnanthes inflata</i> (Kütz.) Grunow	x				x				x	x					x	x								x
<i>Achnanthes peragalli</i> Brun & Héribaud																								
<i>Achnanthes heteromorpha</i> (Grun. in Cleve & Grun.) Lange-Bertalot					x																			
<i>Achnanthes holsatica</i> Hustedt																								
<i>Achnanthes hungarica</i> Grunow											x													
<i>Achnanthes rupestoides</i> Hohn									x															
<i>Achnanthes</i> sp.																	x							
<i>Achnanthidium exiguum</i> (Grun.) Czarnecki		x		x				x						x		x				x				x
<i>Achnanthidium minutissimum</i> (Kütz.) Czarnecki	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
<i>Achnanthidium saphophilla</i> (Kob. & May.) Round & Bukht																								
<i>Actinella</i> cf. <i>brasiliensis</i> Grunow																								
<i>Actinella eunotioides</i> Hustedt																				x				
<i>Actinella pararobusta</i> Metzeltin & Lange-Bertalot																								
<i>Amphipleura lindheimerii</i> Grunow			x	x																				
<i>Amphora montana</i> Krasske										x														
<i>Amphora ovalis</i> (Kütz.) Kützing	x		x		x			x	x			x	x		x	x	x	x		x				x
<i>Amphora</i> sp										x														x
<i>Asterionella</i> sp																								
<i>Aulacoseira alpigena</i> (Grun.) Krammer	x							x					x	x		x								x
<i>Aulacoseira ambigua</i> (Grun.) Simonsen	x	x			x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x		x	x	x		x
<i>Aulacoseira ambigua</i> var. <i>spiralis</i>				x										x	x					x				x
<i>Aulacoseira distans</i> (Ehr.) Simonsen	x																							
<i>Aulacoseira granulata</i> (Ehr.) Simonsen	x	x	x		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	X
<i>Aulacoseira granulata</i> var. <i>angustissima</i> (O. Müller) Simonsen	x		x		x	x	x			x		x	x		x	x	x			x	x			x
<i>Aulacoseira herzogii</i> (Lem.) Simonsen												x	x			x				x				

<i>Aulacoseira muzzanensis</i> (Méis.) Krammer			x	x	x	x	
<i>Brachysira brebissonii</i> Ross							
<i>Brachysira liliana</i> Lange-Bertalot						x	
<i>Brachysira neoxilis</i> Lange-Bertalot	x x x x	x x x x	x x x x	x x x x	x x	x x x	x x
<i>Brachysira vítrea</i> (Grun.) Ross		x		x		x	
<i>Brachysira</i> sp.1							
<i>Brachysira</i> sp.2			x x x	x		x x	
<i>Caloneis bacillum</i> (Grun.) Cleve		x		x		x	
<i>Caloneis byalina</i> Hustedt						x	
<i>Caloneis lauta</i> Carter & Bailey-Watts						x	
<i>Caloneis silicula</i> (Ehr.) Cleve						x	
<i>Caloneis</i> sp				x			
<i>Capartogramma crucicula</i> (Grun. ex Cleve) Ross	x		x	x		x	
<i>Cocconeis neodiminuta</i> Krammer							
<i>Cocconeis placentula</i> Ehrenberg			x				
<i>Cocconeis placentula</i> var. <i>euglypta</i> (Ehr.) Cleve	x x x		x		x	x	x
<i>Cocconeis placentula</i> var. <i>lineata</i> (Ehr.) Van Heurck			x				
<i>Craticula cuspidata</i> (Kütz.) Mann	x		x		x x	x	x
<i>Craticula halophila</i> (Grun. ex Van Heu.) Mann ex Round					x	x	
<i>Cyclotella atomus</i> Hustedt				x			x
<i>Cyclotella distinguenda</i> Hustedt							x
<i>Cyclotella meneghiniana</i> Kützing	x x x	x x x x	x x x x	x	x	x x x	x x x x
<i>Cyclotella minuta</i> (Skv.) Antipova	x x x	x	x	x	x	x x x	x x
<i>Cyclotella pseudostelligera</i> Hustedt	x	x x x	x			x	x
<i>Cyclotella stelligera</i> Cleve & Grunow	x x	x		x x		x	x x
<i>Cymbella acuta</i> Cleve & Möller (Sipp.)			x				
<i>Cymbella affinis</i> Kützing	x x x	x x x x	x x x x	x x x x		x x x	x x x
<i>Cymbella microcephala</i> Grunow				x x			
<i>Cymbella naviculiformis</i> Auerswald		x					
<i>Diadismus confervacea</i> Kützing							
<i>Diadismus contenta</i> (Grun.) Mann	x x		x x		x	x x x	x x x
<i>Diploneis elliptica</i> (Kütz.) Cleve							
<i>Diploneis finnica</i> (Ehr.) Cleve					x		

<i>Diploneis ovalis</i> (Hilse) Cleve			X					X X			X
<i>Diploneis subconstricta</i> Cleve											
<i>Diploneis subovalis</i> Cleve	X	X	X		X X			X			X
<i>Encyonema minutum</i> (Hilse) Mann	X X X X	X X X X	X X X X	X X X X	X X X X	X X X X	X X X X	X X X X	X X X X	X X X X	X X X X
<i>Encyonema mesianum</i> (Chol.) Mann	X	X	X X		X X		X X X X	X X X X	X X X X	X X X X	X X X X
<i>Encyonema neogracile</i> Krammer	X X	X X X		X X		X X	X X X	X X X	X X X	X X X	X X X
<i>Encyonema neomesianum</i> Krammer											
<i>Encyonema perpusillum</i> (Cleve) Mann	X		X								
<i>Encyonema silesiacum</i> (Bleis.) Mann	X X X X	X X X X	X X X X	X X X X	X X X X	X X X X	X X X X	X X X X	X X X X	X X X X	X X X X
<i>Encyonema vulgare</i> (Hust.) Krammer											
<i>Encyonopsis frequentiformes</i> Metzeltin & Krammer	X						X				
<i>Eunotia asterionelloides</i> Hustedt	X		X	X							X
<i>Eunotia bidens</i> Grunow								X			
<i>Eunotia bilunaris</i> (Ehr.) Mills	X		X	X	X X X X	X X	X X	X X	X X		X
<i>Eunotia camelus</i> Ehrenberg	X		X	X	X		X	X X X	X X X		X
<i>Eunotia distinguenda</i> Metzeltin & Lange-Bertalot											
<i>Eunotia dydima</i> Grunow							X				
<i>Eunotia elongata</i> Metzeltin & Lange-Bertalot											
<i>Eunotia faba</i> Ehrenberg	X X	X		X X	X		X X X	X X	X X		X
<i>Eunotia flexuosa</i> (Bréb.) Kützing	X X X X	X		X	X X	X	X	X X	X X		X X X X
<i>Eunotia formica</i> Ehrenberg		X	X	X			X			X	
<i>Eunotia incisa</i> Smith ex Gregory			X								
<i>Eunotia implicata</i> Nörpel	X								X		
<i>Eunotia indica</i> Grunow	X X X X	X X X X	X X X X	X X X X	X X X X	X X X X	X X X X	X X X X	X X X X	X X X X	X X X X
<i>Eunotia lineolata</i> Hustedt	X	X	X		X	X					
<i>Eunotia longicollis</i> Metzeltin & Lange-Bertalot											
<i>Eunotia luna</i> Ehrenberg	X	X	X X	X	X			X		X	
<i>Eunotia minor</i> (Kützing) Grunow			X X				X		X		
<i>Eunotia monodon</i> Ehrenberg			X		X						
<i>Eunotia naegelii</i> Migula		X									
<i>Eunotia neomundana</i> Metzeltin & Lange-Bertalot			X								
<i>Eunotia paludosa</i> Grunow					X X	X X	X X	X	X		X X
<i>Eunotia parallela</i> Ehrenberg											

<i>Eunotia patrickae</i> Hustedt												
<i>Eunotia pectinalis</i> (Mül.) Rabenhorst	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x		
<i>Eunotia pectinalis</i> var. <i>minor</i> (Kütz.) Rabenhorst												
<i>Eunotia pectinalis</i> var. <i>undulata</i> (Ralfs) Rabenhorst											x	
<i>Eunotia praerupta</i> Ehrenberg												
<i>Eunotia rabenhorstiana</i> (Grun.) Hustedt				x		x	x	x	x	x	x	
<i>Eunotia rabenhorstii</i> Cleve & Grunow									x			x
<i>Eunotia reichardtii</i> Metzeltin & Lange-Bertalot				x				x	x	x		
<i>Eunotia rhomboidea</i> Hustedt												
<i>Eunotia subarcuatoidea</i> Alles, Norpel & Lange-Bertalot												
<i>Eunotia sudetica</i> Müller	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
<i>Eunotia tenella</i> (Grunow) Cleve	x	x	x									
<i>Eunotia transfuga</i> Metzeltin & Lange-Bertalot	x											
<i>Eunotia</i> sp.1	x	x		x	x		x	x	x	x	x	x
<i>Eunotia</i> sp.2												
<i>Fallacia insociabilis</i> (Kras.) Mann				x								
<i>Fragilaria capucina</i> var. <i>capucina</i> Desmazières												
<i>Fragilaria capucina</i> var. <i>fragilarioides</i> (Grun.) Ludwig & Flores	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
<i>Fragilaria capucina</i> var. <i>graciles</i> (Oest.) Hustedt	x			x						x		
<i>Fragilaria capucina</i> var. <i>vaucheriae</i> (Kütz.) Lange-Bertalot	x	x						x			x	
<i>Fragilaria crassa</i> Metzeltin & Lange-Bertalot												
<i>Fragilaria delicatissima</i> (Smi.) Lange-Bertalot	x	x	x		x	x	x	x	x	x	x	x
<i>Fragilaria montana</i> (Kras.) Lange-Bertalot												
<i>Fragilaria</i> sp.1	x	x			x					x		
<i>Fragilaria</i> sp.2												
<i>Fragilariaforma javanicum</i>	x								x			
<i>Frustulia rhomboides</i> (Ehr.) de Toni	x	x	x	x		x	x	x	x	x	x	x
<i>Frustulia rhomboides</i> var. <i>crassinervia</i> (Bréb.) Ross	x			x		x	x	x	x		x	
<i>Frustulia vulgaris</i> (Thw.) De Toni									x			
<i>Frustulia zizkae</i> Lange-Bertalot	x			x		x		x	x	x	x	x
<i>Geissleria aikenensis</i> (Patr.) Torgan & Oliveira											x	
<i>Gomphonema affine</i> Kützing				x	x	x	x	x		x		
<i>Gomphonema apicatum</i> Ehrenberg	x			x			x	x		x	x	

<i>Gomphonema augur</i> Ehrenberg	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
<i>Gomphonema augur</i> var. <i>turris</i> (Ehr.) Lange-Bertalot		x	x		x		x	x	x		x		x	x	x
<i>Gomphonema brasiliense</i> Grunow	x	x	x	x	x	x	x	x	x		x	x	x	x	x
<i>Gomphonema clavatum</i> Ehrenberg															
<i>Gomphonema clevei</i> Fricke		x		x						x				x	
<i>Gomphonema costei</i> Metzeltin & Lange-Bertalot															
<i>Gomphonema demerarae</i> (Grun.) Frenguelli					x						x				
<i>Gomphonema gracile</i> Ehrenberg	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
<i>Gomphonema innocens</i> Reichardt															
<i>Gomphonema lepidum</i> Fricke															
<i>Gomphonema mexicanum</i> Grunow															
<i>Gomphonema minutum</i> (Agar.) Agardh		x	x	x			x								
<i>Gomphonema olivaceum</i> (Horn.) Brébisson															
<i>Gomphonema parvulum</i> (Kützing) Kützing	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
<i>Gomphonema pumilum</i> (Grun.) Reichardt & Lange-Bertalot		x	x	x			x	x	x	x		x	x		
<i>Gomphonema subtile</i> Ehrenberg		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
<i>Gomphonema truncatum</i> Ehrenberg															x
<i>Gomphonema</i> sp.1	x			x		x	x	x	x	x		x	x	x	x
<i>Gomphonema</i> sp.2						x	x	x		x					
<i>Gomphonema</i> sp.3															
<i>Gyrosigma acuminatum</i> (Kütz.) Rabenhorst		x													
<i>Gyrosigama exilis</i> Patrick						x	x								
<i>Gyrosigma scalproides</i> (Rab.) Cleve															
<i>Hantzschia amphyoxis</i> (Ehr.) Grunow															
<i>Hippodonta capitata</i> (Ehrenberg) Lange-Bertalot		x		x					x		x		x		
<i>Hippodonta hungarica</i> (Grun.) Lange-Bertalot						x							x		x
<i>Hippodonta neglecta</i> Lange-Bertalot		x													
<i>Kobayasiella parasubtilissima</i> (Kobay. et Nagu.) Lange-Bert.		x													
<i>Kobayasia subtilissima</i> (Cleve) Lange-Bertalot		x													
<i>Luticola cohnii</i> (Hilse) Mann															
<i>Luticola dapalis</i> (Freng.) Mann															x
<i>Luticola goeppertiana</i> (Bleis.) Mann					x										
<i>Luticola lagerheimii</i> (Hust.) Mann							x								x

<i>Luticola mutica</i> (Kütz.) Mann	x x	x x	x x	x x x x	x x x	
<i>Mayamaea atomus</i>			x			
<i>Melosira varians</i> Agardh						
<i>Navicula accomoda</i> Hustedt				x	x	
<i>Navicula arvensis</i> Hustedt						
<i>Navicula cincta</i> (Ehr.) Ralfs	x			x	x x	
<i>Navicula clementis</i> Grunow						x
<i>Navicula cryptocephala</i> Kützing	x x x x	x x x x	x x x x	x x x x	x x x x	x x x x
<i>Navicula cryptotenella</i> Lange-Bertalot	x x	x x		x x	x	x x
<i>Navicula dolomitica</i> Bock		x				
<i>Navicula drouetiana</i> Patrick				x		
<i>Navicula erifuga</i> Lange-Bertalot	x x	x	x	x	x x	x x x
<i>Navicula grimmei</i> Krasske		x				
<i>Navicula kuelbisii</i> Lange-Bertalot						
<i>Navicula latens</i> Krasske						
<i>Navicula lateropunctata</i> Wallace						
<i>Navicula lenzii</i> Hustedt						
<i>Navicula leptostriata</i> Jørgensen	x	x		x x x	x x	x x
<i>Navicula menisculus</i> Schumann	x x					
<i>Navicula minima</i> Grunow		x			x	x
<i>Navicula minuscula</i> Grunow	x					
<i>Navicula minusculoides</i> Hustedt				x		
<i>Navicula porifera</i> var. <i>opportuna</i> Lange-Bertalot		x				
<i>Navicula porifera</i> var. <i>porifera</i> Hustedt						
<i>Navicula pseudobryophila</i> (Hust.) Hustedt						
<i>Navicula radiosa</i> Kützing		x	x		x x	x
<i>Navicula rhychocephala</i> Kützing						
<i>Navicula schadei</i> Krasske	x x x	x x x x	x x x x	x x x x	x x x x	x x
<i>Navicula schroeterii</i> Meister	x	x x		x		
<i>Navicula subminuscula</i> Manguin	x	x x	x	x	x	x
<i>Navicula submuralis</i> Hustedt						
<i>Navicula subrotundata</i> Hustedt						
<i>Navicula tenelloides</i> Hustedt	x x			x	x	x x

<i>Navicula tenera</i> Hustedt		x							x	x			
<i>Navicula tridentula</i> (Kras.) Lange-Bertalot & Metzeltin		x	x	x							x		
<i>Navicula veneta</i> Kützing				x	x	x	x			x			
<i>Navicula viridula</i> (Kütz.) Ehrenberg											x		
<i>Navicula viridula</i> var. <i>rostelata</i> (Kützing) Cleve		x	x	x	x	x	x	x	x	x			
<i>Neidium affine</i> (Ehr.) Pfitzer		x		x			x	x				x	
<i>Neidium ampliatum</i> (Ehr.) Krammer						x			x		x		
<i>Neidium amphigomphus</i> (Ehr.) Pfitzen										x			
<i>Neidium hitchcochii</i> (Ehr.) Cleve													
<i>Neidium iridis</i> (Ehr.) Cleve													
<i>Neidium javanicum</i> Hustedt										x			
<i>Neidium septentrionale</i> Cleve-Euler		x											
<i>Neidium temperei</i> Reimer													
<i>Nitzschia acicularis</i> (Kütz.) W. Smith					x			x				x	
<i>Nitzschia agnita</i> Hustedt									x	x			
<i>Nitzschia amphibia</i> Grunow	x	x	x	x	x		x	x	x	x	x	x	x
<i>Nitzschia brevissima</i> Grunow											x		
<i>Nitzschia bryophila</i> Hustedt							x	x	x				
<i>Nitzschia clausii</i> Hantzsch						x	x	x	x	x		x	
<i>Nitzschia compressa</i> (Bail.) Boyer													
<i>Nitzschia delicatissima</i> Cleve	x	x	x		x		x		x	x	x	x	x
<i>Nitzschia dissipata</i> (Kütz.) Grunow												x	x
<i>Nitzschia fonticola</i> Grunow		x											
<i>Nitzschia frustulum</i> (Kütz.) Grunow												x	
<i>Nitzschia gracilis</i> Hantzsch		x				x					x		x
<i>Nitzschia guandersheimiensis</i> Kraske	x	x	x		x	x			x	x	x	x	x
<i>Nitzschia hantzschiana</i> Rabenhorst												x	
<i>Nitzschia heufleriana</i> Grunow													
<i>Nitzschia ignorata</i> Krasske					x	x		x	x	x	x	x	x
<i>Nitzschia linearis</i> (Agar.) Smith		x	x		x	x	x		x	x	x		x
<i>Nitzschia lorenziana</i> Grunow								x		x		x	
<i>Nitzschia palea</i> (Kütz.) Smith	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
<i>Nitzschia paleacea</i> (Grun.) Grunow													x

<i>Nitzschia perminuta</i> (Grun.) Peragallo						X	
<i>Nitzschia sigma</i> (Kütz.) Smith							
<i>Nitzschia tubicula</i> Grunow	X	X X	X X	X X	X X	X X X	
<i>Nitzschia</i> sp.1	X X X X	X X X	X X X X	X X X X	X X X X	X X X X	X X X X
<i>Nitzschia</i> sp.3			X		X	X	
<i>Nitzschia</i> sp.4				X			
<i>Nupela astartiella</i> Lange-Bertalot							
<i>Nupela lesothensis</i> (Schoe.) Lange-Bertalot							
<i>Nupela neotropica</i> Lange-Bertalot							
<i>Nupela</i> sp.1			X		X	X	X
<i>Opephora olsenii</i> Möller						X	
<i>Ortoseira roeseana</i> (Rab.) O' Meara							
<i>Peronia</i> sp.1							
<i>Pinnularia acrosphaeria</i> W. Smith	X X X X	X X	X X	X X	X X X	X	X X X
<i>Pinnularia acuminata</i> W. Smith							
<i>Pinnularia angustistriata</i> Meltzeltin & Krammer							
<i>Pinnularia appendiculata</i> (Agar.) Cleve							
<i>Pinnularia biceps</i> Gregory							
<i>Pinnularia borealis</i> Ehrenberg							
<i>Pinnularia brauniana</i> (Grun.) Mills							
<i>Pinnularia braunii</i> (Grun.) Cleve					X	X	X
<i>Pinnularia brebissonii</i> (Kütz.) Rabenhorst							
<i>Pinnularia divergens</i> W. Smith							X
<i>Pinnularia divergentissima</i> (Grun.) Cleve					X		
<i>Pinnularia flama</i> Hustedt							
<i>Pinnularia gibba</i> Ehrenberg	X X X	X X		X	X	X X	
<i>Pinnularia interrupta</i> W. Smith	X	X					X
<i>Pinnularia luculenta</i> A. Schmidt	X				X X X	X	X X
<i>Pinnularia maior</i> (Kütz.) Rabenhorst		X			X	X X	X
<i>Pinnularia mesolepta</i> (Ehr.) W. Smith		X X		X	X	X	
<i>Pinnularia microstauron</i> (Ehr.) Cleve		X				X	
<i>Pinnularia neomajor</i> Krammer	X X	X X	X		X		X
<i>Pinnularia obscura</i> Krasske	X			X		X	





<i>Stauroneis smithii</i> Grunow				x				
<i>Staurosira construens</i> (Ehr.) Williams & Round	x							
<i>Staurosira construens</i> var. <i>venter</i> (Ehr.) Hamilton	x x x	x x	x	x x x	x x x x	x x x	x x x x	
<i>Staurosirella pinnata</i> (Ehr.) Williams et Round				x	x x	x		
<i>Staurosirella pinnata</i> var. <i>intercedens</i> (Grun.) Hamilton	x							
<i>Stenopterobia curvula</i> (Smit.) Krammer					x x x	x		
<i>Stenopterobia delicatissima</i> (Lew.) Van Heurck	x	x	x	x x x	x x x	x x x x	x x x	
<i>Stenopterobia pelagica</i> Hustedt	x		x				x	
<i>Surirella biseriata</i> Brébisson				x				
<i>Surirella celebesiana</i> Hustedt	x							
<i>Surirella guatimalensis</i> Ehrenberg		x						
<i>Surirella linearis</i> W. Smith					x	x	x	x x
<i>Surirella linearis</i> var. <i>constricta</i> Grunow	x x			x x	x			
<i>Surirella linearis</i> var. <i>helvetica</i> (Ehr.) Kützing	x							
<i>Surirella obtusiuscula</i> West			x					
<i>Surirella splendida</i> (Ehr.) Kützing	x	x	x					
<i>Surirella splendida</i> (Ehr.) Kützing var. <i>robusta</i>								
<i>Surirella stalagma</i> Hohn et Helleman							x	
<i>Surirella tenera</i> Gregory		x	x x			x x		
<i>Surirella tenera</i> var. <i>nervosa</i> Smith	x		x	x				
<i>Surirella</i> sp.1					x			
<i>Synedra goulardii</i> Brébisson								
<i>Ulnaria acus</i> (Ehr.) Cleve	x				x	x	x x	
<i>Ulnaria ulna</i> (Nitzsch) P. Compère	x x x x	x x	x	x x x x	x x	x x	x x	x x x
<i>Thalassiosira cf. aestivale</i>	x x		x x	x x	x x	x x	x x	x
<i>Thalassiosira</i> sp1	x x	x	x	x	x x x x	x x x	x x x	x x x
<i>Tryblionella debilis</i> Arnott ex O'Meara							x	
<i>Tryblionella victoriae</i> Grunow var. <i>victoriae</i>	x x	x x		x x	x x			x
<i>Urosolenia</i> sp.1						x		

# DIATOMÁCEAS DO PERIFÍTON EM SISTEMAS SEMILÓTICOS DA PLANÍCIE DE INUNDAÇÃO DO ALTO RIO PARANÁ: RELAÇÕES ENTRE TÁXONS E VARIÁVEIS AMBIENTAIS

## RESUMO

Este trabalho objetivou estabelecer a dinâmica da assembléia de diatomáceas perifíticas, assim como quais perturbações atuaram sobre suas espécies em quatro ambientes, de característica semilótica, na planície de inundação do alto rio Paraná, no ano de 2001. Foram selecionadas aquelas espécies que se caracterizaram como abundantes e com alta frequência, sendo realizada uma análise de superfície de resposta. No conjunto dos dados, verificou-se uma maior densidade destas algas quando o nível apresentou-se mais elevado. Em período de menor elevação do nível, a densidade das diatomáceas foi cerca de 10 vezes menor quando comparado ao período anterior. Ao comparar a densidade das diatomáceas perifíticas de cada ambiente, nos diferentes períodos hidrológicos, não foi possível estabelecer qualquer diferença significativa, apesar dos dados quantitativos serem bastante distintos. Dentre as espécies, *Achnanthydium minutissimum* foi a espécie abundante e que melhor caracterizou os ambientes.

## ABSTRACT

This work objectified to establish the dynamics of the assembly of periphytic diatoms, as well as which disturbances had acted on its species in four environments, of semilotic characteristic, in the upper Paraná river floodplain, in the year of 2001. Those species had been selected that if had characterized as abundant and with high frequency, being carried through an analysis of reply surface. A bigger density of these algae was verified when the level was presented higher. In period of smaller rise of the level, the density of the diatoms was about 10 times slighter when compared with the previous period. When comparing the density of the periphytic diatoms of each environment, in the different hydrologic periods, was not possible to establish any significant difference, despite the quantitative data being sufficiently distinct. Amongst the species, *Achnanthydium minutissimum* was the abundant species and that better it characterized environments.

## INTRODUÇÃO

As áreas alagáveis constituem um dos ecossistemas mais produtivos do globo, já que apresentam uma série de compartimentos que permitem o desenvolvimento de uma grande diversidade de habitats e de espécies (Neiff, 1990, 1996).

Dentro deste habitat, o perifiton pode ser representado por uma fina camada (bioderme) que atua na interface substrato-água circundante, propiciando o desenvolvimento de um microcosmo onde ocorrem, simultaneamente, processos internos autotróficos e heterotróficos e processos com o meio externo (Sand-Jansen, 1983). Assim o perifiton, mais particularmente as microalgas, são importantes produtores primários em rios ou nas zonas litoral de lagos.

No ficoperifiton, as diatomáceas (divisão Bacillariophyta), dentre os demais grupos de algas, constituem uma parcela significativa da comunidade, principalmente em ambientes lóticos e semilóticos, pois apresentam adaptações que favorecem a fixação aos substratos, além de serem consideradas colonizadoras primárias.

Apresentam ampla distribuição em toda superfície terrestre, ambientes marinhos e de água doce (Round *et al.*, 1990). Importantes na cadeia alimentar devido seu grande número de táxons e sua grande diversidade ecológica, este grupo de algas pode ser considerado também como forte indicador no monitoramento da qualidade de água (Patapova & Charles, 2002, Kely & Whitton, 1994). De acordo com Hoek *et al.* (1995), as diatomáceas atualmente estão representadas por aproximadamente 250 gêneros e 100.000 espécies.

Este trabalho visou estabelecer a dinâmica da assembléia de diatomáceas perifíticas em quatro ambientes, de característica semilótica, na planície de inundação do alto rio Paraná ao longo do ano de 2001. Ainda, procurou-se identificar quais perturbações atuaram como papel chave na dinâmica das espécies, provocando mudanças na assembléia de diatomáceas.

## MATERIAL E MÉTODOS

## Área de estudo

Os ambientes estudados fazem parte de um complexo conjunto de lagoas na planície de inundação do alto rio Paraná (Paraná-Brasil). São considerados como ambientes semi-lóticos devido as características que apresentam, como a comunicação permanente com a calha principal do rio Paraná por meio de um canal de ligação. Os ressacos estão localizados nas ilhas Porto Rico e Mutum (Fig. 01), nas imediações do município de Porto Rico - Paraná. São eles: o Ressaco Bilé ( $22^{\circ}45'13''S$ ;  $53^{\circ}17'9''W$ ), o Ressaco Manezinho ( $22^{\circ}46'44''S$ ;  $53^{\circ}20'56''W$ ), o Ressaco do Pau Veio ( $22^{\circ}44'50''S$ ;  $53^{\circ}15'11''W$ ) e o Ressaco Leopoldo ( $22^{\circ}45'24''S$ ;  $53^{\circ}16'7''W$ ).

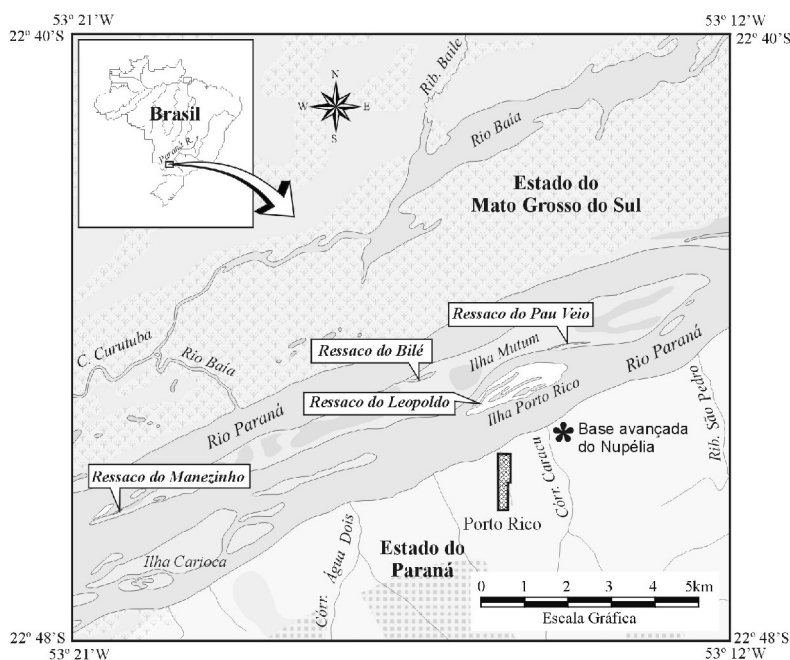


Figura 01: Mapa com a localização dos quatro ambientes semi-lóticos amostrados (Ressaco Bilé, Ressaco Pau Veio, Ressaco Leopoldo, Ressaco Manezinho) na planície de inundação do alto Rio Paraná, de fevereiro de 2001 a janeiro de 2002.

## METODOLOGIA

O perifíton foi removido do pecíolo de *Eichhornia azurea* Kunth para análises qualitativa e quantitativa de diatomáceas. Os materiais destinados à taxonomia foram fixados em formalina 4% e a oxidação e o preparo de lâminas permanentes seguiram a técnica de Simonsen (1974).

O material removido para quantificação de diatomáceas perifíticas foi acondicionado em lugol acético 0,5% a um volume conhecido e enumerado segundo Utermöhl (1958). Quando necessário, no caso de espécies muito similares, uma contagem adicional de 100 indivíduos foi realizada com base nas lâminas permanentes, de forma a subsidiar o resultado obtido ao microscópio invertido. Os resultados foram expressos em termos de organismos por área do substrato. Foram contados organismos mortos e vivos, tendo sido considerado como organismo morto aquele que apresentava menos de 50% do conteúdo celular.

As espécies dominantes (Lobo & Leighton, 1986) foram calculadas a partir da densidade específica.

A Análise de Componentes Principais (PCA) e Análise de Correspondência Destendenciada (DCA) foram aplicadas para reduzir a dimensionalidade dos dados abióticos (nível hidrométrico, temperatura da água, turbidez, profundidade, condutividade elétrica, precipitação, pH, O<sub>2</sub>, NO<sub>3</sub>, NH<sub>4</sub>, NT, PT, PO<sub>4</sub>) e dados bióticos (densidade das diatomáceas perifíticas). As análises foram realizadas com transformação dos dados [ $\log_{10}(x + 1)$ ], utilizando o programa PC-ORD, versão 4.0. Para a análise de componentes principais foram considerados os eixos com valores maiores que o modelo de Broken-Stick.

Para verificar a relação entre as espécies registradas no ambiente e se estas respondem as variações das condições ambientais, ou quais destas variáveis apresentam maior influência na densidade dos táxons, foi utilizado a análise de superfície de resposta (response surface model). Sua aplicação permite selecionar a combinação de níveis ótimos na obtenção da melhor resposta para uma dada situação. Esta análise foi realizada no programa Statistica realise 7.0. A fim de reduzir a dimensionalidade dos dados, as variáveis físicas e químicas foram sumarizadas, separadamente, em duas ACPs, utilizando-se os parâmetros físicos químicos. Os eixos 1 e 2 destas ACPs foram combinados dois a dois nas análises de superfície de resposta, retendo-se para interpretação os modelos que foram estatisticamente significativos. Foram avaliadas as espécies mais abundantes e as consideradas mais freqüentes. Este critério foi adotado já que a espécie mais abundante nem sempre é a espécie mais freqüente e sua presença em alta densidade no sistema pode ser provocado por um evento ao acaso.

## RESULTADOS

### *Estrutura da Assembléia de Diatomáceas Perifíticas*

Observou-se uma separação entre dois períodos hidrológicos durante o ano de 2001. Um período de níveis mais elevados, que ocorreu de janeiro a junho de 2001. Neste período a frequência dos pulsos apresentou picos mais intensos. De julho a dezembro de 2001, os níveis foram mais baixos, sendo caracterizados por pulsos de baixa intensidade (capítulo 1). Da mesma forma, por meio da análise quantitativa da assembléia de diatomáceas perifíticas, verificou-se que ocorreu uma maior densidade destas algas quando o nível apresentou-se mais elevado. Em período de menor elevação do nível, a densidade das diatomáceas foi cerca de 10 vezes menor quando comparado ao período anterior (Fig. 2).

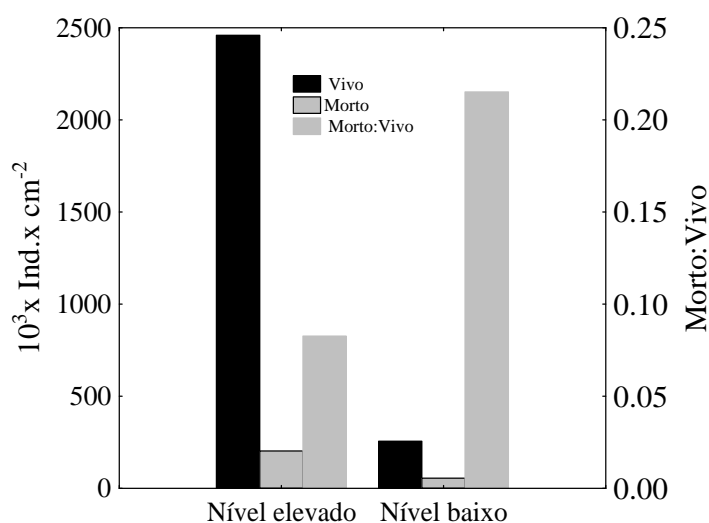


Figura 2. Densidade ( $\text{ind.} \times 10^3 \cdot \text{cm}^{-2}$ ) dos táxons da divisão Bacillariophyta e a proporção entre o número de indivíduos mortos e vivos, observados de fevereiro de 2001 a janeiro de 2002, nas estações amostradas na planície de inundação do alto rio Paraná.

Contudo, quando foi realizada a proporção entre indivíduos mortos e indivíduos vivos de diatomáceas na população, verificou-se um maior número no período de nível mais baixo.

Ao comparar a densidade das diatomáceas perifíticas de cada ambiente, nos diferentes períodos hidrológicos, não foi possível estabelecer qualquer diferença significativa, apesar dos dados quantitativos serem bastante distintos.

Os maiores valores observados foram no mês de junho para os Ressacos do Bilé e Manezinho, no mês de março para o ressaco do Leopoldo e no mês de agosto para o ressaco do Pau Veio (Fig. 3). Por sua vez, os menores valores foram registrados no mês de agosto para o Ressaco do Bile, outubro para o Ressaco do Leopoldo, novembro para o Ressaco do Manezinho e em fevereiro para o ressaco do Pau Veio. Deve-se destacar que os maiores valores ocorreram em período de nível mais elevado da água em todos os ambientes, exceto no Ressaco do Pau Veio. E, da mesma forma, excetuando o Ressaco do Pau Veio, os menores valores ocorreram em todos os ambientes no período de nível mais baixo de água.

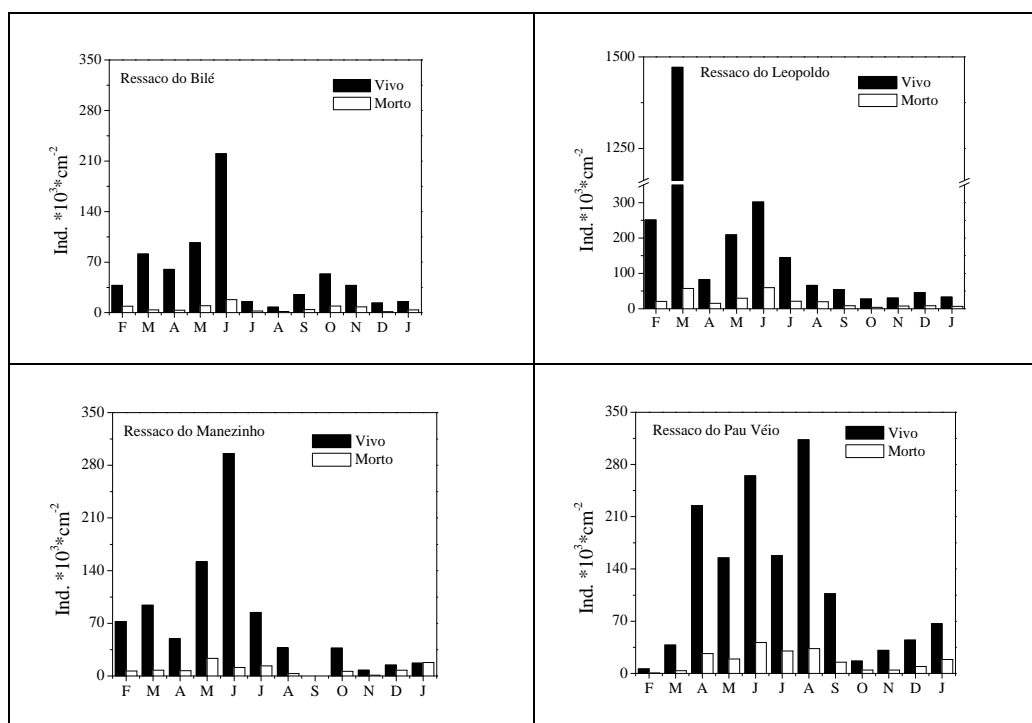


Figura 03. Densidade dos táxons da divisão Bacillariophyta observados de fevereiro de 2001 a janeiro de 2002, nas estações amostradas na planície de inundação do alto rio Paraná.

Para os ambientes estudados, considerando as espécies com frequência de ocorrência acima de 50%, observou-se 31 espécies, sendo que as maiores abundâncias ocorreram em períodos de níveis mais elevados (Fig. 4). Os táxons foram *Achnantidium minutissimum*, *Gomphonema parvulum*, *Encyonema minutum*, *Gomphonema gracile*,



*Navicula cryptocephalla*, *Encyonema silesiacum*, *Eunotia sudetica*, *Nitzschia* sp2, *Nitzschia palea*, *Fragilaria capucina*, *Nitzschia amphibia*, *Gomphonema brasiliensis*, *Gomphonema subtile*, *Synedra ulna*, *Aulacoseira granulata* var. *granulata*, *Encyonema mesianum*, *Aulacoseira ambigua* var. *ambigua*, *Fragilaria caputina* var. *fragilarioides*, *Cymbella affine*, *Cyclotella minuta*, *Eunotia indica*, *Pinnularia acrosphaeria*, *Brachysira neoxilis*, *Eunotia reichardtii*, *Nitzschia linearis*, *Gomphonema* sp1, *Nitzschia ignorata*, *Nitzschia delicatissima*, *Stenopterobia delicatissima*, *Encyonema neogracille*, *Navicula shadeii*.

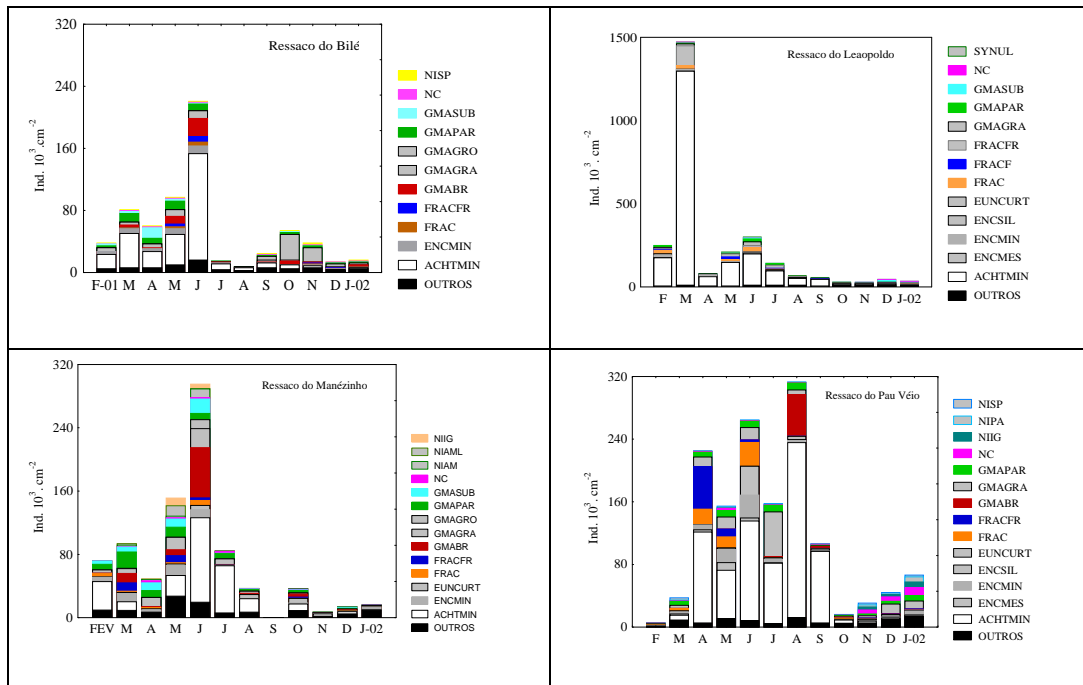


Figura 4. Espécies de diatomáceas observadas (indivíduos .cm<sup>-2</sup>) no ano de 2001 e janeiro de 2002 para as estações amostradas na planície de inundação do alto rio Paraná. Onde: *Achnantheidium minutissimum* (ACHITMIN), *Gomphonema parvulum* (GMAPAR), *Encyonema minutum* (ENCMIN), *Gomphonema gracile* (GMAGRA), *Navicula cryptocephalla* (NC), *Encyonema silesiacum* (ENCSIL), *Eunotia sudetica* (EUNCURT), *Fragilaria capucina* (FC), *Gomphonema brasiliensi* (GMABRA), *Gomphonema subtile* (GMASUB), *Synedra ulna* (SYNUL), *Encyonema mesianum* (ENCMES), *Fragilaria caputina* var. *fragilarioides* (FRACF), *Gomphonema* sp.1 (GMAGRO), *Nitzschia palea* (NIPA), *Nitzschia delicatissima* (NIPA), *Nitzschia* sp.2 (NISP), *Nitzschia ignorata* (NIIG), *Nitzschia amphibia* (NITA).

Dentre estes táxons registrados, apenas *Achnantheidium minutissimum* pode ser considerado como espécie dominante, considerando a classificação proposta por Lobo & Leighton (1986). Vale ressaltar ainda que o padrão geral de densidade das diatomáceas em todos os ambientes seguiu as mudanças da densidade desta espécie.

Para o ano de 2001, foi realizada a análise destendenciada (DCA) para as espécies também com maior frequência (frequência de ocorrência acima de 50%) e abundância. Verificou-se que as espécies apresentaram apenas tendência para separação de alguns ambientes, devido provavelmente a alta densidade de alguns táxons. Ainda, pode-se considerar que as estações Bile e Pau Veio apresentaram ao longo do ano populações mais heterogêneas, ou seja, uma maior variabilidade, enquanto que o resaco do Leopoldo e Manezinho as espécies foram mais constantes (Fig. 5).

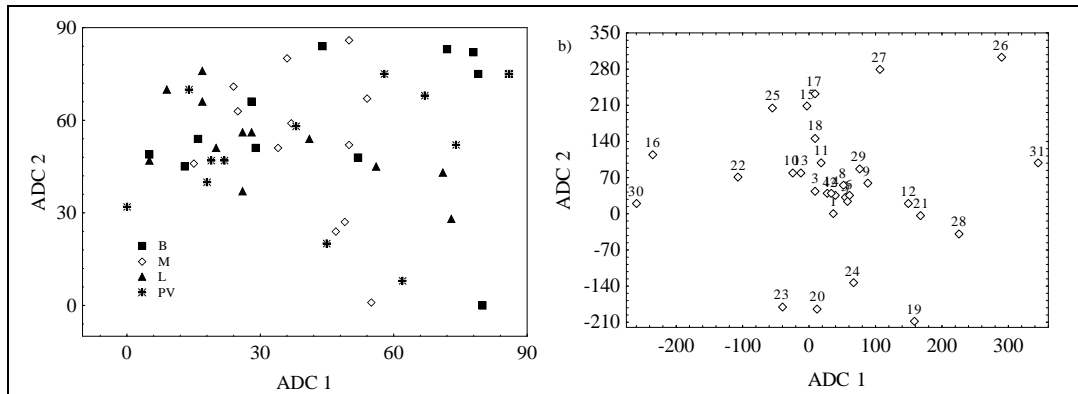


Figura 05. (a) Distribuição das estações de amostragem em relação às espécies com frequência de ocorrência acima de 50%; (b) distribuição das espécies (1. *Achnantidium minutissimum*, 2. *Gomphonema parvulum*, 3. *Encyonema minutum*, 4. *Gomphonema gracile*, 5. *Navicula cryptocephalla*, 6. *Encyonema silesiacum*, 7. *Eunotia sudetica*, 8. *Nitzschia* sp2, 9. *Nitzschia palea*, 10. *Fragilaria capucina*, 11. *Nitzschia amphibia*, 12. *Gomphonema brasiliensi*, 13. *Gomphonema subtile*, 14. *Synedra ulna*, 15. *Aulacoseira granulata* var. *granulata*, 16. *Encyonema mesianun*, 17. *Aulacoseira ambigua* var. *ambigua*, 18. *Fragilaria caputina* var. *fragilariodes*, 19. *Cymbella affine*, 20. *Cyclotella minuta*, 21. *Eunotia* cf. *indica*, 22. *Pinnularia acrosphaeria*, 23. *Brachysira neoxilis*, 24. *Eunotia reichardatii*, 25. *Nitzschia linearis*, 26. *Gomphonema* sp.1, 27. *Nitzschia ignorata*, 28. *Nitzschia delicatissima*, 29. *Stenopterobia delicatissima*, 30. *Encyonema neogracille*, 31. *Navicula shadeii*)

### **Análise de Superfície de Resposta**

Para os táxons verificados no ambiente e que se apresentavam abundantes e com alta frequência foi realizada a análise de superfície de resposta, a fim de verificar se sua distribuição esteve associada as variáveis ambientais medidas. Constatou-se que táxons de baixa densidade não responderam adequadamente a este tipo de análise, como por exemplo, *Fragilaria delicatissima*, *Navicula cryptocephala*, *Encyonema silesiacum*, *Gomphonema brasiliensis*, *Nitzschia palea*, *Ulnaria ulna*, *Brachysira neoxilis* e *Pinnularia subcaptata*.

Para poder relacionar as espécies aos fatores ambientais medidos, foi realizada a Análise de Componentes Principais (ACP), onde os eixos 1 e 2 para as variáveis físicas, responderam a 55% da variabilidade ambiental e, para as variáveis químicas, estes eixos explicaram 45% da variabilidade dos dados (Tabelas 1 e 2).

Tabela 01. Variáveis ambientais físicas e auto valores para os eixos 1 e 2

<b>Parâmetros Físicos</b>	<b>ACP 1</b>	<b>ACP 2</b>
Nível hidrométrico	<b>0.478</b>	0.0697
Temperatura da água	<b>0.5101</b>	0.2921
Turbidez	<b>-0.3644</b>	<b>0.553</b>
Profundidade	<b>0.471</b>	<b>-0.3591</b>
Condutividade elétrica	0.0605	<b>-0.4201</b>
Precipitação	<b>0.3912</b>	<b>0.5463</b>

Tabela 02. Variáveis ambientais químicas e auto valores para os eixos 1 e 2

<b>Parâmetros Químicos</b>	<b>ACP 1</b>	<b>ACP 2</b>
PH	-0.2408	0.0977
Alcalinidade	0.0632	<b>-0.4146</b>
O2	0.0318	0.2656
Carbono orgânico	-0.2638	-0.2836
NO3	<b>0.4219</b>	-0.2756
N02	<b>0.4959</b>	0.0344
NH4	<b>0.3414</b>	-0.2869
NT	0.0558	<b>-0.4615</b>
PT	<b>-0.3888</b>	-0.2861
PDIS	<b>-0.3977</b>	-0.3023
PO4	0.1208	<b>-0.3492</b>

Os táxons analisados foram:

*Aulacoseira granulata* (Fig. 6)

Através da análise de superfície de resposta adotada, pode ser verificado que *Aulacoseira granulata* esteve associada ao eixo 1 da ACP para as variáveis físicas e químicas. ACP das variáveis físicas (anexo 1), a relação foi com a temperatura da água (autor valor= 0,5101), nível hidrológico (auto valor= 0,478) e correlação negativa com a turbidez (auto valor -0,3544) e para as variáveis químicas da água pode ser verificado correlação com o eixo 1, onde os nutrientes NO<sub>2</sub><sup>-</sup> (auto valor 0,4959), NO<sub>3</sub><sup>-</sup> (auto valor 0,4219), PT (auto valor -0,3888) e PDisol. (auto valor -0,3977) apresentaram os maiores

autovalores. A associação destes provavelmente é que levou esta espécie a apresentar valores elevados de densidade. A análise do resíduo observado não apresentou resultados satisfatórios, uma vez que foram formados dois grupos, um com altas densidades e outro com valor de densidade igual a zero (Fig. 6b).

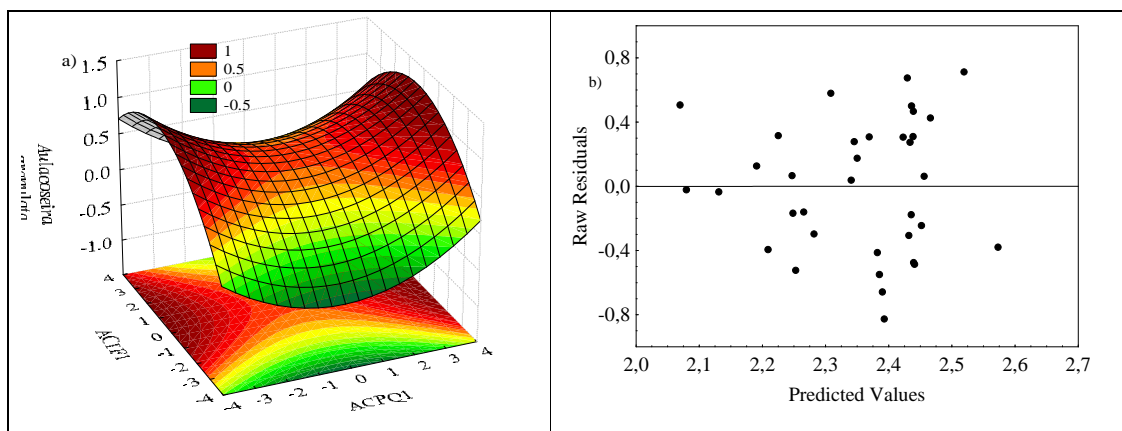


Figura 6. Superfície de resposta ajustada para os parâmetros físicos e químicos das variáveis ambientais relacionando-as com *Aulacoseira granulata*, eixo um da análise de componentes principais (a). Resíduos da análise (b).

#### *Achanthidium minutissimum* (Fig. 7 e 8)

Através da análise de superfície de resposta adotada, pode ser verificado que *Achanthidium minutissimum* está diretamente associada ao eixo 1 ACP para as variáveis físicas e eixo 1 da ACP para as variáveis químicas. Ocorreu relação positiva com temperatura da água (auto valor= 0,5101) e nível hidrológico (auto valor= 0,478) e correlação negativa com a turbidez. Para as variáveis químicas da água pode ser verificado correlação com o eixo 1, onde os nutrientes  $\text{NO}_2^-$ ,  $\text{NO}_3^-$  e PT apresentaram os maiores autovalores, e provavelmente a associação destes é que levou esta espécie a apresentar as maiores densidades (anexo 2). Para verificação dos pressupostos foram testados os resíduos da análise (Fig. 7,a - b).

A correlação entre a densidade da espécie e eixo dois da ACP para as variáveis físicas e químicas foram determinadas provavelmente pela turbidez, precipitação, alcalinidade e NT. Estas variáveis apresentaram os maiores autovalores para a análise de componentes principais (Fig. 7, c-d). Quando relacionado o eixo um das variáveis químicas e o eixo dois das variáveis físicas, verificou-se que as espécies estão mais relacionadas às variáveis químicas que as variáveis físicas, apresentando assim uma correlação linear (Fig. 8)

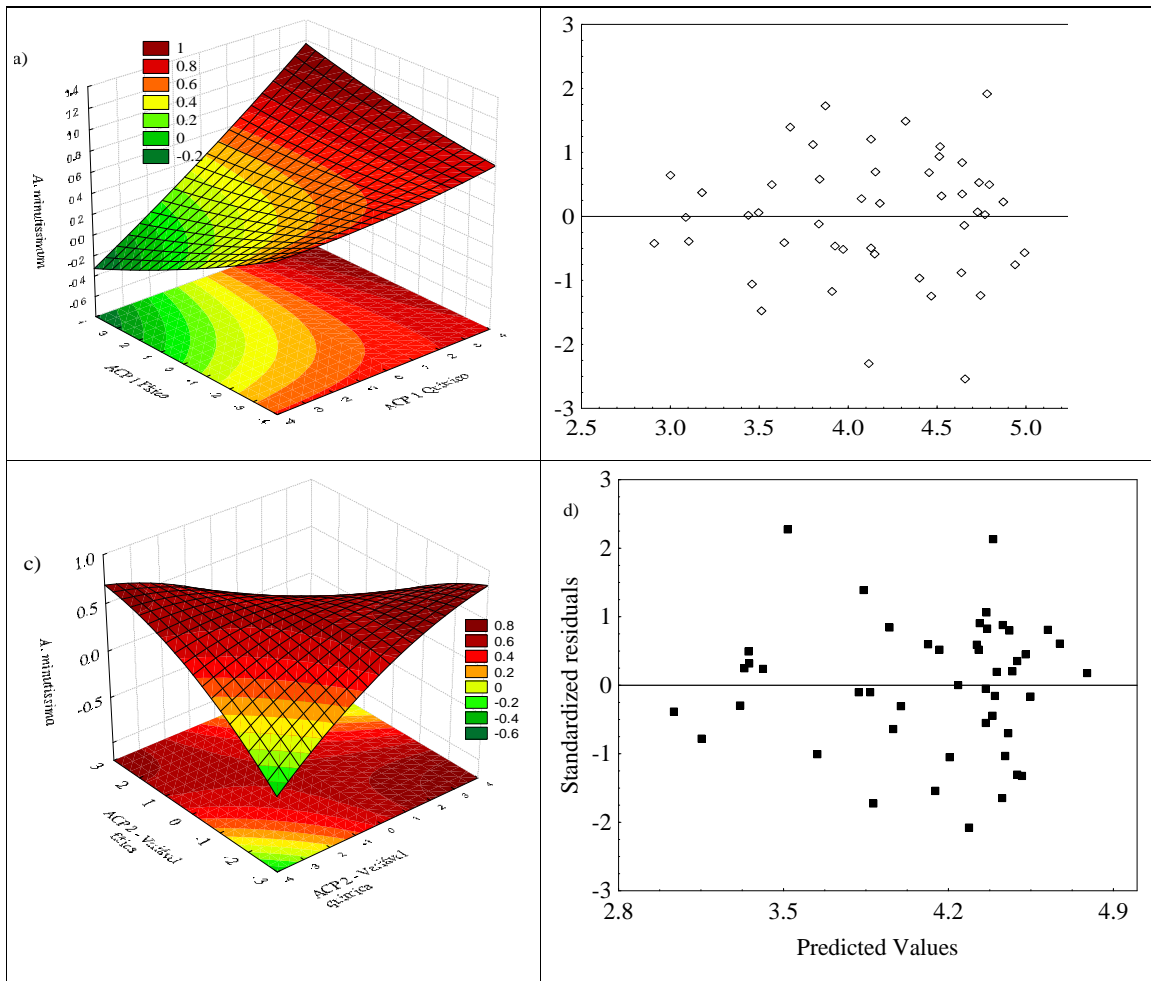


Figura 7. Superfície de resposta ajustada para os parâmetros físicos e químicos das variáveis ambientais relacionando-as com *A. minutissima*, eixo um da análise de componentes principais (a), Resíduos da análise (b), eixo dois da análise de componentes principais (c). Resíduos da análise (d).

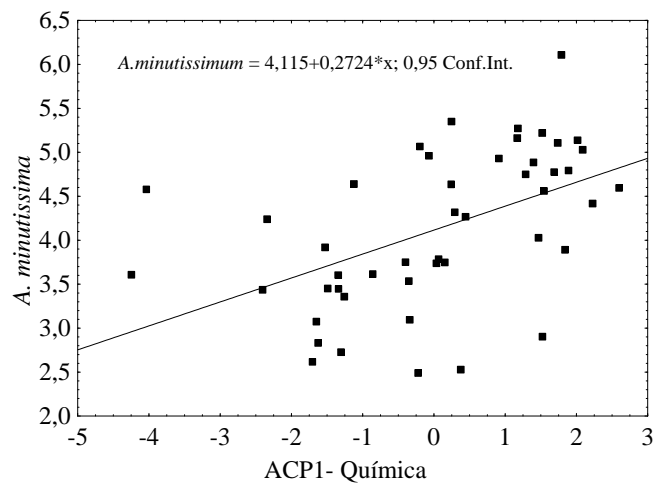


Figura 8. Correlação apresentada entre variáveis químicas da água e a densidade observada de *A. minutissima*.

*Gomphonema gracile* (Fig. 9 e 10)

Através da análise de superfície de resposta adotada, pode ser verificado que este táxon está diretamente associado ao eixo 1 ACP para as variáveis químicas, onde os nutrientes apresentaram os maiores autovalores (NO3=0.4219; N02=0.4959; PT=-0.3888; PDIS=-0.3977 e em relação com as variáveis físicas, a relação foi principalmente com a temperatura. Para o eixo 2 principalmente com alcalinidade e nitrogênio total. Para o modelo o grau de significância de  $r^2=0,4668$ ,  $p=0,000024$ .

O eixo 2 da análise de componentes principais química apresenta relação linear com as variáveis químicas (Fig. 10), contudo, podemos considerar que os valores ajustados para equação do eixo 1 responde melhor aos valores de densidade da espécie estudada (anexo 3).

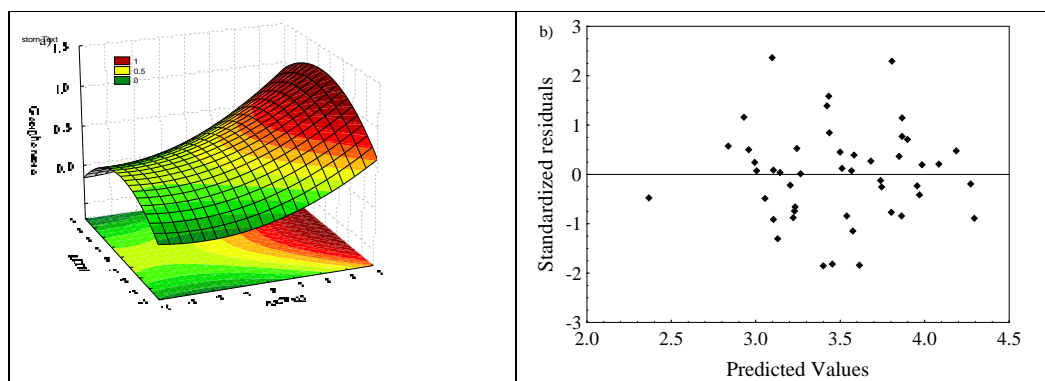


Figura 9. Superfície de resposta ajustada para os parâmetros físicos e químicos das variáveis ambientais relacionando-as com *Gomphonema gracile*, eixo um da análise de componentes principais (a). Resíduos da análise (b).

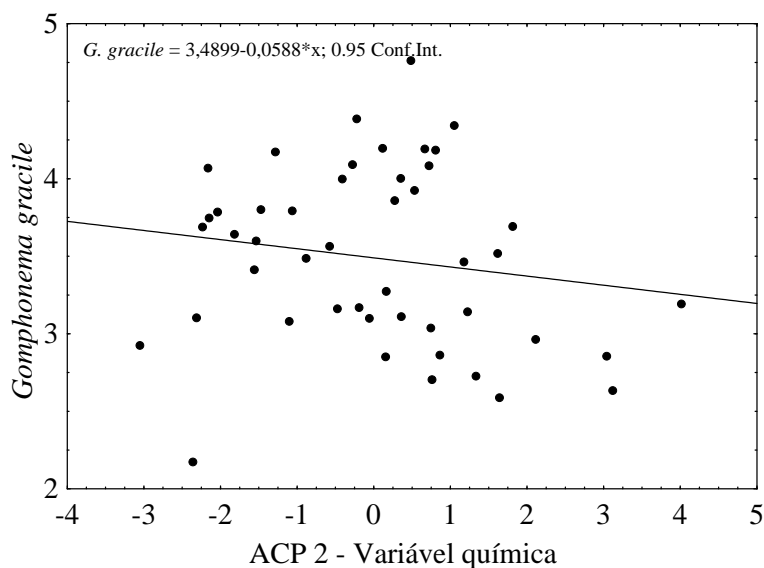


Figura 10. Correlação apresentada entre variáveis químicas da água e a densidade observada de *Gomphonema gracile*.

### *Gomphonema parvulum* (Fig. 11)

Através da análise de superfície de resposta adotada, pode ser verificado que *Gomphonema parvulum* está diretamente associada ao eixo 1 ACP para as variáveis químicas NO<sub>2</sub>, NO<sub>3</sub>, PDis e PT, que apresentaram respectivamente os auto valores 0,4959; 0,4219; 0,3977, 0,3888. Ao analisar os eixos 2 da ACP dos fatores químicos e dos físicos, o modelo não foi significativo. Contudo na análise de resíduos este esteve dentro do intervalo. A relação foi positiva com precipitação e turbidez e negativa com a condutividade elétrica. Houve relação negativa com as concentrações de nitrogênio total, alcalinidade e ortofosfato para o eixo das variáveis químicas (anexo 5).

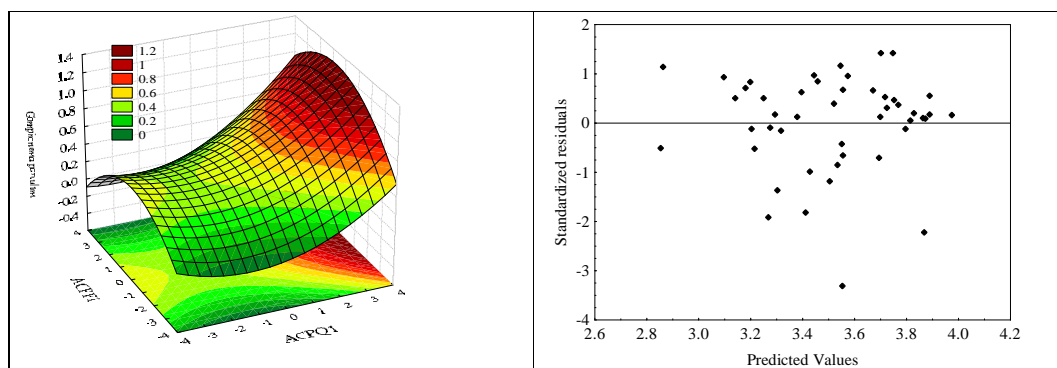


Figura 11. Superfície de resposta ajustada para os parâmetros físicos e químicos das variáveis ambientais relacionando-as com *Gomphonema parvulum*, eixo um da análise de componentes principais (a). Resíduos da análise (b).

### *Gomphonema subtile* (Fig. 12 e 13)

Através da análise de superfície de resposta adotada, pode ser verificado que este táxon apresenta relação direta como o eixo 1 dos parâmetros físicos e com o quadrado do eixo 1. Para os parâmetros físicos a temperatura da água (auto valor= 0,5101), Nível hidrométrico (auto valor= 0,478), Precipitação (auto valor= 0,3912) apresentaram correlação positiva. Negativamente, ocorreu relação com a turbidez (auto valor= -0,3644). Para o modelo, o grau de significância apresentou baixo valor ( $r^2 = 0,237$ ), o que significa que os parâmetros coletados para avaliar a ecologia desta espécie não foram adequados.

Na análise do resíduo foi verificado uma tendência separando os locais. Este fato é devido ausência da espécie nestes locais. Foram ajustados os dados, retirando-se as estações onde os táxons não foram registrados. *Gomphonema subtile* apresentou correlação linear com os dados químicos. O valor de significância do modelo foi

$r^2=0.4016$ ,  $p= 0.000097$ . Para o eixo 2 da ACP tanto físico quanto químico, o  $r^2$  do modelo não foi significativo apesar de apresentar correlação entre os dois eixos (anexo 4).

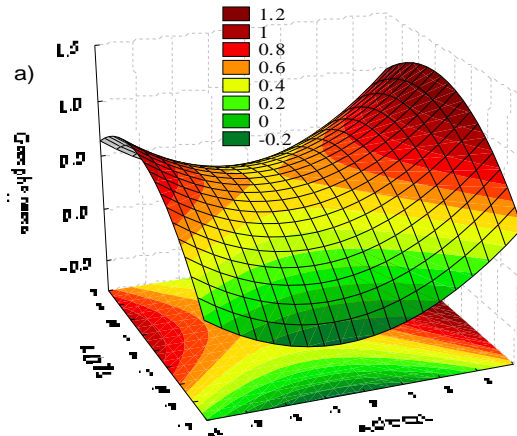


Figura 12. Superfície de resposta ajustada para os parâmetros físicos e químicos das variáveis ambientais relacionando-as com *Gomphonema subtile*, eixo um da análise de componentes principais.

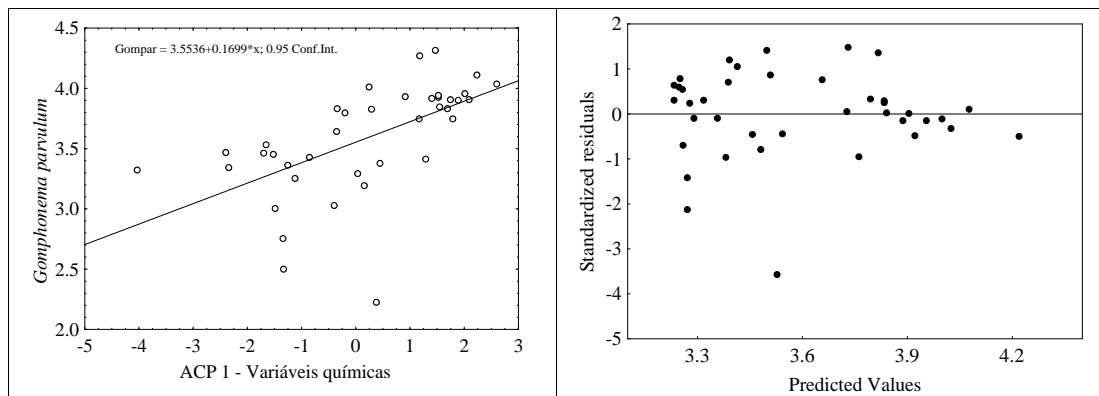


Figura 13. Correlação apresentada entre variáveis químicas da água e a densidade observada de *Gomphonema subtile*.

#### *Gomphonema* sp1 (Fig. 14)

Os valores de densidade observados para *Gomphonema* sp1 apresentaram correlação com o eixo 2 da ACP para as variáveis químicas NT (-0.4615), alcalinidade (-0.4146) PDIS ( $r=-0,3023$ )  $PO_4$  ( $r=-0,3492$ ). Mas nenhuma interação com as variáveis físicas. Provavelmente as variáveis ambientais mensuradas não foram o suficiente para explicar a densidade dos organismos observados. O modelo gerado apresentou baixa correlação  $r^2= 0.135541$   $p=0,040586$  (anexo 6)



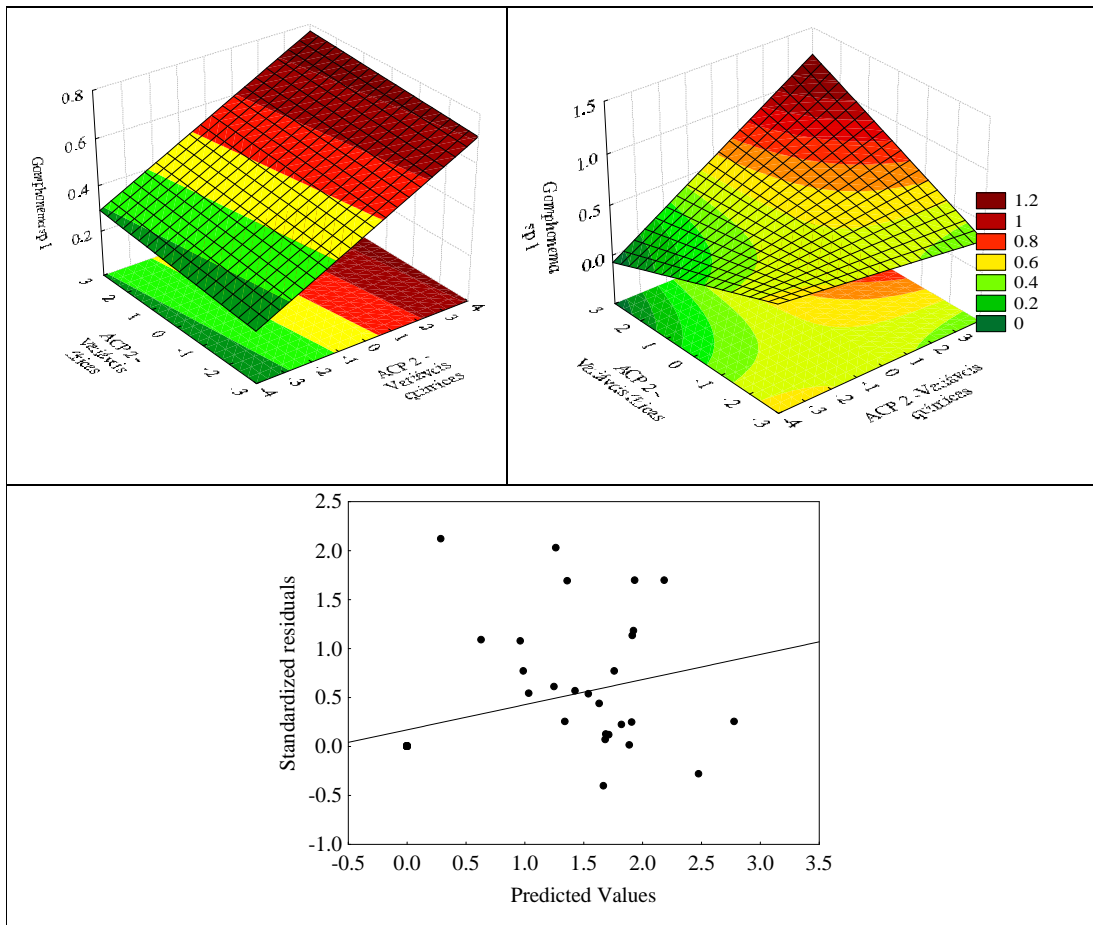


Figura 14. Superfície de resposta ajustada para os parâmetros físicos e químicos das variáveis ambientais relacionando-as com *Gomphonema sp1*, eixo um da análise de componentes principais (a, b). Resíduos da análise (c).

#### *Encyonema mesianum* (Fig. 15)

As densidades apresentadas por este táxon apresentaram relação direta com os eixos 1 das variáveis químicas e físicas. Para o eixo 1 da ACP das variáveis químicas, os nutrientes  $\text{NO}_2^-$  (auto valor 0,4959),  $\text{NO}_3^-$  (auto valor 0,4219), PT (auto valor -0,3888) e Pdisol.(auto valor -0,3977) apresentaram os maiores autovalores. Para o eixo 1 das variáveis físicas, a temperatura da água, nível hidrométrico e precipitação apresentaram os maiores autovalores. Para o eixo dois da variável física e química não foram verificados nenhuma correlação (anexo 7).

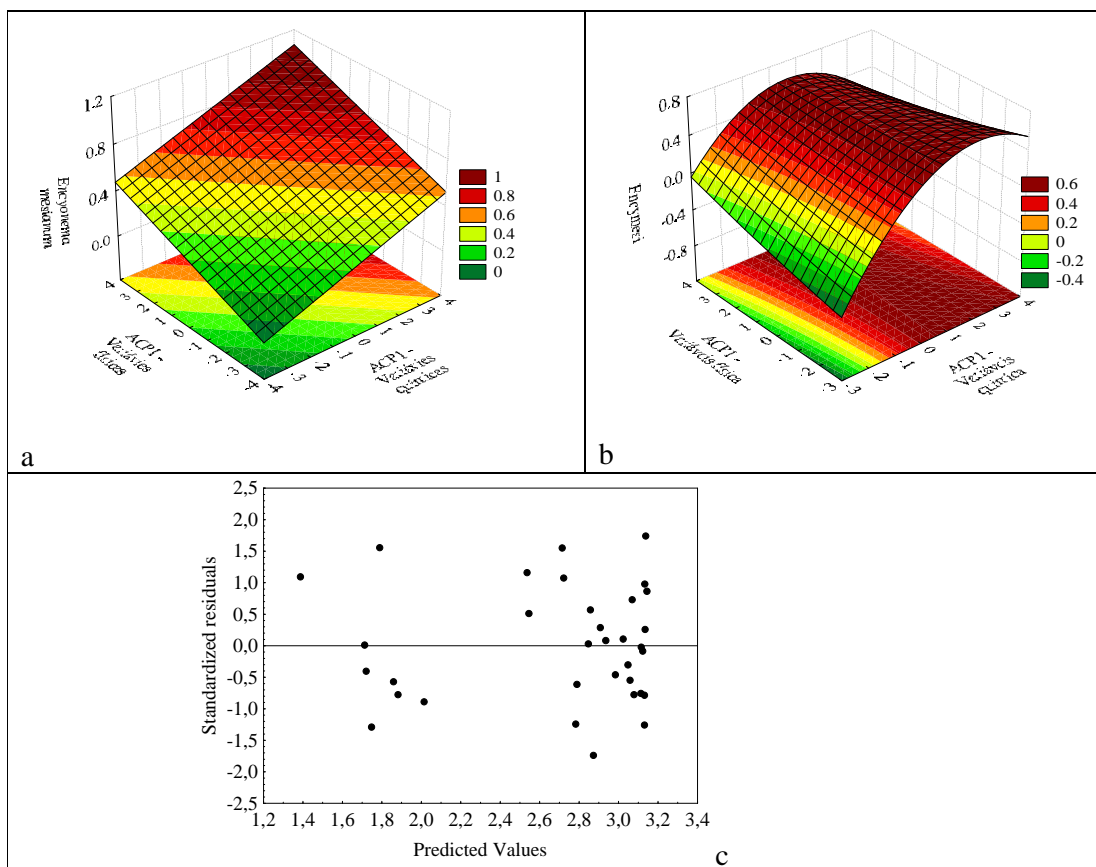


Figura 15. Superfície de resposta ajustada para os parâmetros físicos e químicos das variáveis ambientais relacionando-as com *Encyonema mesianum*. Eixo 1 da análise de componentes principais (a, b); análise do resíduo (c).

A análise do resíduo demonstrou a formação de dois grupos distintos onde foram formados dois grupos um composto pelos ressacos do Leopoldo e Bilé de janeiro de 2002, dezembro de 2001 o Pau Véio e Manezinho para o mês de novembro o ressaco do Pau Veio e Manezinho e para o mês de agosto o ressaco do Leopoldo. Ao gerar um novo modelo para explicar estes grupos verificou-se que as variáveis químicas apresentaram uma alta correlação, com explicabilidade de modelo  $r^2 = 0,54$ ,  $p = 0,000084$ . Provavelmente associado ao aumento das chuvas e conseqüentemente o aumento da disponibilidade de nutrientes no meio. Este táxon mostrou-se mais sensível às variações químicas que físicas.

#### *Encyonema minutum* (Fig. 16)

Através da análise de superfície de resposta adotada foram verificadas todas as interações possíveis e estas não apresentaram relação direta com a densidade do táxon

encontrado. Para *Encyonema minutum*, o único eixo a apresentar correlação foi o eixo 1 ACP para as variáveis químicas, onde os nutrientes apresentaram os maiores autovalores (NO3=0.4219; N02=0.4959; PT=-0.3888; PDIS=-0.3977).

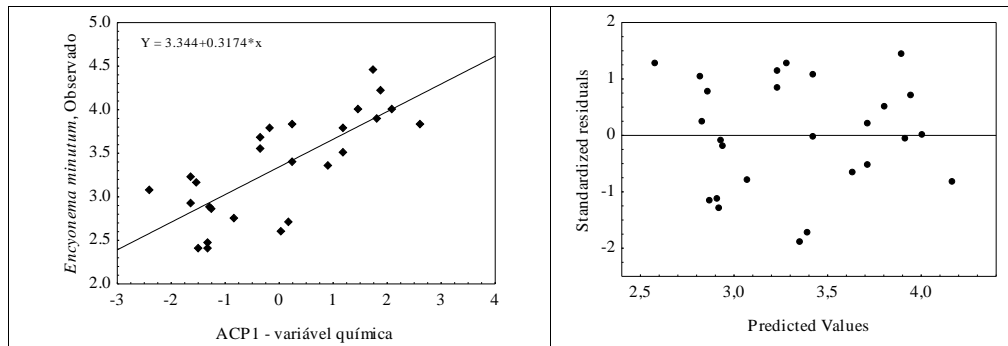
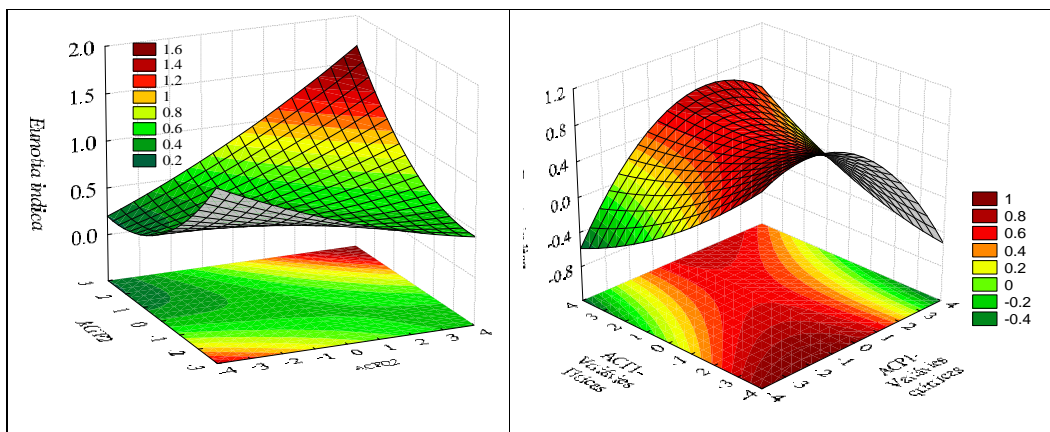


Figura 16. Correlação apresentada entre variáveis químicas da água e a densidade observada de *Encyonema minutum* (a), resíduo da análise (b).

### *Eunotia indica* (Fig. 17)

Pode ser verificado que a distribuição de *Eunotia indica* esteve associada ao eixo 2 ACP para as variáveis físicas turbidez (auto valor= 0.553), condutividade (auto valor 0.4201) e precipitação (auto valor 0.5463). Para as variáveis químicas, as maiores relações foram para nitrogênio total ( auto valor 0,4615), fósforo total (auto valor 0,2861), fósforo dissolvido (auto valor -0,3023) e orto fosfato (auto valor -0,3492). Contudo o  $r^2$  para este modelo não foi significativo. Ou seja, apesar da correlação desta espécie com os eixos da ACP, estas variáveis não apresentaram relação com o táxon (anexo 8).



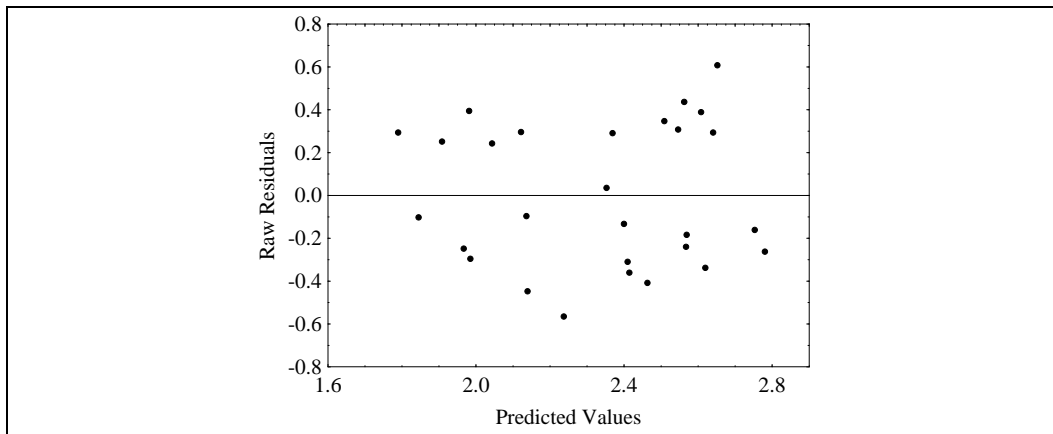


Figura 17. Superfície de resposta ajustada para os parâmetros físicos e químicos das variáveis ambientais relacionando-as com *Eunotia indica*, eixo um da análise de componentes principais (a, b). Modelo excluindo as estações onde o táxon não ocorreu (a), resíduo da análise (c).

#### *Fragilaria capucina* var. *fragilarioides* (Fig. 18)

A distribuição de *Fragilaria capucina* var. *fragilarioides* esteve diretamente associada ao eixo 1 ACP para as variáveis químicas. O modelo apresentou uma explicabilidade de  $r= 0,2412$ ,  $p= 0,0182$ .

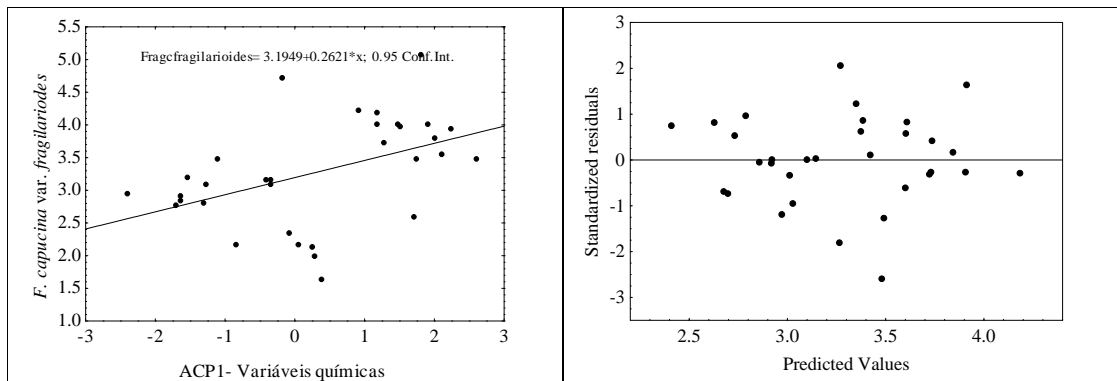


Figura 18. Eixo um da análise de componentes principais (a) relacionando-as com *Fragilaria capucina* var. *fragilarioides*. Resíduo da análise (b).

#### *Nitzschia amphibia* (Fig. 19)

Através da análise de superfície de resposta adotada, pode ser verificado que *Nitzschia amphibia* está diretamente associada ao eixo 1 ACP para as variáveis físicas, que apresentou correlação positiva com temperatura da água (autor valor= 0.5101) e nível hidrológico (auto valor= 0.478) e negativamente com a turbidez. Apresentou

correlação também com o eixo 2 da ACP para as variáveis químicas alcalinidade, NT, PDIS e PO4 (respectivos auto valores=-0,4146, -0,4615, -0,3023 e -0,3492).

Na análise do eixo 2 para variáveis físicas e variáveis químicas, neste eixo os maiores autovalores estão associados a turbidez ( $r =$  auto valor 0,553), precipitação (auto valor= 0,5463) e negativamente com condutividade elétrica. Contudo, o modelo para estas variáveis não foi significativo  $r^2 = 0,1373$ . O grau de significância do modelo é  $r^2 = 0,6694$ .

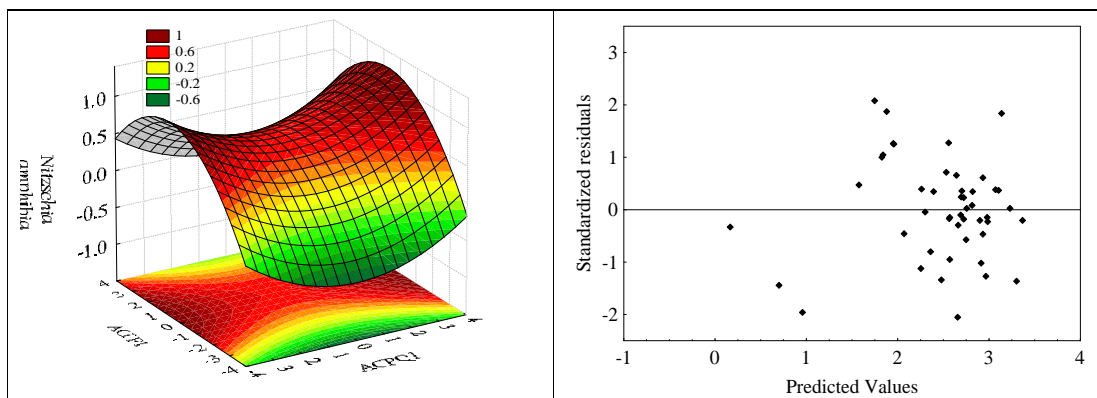


Figura 19. Superfície de resposta ajustada para os parâmetros físicos e químicos das variáveis ambientais relacionando-as com *Nitzschia amphibia*. Eixo 1 da análise de componentes principais (a). Resíduo da análise (b).

## CONSIDERAÇÕES

Cada vez mais se consolida o papel chave da perturbação no entendimento dos padrões de distribuição das comunidades perifíticas (Biggs, 1995; Peterson & Stevenson, 1992; Peterson, 1996; Rodrigues & Bicudo, 2004, entre outros). A resposta da comunidade à perturbação depende não apenas do tipo e da magnitude do distúrbio, mas também das propriedades da comunidade, tais como sua fisionomia, espécies dominantes, mecanismos de adesão e idade (Peterson, 1996).

Para a planície de inundação do alto Rio Paraná, Thomaz *et al.* (1997) mencionam grande variação sazonal das características abióticas dos ambientes semilóticos, associada às flutuações do nível hidrométrico do Rio Paraná.

Nos ambientes estudados, percebe-se que dois aspectos associados ao regime hidrológico foram fundamentais na determinação das diferenças estruturais das

diatomáceas perifíticas em escala sazonal: (a) as condições nutricionais do meio, com maior aporte de nitrogênio e (b) o grau de ligação do ambiente com o rio Paraná.

Em 2001, as perturbações foram causadas pela acentuada flutuação do nível hidrométrico, uma vez que os locais de estudo apresentam uma estreita interação com o Rio Paraná. A operação das comportas à montante da planície, principalmente nos reservatórios de Porto Primavera e Rosana, tornou essas oscilações mais frequentes e drásticas, como já relatado por Agostinho *et al.* (2005), afetando a comunidade perifítica.

As espécies de diatomáceas perifíticas mantêm um bom crescimento e desenvolvimento em condições com baixa concentração de fósforo. Esta condição se fez presente nos ambientes da planície de inundação praticamente durante todo o ano, porém foi mais marcante em período de nível mais elevado. De acordo com Happer (1992), dentro dos sistemas aquáticos há uma forte competição intra e inter específica. Tilman *et al.* (1996) demonstraram que as diatomáceas dominam as culturas de algas onde a razão N:P e temperatura são baixos, algas verdes onde a temperatura e a razão nitrogênio x fósforo se apresentam intermediárias e cianobactéria em altas temperaturas e baixa razão N:P.

No período de nível mais elevado das águas, as diatomáceas perifíticas apresentaram um incremento superior ao observado no período de nível mais baixo. Dentre os táxons, apenas *Achnanthydium minutissimum*, considerado a única espécie dominante, apresentou elevação de densidade que determinaram o padrão geral de densidade das diatomáceas no período de nível mais elevado. *Achnanthydium minutissimum* é uma espécie cosmopolita e com alta amplitude ecológica. Considerada como espécie pioneira, hábil em manter taxas de crescimento positivas nos estágios finais de sucessão, imigrante rápida, cosmopolita e com boa amplitude ecológica, é geralmente tida como dominante em ambientes onde há corrente de água, além de constantes trocas de matéria (Stevenson *et al.*, 1991). Este táxon é considerado bastante resistente a perturbações, em função de seu diminuto tamanho e forte mecanismo de adesão ao substrato (Biggs & Thomsen, 1995). Os fios mucilaginosos secretados pelo poro apical permite um alcance maior de luz e nutrientes. Em experimentos Stelzer & Lamberti (2001) verificou que *Achnanthydium minutissimum* respondeu diretamente as mudanças ocorridas nas relações N:P. Quando esta relação era alta ocorriam as maiores densidades, quando estas diminuía ocorria também um decréscimo na abundância relativa. No período estudado e de acordo com as análises realizadas, *Achnanthydium minutissimum* apresentou correlação com o aumento das formas de nitrogênio nos ambientes, assim como com a baixa turbidez.

Outras espécies, em menor grau, também apresentaram flutuações associadas aos distúrbios. Os representantes do gênero *Encyonema* (*E. minutum*), apresentam alta capacidade de colonização e de substituição de espécies, sendo consideradas pioneiras e/ou oportunistas (Ács & Kiss, 1993). Suas espécies apresentaram correlação positiva com o aumento de nitrogênio. Ainda, houve pronunciado aumento de *Fragilaria capucina* var. *fragilarioides* no mês de junho, final do período de nível mais elevado. Já outras espécies, como *Nitzschia palea* tiveram elevação numérica apenas no período de níveis mais baixos. Biggs & Thomsen (1995) observaram melhor mecanismo de adesão na primeira espécie em relação à *N. palea*, o que deve ter favorecido sua permanência no substrato, mesmo sob ação da turbulência da água.

Assim, a resposta das espécies às variações encontradas no ambiente foi nítida, uma vez que os primeiros meses correspondem aos períodos de maior nível hidrométrico, maior transparência da coluna de água e maior aporte de nitrogênio. Já no segundo período, há uma menor flutuação do nível hidrométrico, sendo que os ambientes estudados não estavam mais diretamente associados à calha principal do rio Paraná.

Conclui-se que o nível hidrológico consiste na principal função de força controladora da assembléia de diatomáceas perifíticas nos ambientes semilóticos da planície de inundação, principalmente, pelo seu efeito na disponibilidade de nutrientes, principalmente o nitrogênio, e no grau de ligação com o rio Paraná. Em nível temporal, as perturbações representaram papel chave na dinâmica sucessional das espécies, provocando mudanças na assembléia de diatomáceas. Novos estudos de cunho experimental deverão ser desenvolvidos, pois acredita-se que outras medidas ambientais devam ser testadas, como competição, distribuição do substrato, posição em relação a luz e vento.

## REFERÊNCIAS

- ÁCS, E.; KISS, K.T. 1993. Colonization processes of diatoms on artificial substrates in the River Danube near Budapest (Hungary). *Hydrobiologia*, 269/270: 307-315.
- AGOSTINHO, A. A.; THOMAZ, S.M.; GOMES, L.C. 2005. Conservation of the biodiversity of Brazil's Inland Waters. *Conservation Biology*, 19(3): 646-652.
- BIGGS, B.J.F. 1995. The contribution of flood disturbance, catchment geology and land use to the habitat template of periphyton in stream ecosystems. *Freshwater Biology*, 33: 419-438.

- BIGGS, B.J.F.; THOMSEN, H.A. 1995. Disturbance of stream periphyton by perturbations in shear stress: time to structural failure and differences in community resistance. *J. Phycol.*, 31: 233-241.
- HARPER, D. 1992. *Eutrophication of freshwaters: principles, problems and restoration*. Chapman & Hall, London, 327p.
- HOEK, C. V., MANN, D. G.; JAHNS, H. M. 1995. *Algae: An introduction to Phycology*. Cambridge University, Cambridge, 627p.
- KELLY, M. G.; WHITTON, B. A. 1994. *Survey Methodology for Algae and other Phototrophs in Small Rivers*. Research & Development Note 278. National Rivers Authority, Bristol, 135p.
- LOBO, E.; LEIGHTON, G. 1986. Estructuras de las fitocenosis planctónicas de los sistemas de desembocaduras de ríos y esteros de la zona central de Chile. *Rev. Biol. Mar.* 22(1): 143-170.
- NEIFF, J. J. 1990. Aspects of primary productivity in the lower Paraná and Paraguay Riverine system. *Acta limnologica brasiliensia*, 3: 77-113.
- NEIFF, J. J. 1996. Large rivers of South America: toward the new approach. *Vern. Internat. Limnol.*, 26: 167-180.
- PETERSON, C.G. 1996. Response of benthic algal communities to natural physical disturbance, p.375-402. In R.J. Stevenson; M.L. Bothwell; R.L. Lowe (eds.), *Algal ecology; freshwater benthic ecosystems*. Academic Press.
- PETERSON, C.G.; STEVENSON, R.J. 1992. Resistance and resilience of lotic algal communities: importance of disturbance timing and current. *Ecology* 73: 1445-1461.
- RODRIGUES, L.; BICUDO, D.C. 2004. Periphytic algae, p.125-143. In S. M. Thomaz; A.A. Agostinho; N. S. Hahn (eds.). *The upper Paraná river and its floodplain: physical aspects, ecology and conservation*. Backhuys Publishers, Leiden, The Netherlands.
- ROUND, F. E., CRAWFORD, R. M.; MANN, D. G., 1990, *The Diatoms - Biology and morphology of the genera*. University Press, Cambridge, 747p.
- SAND-JENSEN, K. 1983. Physical and chemical parameters regulating growth of periphytic communities. p. 63-71. In R. G. Wetzel (ed.) *Periphyton of freshwater ecosystem*. Dr. W. Junk Publishers,
- STEVENSON, R.J.; PETERSON, C.G.; KIRSCHER, D.B.; KING, C.C.; TUCHMAN, N.C. 1991. Density-dependent growth, ecological strategies, and effects of nutrients and shading on benthic diatom succession in streams. *J. Phycol.*, 27: 59-69.



THOMAZ, S.M, M.C ROBERTO, & L.M. BINI. 1997. Caracterização limnológica dos ambientes aquáticos e influência dos níveis fluviométricos, p.73-102. *In* A.E.A.M Vazzoler; A.A. Agostinho; N.S. Hanh (eds.), A planície de inundação do alto Rio Paraná. EDUEM.

UTERMÖHL, H. 1958. Zur Vervollkommung der quantitativen phytoplanktonmethodik. *Mitt. Int. Verein. Limnol.* 9: 1-38.

## ANEXO

### *Equação do modelo de análise de superfície*

#### 1. *Aulacoseira granulata*

A distribuição desta espécie no ambiente pode ser descrita pela equação  $A. granulata = 4,39296 - 0,07933 * Q2 - 0,07901 * (Q2)^2 - 0,2044 * F2 - 0,5558 * (F2)^2 - 0,26413 * (Q2 * F2)$ . Onde os valores encontrados para  $Q2 = 0,11708$ ,  $p = 0,709377$ ;  $(Q2)^2 = 8,885$ ,  $p = 0,0021$ ;  $F2 = 7,959$ ,  $p = 0,0035$ ;  $(Q2 * F2) = 16,74805$ ,  $p = 0,00005$ .

O valor de significância do modelo  $r^2 = 0,3722$ ,  $p = 0,00050$ , esta baixa explicabilidade provavelmente esta associada a outros valores não mensurados durante a amostragem. Contudo devido a tendência apresentada foram retiradas as estações que apresentavam zero e refeita a análise de superfície de resposta, com isto o grau de significancia foi maior  $r^2 = 0,3851$ ,  $p = 0,0087$ .

#### 2. *Achanthidium minutissimum*

Para o eixo um da análise de componentes principais verificamos que a distribuição desta espécie no ambiente pode ser explicada através da equação onde  $A. minutissimum = 4,07918264 + 0,384940246 * Q1 - 0,14444836 * F1 + 0,088505246 * (Q1 * F1)$ . O valor de significância do modelo para o eixo um da ACP química e ACP física foi de  $r^2 = 0,4248$ ,  $p = 0,000024$

Para o eixo dois a equação poderá assumir os seguintes valores  $A. minutissimum = 4,39296 - 0,07933 * Q2 - 0,0790 * (Q2)^2 - 0,2044 * F2 - 0,14555 * (F2)^2 - 0,26413 * (Q2 * F2)$ . O valor de significância do modelo  $r^2 = 0,255$ ,  $p = 0,0028$ , esta baixa explicabilidade provavelmente esta associada a outros valores não mensurados durante a amostragem.

#### 3. *Gomphonema gracile*

Para o modelo o grau de significância de  $r^2 = 0,4668$ ,  $p = 0,000024$ . A equação do modelo pode ser descrita como:  $G. gracile = 3,4774 + 0,24508 * Q1 + 0,04888 * (Q1)^2 + 0,02988 * F1 - 0,0593 * (F1)^2$ , Onde:  $Q1 = 5,9832$ ,  $p = 0,000000$ ;  $(Q1)^2 = 0,5969$ ,  $p = 0,067523$ ;  $F1 = 0,0593$ ,  $p = 0,5573$ ;  $(F1)^2 = 0,898$ ,  $p = 0,0262$ .

#### 4. *Gomphonema subtile*

Para o modelo o grau de significância de  $r^2=0,4668$ ,  $p= 0,000024$ . A equação do modelo pode ser descrita *G*.

$subtile=0,26240+0,2279*Q1+0,187910*(Q1)^2+0,35869*F1-0,16685*(F1)^2$ , onde  
ACPQ1= 5,1736,  $r= 0.0610$ ;  $(ACPQ1)^2 = 8,8193$ ,  $r= 0,01589$ ; ACPF1= 8,5433,  $r= 0,0175$ ;  $(ACPF1)^2= 7,1001$ ,  $r= 0,02941$ ;

#### 5. *Gomphonema parvulum*

Para o modelo o grau de significância de  $r^2=0,4256$ ,  $p= 0,000087$ . A equação do modelo pode ser descrita como: *G*.

$parvulum=3,48288+0,18136*Q1+0,05492*(Q1)^2+0,34840*F1-0,05621*(F1)^2$   
 $Q1=3,2764$ ,  $p=0,000023$ ;  $(Q1)^2=0.753$ ,  $p= 0,027$ ;  $F1= 0.0806$ ,  $p=0,4589$ ;  $(F1)^2=0, 080$   $p= 0,022798$ .

#### 6. *Gomphonema sp1.*

Para o modelo o grau de significância de  $r^2=0,4256$ ,  $p= 0,000087$ . A equação do modelo pode ser descrita como *Gomphonema sp.1*= $1,49132486-0,22667*Q1-0,12531*F1-0,16759*(Q1*F1)$ , onde  $Q1= 4,672$ ,  $p= 0,1305$ ;  $F1= 0,4218$ ,  $p=0,3998$ ;  $Q1*F1=10,4140$ ,  $p=0,0262$ . Contudo o modelo não foi significativo,  $r^2= 0,117$ ,  $p=0,142$ .

#### 7. *Encyonema mesianum*

Para o modelo o grau de significância de  $r^2=0,47935$ ,  $p=0,000003$ . A equação do modelo pode ser descrita como *Encyonema mesinum*= $1,91393+0,402405*Q1+0,372889*F1$ . Os resíduos foram avaliados e pode ser verificado dois grupos formados onde um dos grupos correspondiam aos locais onde a espécie não havia ocorrido, ao excluirmos estes locais, o grau de significância do modelo foi maior  $r^2= 0,5999$  e  $p= 0.000017$ . A correlação entre os grupos formados e as variáveis ambientais foi testado em novo modelo, mas, os valor encontrado não foi significativo. Ficando a equação como mais adequada para explicar a alta densidade este grupo nos ambientes estudados.

#### 8. *Enotia indica*

O modelo pode ser descrito pela equação *Eunotia indica*= $1,062+0,253*Q2+0,0592*(Q2)^2+0,1576*F2+0,2428*(F2)^2+0,3014*Q2*F2$ , onde:  $Q2= 6,00780$ ,  $r= 0,038655$ ;  $(Q2)^2= 1,64462$ ,  $r= 0,270146$ ;  $F2= 1,30569$ ,  $r= 0,325086$ ;  $(F2)^2=$

3.63104,  $r = 0,10435$ ;  $(Q2^2F2) = 8,0895$ ,  $r = 0,01737$ . O resíduo da análise demonstrou a formação de dois grupos que um das estações onde a espécie não foi observada e o outro com altas densidades, na exclusão das estações onde a ocorrência deste táxon não foi observado. E uma nova equação foi plotada *Eunotia indica* =  $2,61658 - 0,05255 * Q1 - 0,10831 * (Q1)^2 - 0,0587 * F1 + 0,004 * (F1)^2 + 0,1082 * Q1 * F1$ , onde  $Q1 = 0,13598$ ,  $P = 0,313838$ ,  $F1 =$  , Para o modelo o grau de significância de  $r^2 = 0,4396$ ,  $p = 0,0078$ .  $(Q1)^2 = 1,72271$ ,  $p = 0,001287$ ,  $F1 = 0,14681$ ,  $p = 0,295732$ ,  $(Q1 * F1) = 1,31393$ ,  $p = 0,0039$ .

This document was created with Win2PDF available at <http://www.win2pdf.com>.  
The unregistered version of Win2PDF is for evaluation or non-commercial use only.  
This page will not be added after purchasing Win2PDF.