

VARIAÇÃO SAZONAL DE ALGUMAS CARACTERÍSTICAS LIMNOLÓGICAS DA LAGOA DOS PATOS/MS

Alessandra Honjo Ide¹, ; Fernanda Dittmar Cardoso¹; Mauricius Marques dos Santos¹; Júlio César Rodrigues de Azevedo^{1,2}

RESUMO

Este estudo teve por objetivo investigar variações espaciais e temporais de algumas características limnológicas: carbono orgânico dissolvido, pH, temperatura, oxigênio dissolvido, disco de Secchi, condutividade elétrica, alcalinidade total, turbidez, potencial redox, nitrogênio (nitrato, nitrito, amoniacal, total), fósforo reativo, fósforo dissolvido, fósforo total e clorofila-a. As amostragens foram realizadas bimestralmente (mai/02 a mar/04) na região pelágica, litorânea e no canal de comunicação do lago com o Rio Ivinheima. As análises espectroscópicas de emissão de fluorescência e na região do ultravioleta e visível foram realizadas para caracterizar a matéria orgânica natural dissolvida. Os resultados indicaram as variações sazonais das características limnológicas foram causadas, principalmente, por dois períodos: em águas altas ocorre a diminuição do oxigênio dissolvido, aumento do dióxido de carbono, entrada de nutrientes e carbono orgânico alóctone (pedogênico) alterando as características do lago; no período de águas baixas, ocorre suspensão do sedimento pela ação dos ventos, aumentando a turbidez, a dissolução de substâncias húmicas, diminuição da transparência da água, auto fertilização e aumento da biomassa da fitoplânctônica. Por meio das variações abióticas e bióticas foi observado que o período de decomposição ocorre de novembro/março e o de produtividade primária de junho/setembro.

Palavras-chave: sazonalidade; planície de inundação; limnologia; substâncias húmicas.

SEASONAL VARIATION OF SOME LIMNOLOGICAL CHARACTERISTICS IN LAGOA DOS PATOS/MS

ABSTRACT

The spatial and temporal variations of limnological characteristics were investigated: dissolved organic carbon, pH, temperature, dissolved oxygen, depth by the Secchi disk, electric conductivity, total alkalinity, turbidity, redox potential, nitrogen (nitrate, nitrite, ammoniacal, total), soluble reactive phosphorous, dissolved phosphorous, total phosphorous and the *chlorophyll-a*. Bimonthly samplings (May/02 to Mar/04) were performed in pelagic, littoral region and communication channel of the lake with Ivinheima River. The spectroscopic analyses of fluorescence and also in the ultraviolet and visible light were applied to characterize the natural dissolved organic matter. Results indicate that seasonal variation of limnological characteristics were caused mainly by two periods: in high water is observed a decrease of dissolved oxygen and an increase in carbon dioxide, input of nutrients and allochthonous organic carbon (pedogenic) what change lake characteristics. In the period of low water, the sediment has been suspended through the action of winds what promote an increase of lake turbidity, phytoplankton biomass and dissolved humic substances and a decrease in water transparency and self-fertilization. Through abiotic and biotic variations was observed that the decomposition period occurs from November to March and the primary productivity from June to September.

Keywords: seasonality; floodplain; limnological; humic substances.

INTRODUÇÃO

O Rio Paraná, principal rio da Bacia da Prata, é o décimo maior do mundo em descarga (5,0.108 m³/ano) e o quarto em área de drenagem (2,8.106 km²). Por drenar as regiões mais populosas da América do Sul, os ambientes aquáticos desta bacia têm sido seriamente afetados pela atividade antrópica. Entre os impactos mais comuns, destacam-se as elevadas cargas de biocidas e nutrientes decorrentes do aporte de esgotos domésticos e das atividades agrícolas, desmatamento da

vegetação ripária e, principalmente, construção de barragens (1).

A planície de inundação do Alto Rio Paraná é composta por um grande número de ambientes aquáticos, podendo-se destacar os canais secundários, rios, tributários com características de habitats semi-lóticos e lagoas temporárias e permanentes. Estes ambientes apresentam uma considerável variabilidade quanto às características limnológicas, que estão associadas ao grau de conexão (ou isolamento) com os rios, ao potencial de ação do vento (fetch), à profundidade e ao regime hidrológico dos rios Paraná e Ivinheima (2).

¹Laboratório de Estudos Avançados em Química Ambiental (EAQUA), Programa de Pós Graduação em Ciência e Tecnologia Ambiental, Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

²PELD/PEA-NUPÉLIA, Universidade Estadual de Maringá – Maringá.



Os pulsos hidrológicos constituem a principal função de força de sistemas rios-planícies de inundação (3,4). No entanto, sobrepostos a este fator, os tributários (além do rio principal) alteram as características limnológicas dos habitats a eles associados, elevando a heterogeneidade espacial das áreas de planície e imprimindo uma dinâmica temporal diferente (5). Além desse fator espacial, em macro escala, dentro de um mesmo ambiente aquático, são esperadas diferenças das características limnológicas em amostragens realizadas em regiões pelágicas e litorâneas (6).

Neste estudo, foram analisados os padrões espaciais e temporais de algumas variáveis limnológicas, na Lagoa dos Patos – MS, com a finalidade de caracterizar os processos de produção primária e decomposição e as alterações ambientais provocadas pelos efeitos sazonais na planície de inundação do Alto Rio Paraná, em especial a Lagoa dos Patos – MS.

MATERIAL E MÉTODOS

Área de Estudo

A planície de inundação do Alto Rio Paraná é composta por um grande número de ambientes aquáticos, sendo que os afluentes, da margem direita, são os rios Baía e Ivinheima, e o canal Curutuba. Esses canais formam um complexo contínuo, subparalelo ao Rio Paraná, e com diversas ligações com este último.

A Bacia do Rio Ivinhema correspondendo a 5,27% da Bacia do Rio Paraná abrangendo uma área de 4,64 milhões de hectares. Encontra-se totalmente no Estado de Mato Grosso do Sul, sendo que o Ivinhema nasce a partir da junção dos Rios Vacarias e Brilhante, desaguando no Rio Paraná (7). O Rio

Ivinheima apresenta profundidade média de 3,9 m, tem um curso perpendicular ao Rio Paraná até sua entrada na planície, onde apresenta uma inflexão de noventa graus e passa a correr paralelamente ao Rio Paraná. Conecta-se com Rio Baía pelo canal Curutuba e ao Rio Paraná pelo canal Ipoitã e dois outros canais. As ligações entre o complexo secundário e o canal principal funcionam como canais contribuintes e distribuintes, de acordo com a diferença de nível hidrométrico entre os diversos rios em comunicação. Este rio apresenta vegetação ripária em diferentes estágios de regeneração.

As coletas foram realizadas bimestralmente, de mar/02 a mar/04, em nove pontos na região superficial e três pontos na região profunda da coluna de água. Foram amostrados três pontos no hipolimnio pelo fato de ser um lago raso e ter sido optado em realizar três pontos centrais, na Lagoa dos Patos/MS, localizada a 22°43'12"S; 53°17'37"W (Figura 1). Esta lagoa apresenta uma profundidade média de 3,5 m, área de aproximadamente 113,8 ha, comprimento de 2.065,6 m e perímetro de 14.783,8 m. Distancia-se do Rio Ivinheima por 10m, com um dique de apenas 0,5 m de altura, e sua conexão com o rio é realizada através de canal com aproximadamente 8 m de largura (8). Os pontos amostrados apresentam características diferentes, onde a entrada do canal (P9) e o canal (P8) apresentam grandes quantidades de macrófitas aquáticas; as margens da lagoa possuem menor proporção de macrófitas aquáticas que o canal e, uma delas é influenciada pelo dique marginal (P5), que o separa do rio; as outras três margens são influenciadas pela várzea, sendo uma delas com predominância de areia (P6).

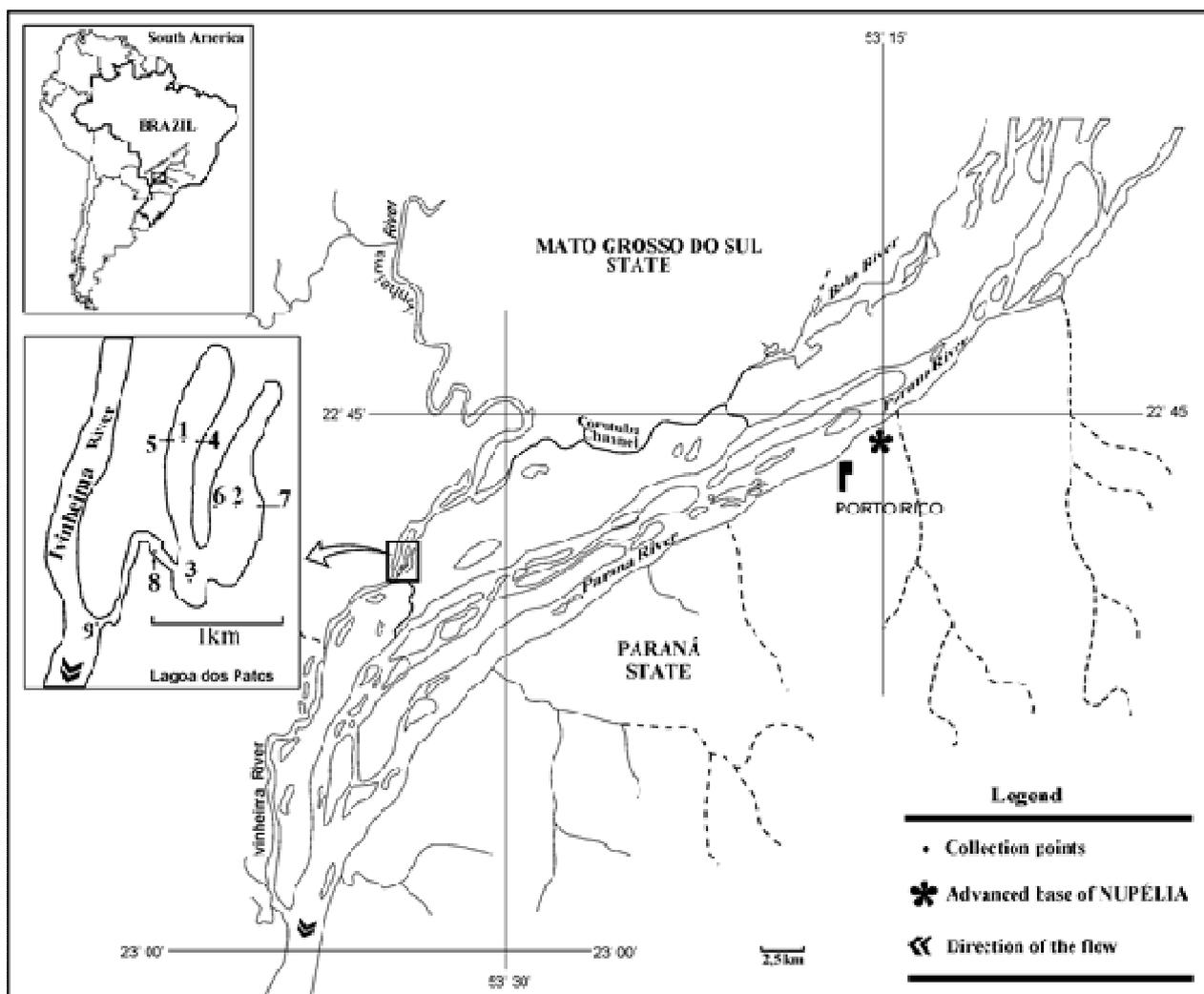


Figura 1. Localização dos pontos amostrados na Lagoa dos Patos-MS. O P1 (1), P2 (2) e P3 (3) foram os pontos centrais (PC), os pontos P4 (4), P5 (5), P6 (6) e P7 (7) foram considerados como margem (PM), o P8 (8) ponto no canal e o P9 (9) conexão do Rio Ivinheira com o canal. As amostragens foram realizadas trimestralmente, de mar/02 a mar/04.

A precipitação local foi medida na estação meteorológica do Nupélia, localizada no Rio Ivinheima, e os níveis fluviométricos foram medidos diariamente em Porto Sumeca - MS. O nível fluviométrico da lagoa foi medido na régua fixa existente no canal (P8).

As amostras de água foram obtidas com garrafa do tipo Van Dorn de 5 L, preservadas a 4 °C e transportadas até a Base Avançada da Universidade Estadual de Maringá, em Porto Rico-PR, onde foram processadas. Em campo, foram medidos: a temperatura do ar e da água; o oxigênio dissolvido (OD); o pH; a condutividade elétrica e o potencial redox da marca DIGIMED, modelo DM2 e DM4. Em seguida, foram determinadas a turbidez e a alcalinidade total pelo método de Gran. As análises químicas da água foram realizadas em amostras in natura e filtradas (membranas Millipore de éster de celulose, 0,45 µm), de acordo com métodos descritos em (9). Foram realizadas amostragens trimestrais, de março de 2002 a março de 2004.

O COD (mg L⁻¹) foi determinado empregando o equipamento TOC 5000-A Shimadzu. Os espectros da absorvância na região do ultravioleta e do visível foram obtidos na faixa de 200 a 700 nm com o espectrofotômetro Varian Cary 50. As análises de fluorescência foram realizadas no F-4500 Hitachi. Foram obtidos os espectros de emissão (λ_{Exc} de 314 e 370 nm) na região de 300 a 600 nm e espectros de varredura sincronizada com excitação de 250 a 600 nm ($\Delta\lambda = 18$ nm), aplicando 240 nm min⁻¹, fenda de 5 nm, cubeta de quartzo de 1 cm e água Milli-Q como branco.

Para resumir a dimensionalidade dos dados e ordenar os resultados, foi utilizada a Análise de Componentes Principais (PCA) considerando os dados climatológicos, hidrológicos e as variáveis químicas e físicas da água. Os valores dos parâmetros, exceto os de pH e absorvância, foram logaritimizados, reduzindo a heterogeneidade das variâncias e atendendo ao pressuposto dos dados serem identicamente distribuídos (10).

Como não foi observada diferença significativa entre os pontos centrais (P1, P2 e P3) optou-se em determinar a média entre estes pontos, denominando-o de P-C (ponto central). O mesmo foi observado para os pontos localizados nas margens (P4, P5, P6 e P7), realizando assim as médias entre os pontos, denominando-o de ponto P-M, sendo

que foram considerados os valores médios e seus respectivos desvios padrões destes pontos (PM e PC).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A precipitação local apresentou valor máximo, considerando a quantidade acumulada no mês, de aproximadamente 300 mm/mês em mai/02 e jan/03, com precipitações mais intensas ocorridas próximas às datas das coletas nestes meses. Os meses de jun/02, set/02 e mai/03 apresentaram os menores índices de precipitação (15 mm/mês), com seus dados dentro da normalidade sazonal.

O valor mínimo do nível fluviométrico foi de 0,5 m no período de águas baixas e 2,2 m em águas altas. As profundidades médias dos pontos centrais (P1, P2 e P3) variaram de 2,0 m em nov/02 a 3,7 m em mar/03, dez/03 e mar/04.

Os resultados da turbidez oscilaram entre 2,5 e 55 NTU. Correlação significativa foi verificada entre o fósforo total e a turbidez ($r = 0,5336$; $p < 0,001$; $N=144$), indicando assim, que o fósforo total está relacionado com a suspensão do sedimento a presença do fitoplâncton ou de ambos. Resultados similares foram obtidos por (11, 12), o qual constatou que a redução da penetração de luz, durante o período em que os ambientes da planície se encontram mais rasos, está associada à ressuspensão do sedimento pela ação do vento, facilitada pela pequena profundidade dos ambientes, como também ao desenvolvimento do fitoplâncton. Outro fator que afeta a penetração de luz é o fato do Rio Ivinheima não se encontrar represado, comportando-se naturalmente como um sistema de transporte e distribuição de material particulado (2).

Durante o período de coleta, os valores mínimos da temperatura da água foram de 18,6 °C em jul/02 e 21,1°C em jul/04, já o valor máximo foi de 31,4 °C em nov/02. Não foi observada estratificação térmica entre a superfície e fundo pelo fato de ser uma lagoa rasa (em média 4 m de profundidade). Também foi observado que normalmente o vento provocava a mistura da coluna da água.

O pH da água da lagoa apresentou-se levemente ácido no período estudado, com valor médio de $6,37 \pm 0,37$ ($N = 144$), sendo o valor mínimo de $5,76 \pm 0,15$ (mar/03) e o

máximo de $7,02 \pm 0,07$ (set/03). As variações do pH observadas nas diferentes coletas e entre os pontos internos da lagoa e os da entrada da mesma, estão relacionadas aos ventos, ao fenômeno da diluição no sistema nos períodos de águas altas, à biomassa fitoplanctônica, aos processos de decomposição e à presença de substâncias húmicas (13,14). Thomaz (11) e Rodrigues et al (14) observaram o mesmo padrão de pH da lagoa dos Patos – MS, ocorrendo aumento no período de maior biomassa fitoplanctônica e sua diminuição nos períodos de decomposição.

A concentração de oxigênio dissolvido apresentou valor médio de $5,94 \pm 1,47$ mg L⁻¹ (N = 144), indicando habitat sub-saturado de oxigênio com características heterotróficas (2). O valor mínimo foi de 2,12 mg L⁻¹ em mar/03 e máximo de 9,24 mg L⁻¹ em set/03. Houve diferença significativa ($p < 0,001$) entre as amostras da superfície e de fundo nas coletas realizadas em jul/02, mai/03, jul/03, dez/03 e jan/04, sendo que esta diferença pode ser explicada pela influência do sedimento, onde ocorre a decomposição da matéria orgânica e conseqüente diminuição do OD (jul/02, mai/03, dez/03 e jan/04), como também o aumento da produtividade primária observada em jul/03, que é maior na região superficial (fótica). Em relação às amostras coletadas nos pontos da lagoa (pontos centrais/margens), em relação ao ponto coletado no canal (P8), observou-se uma diferença significativa em todas as coletas. Esta diferença foi, principalmente, devido à existência, em toda a extensão do canal, de

macrófitas aquáticas, as quais aumentam a quantidade de matéria orgânica no sedimento em fase de decomposição, consumindo assim o OD. No período de águas altas (mar/03, jan/04 e mar/04), observou-se a redução do OD provocado pela decomposição de matéria orgânica e diminuição da clorofila a. Já jul/03 e set/03 foram os meses de maior atividade fitoplanctônica, aumentando, assim, o oxigênio dissolvido, proveniente da fotossíntese, sendo estas variações também observadas por outros autores (5,14).

O oxigênio dissolvido, medido no ponto localizado na entrada do canal e no canal, apresentou correlação significativa ($p < 0,001$) com: a intensidade de fluorescência (IF) com excitação de 370 nm e emissão em 450 nm ($r = -0,6802$); o COD ($r = -0,6329$); o pH ($r = +0,6640$) e com a absorvância em 254 nm ($r = -0,7395$). Pelos valores das correlações, é possível verificar que a quantidade de OD está relacionada à quantidade e ao tipo de fonte do COD, ou seja, fonte alóctone ou autóctone (15,16).

Provavelmente, a variação de COD diminui a quantidade de OD por dois fatores: 1) na transparência da coluna da água, afetando a produtividade primária e 2) pelo aumento de carbono orgânico lábil, ocorrendo consumo de OD na decomposição da matéria orgânica. Estes fatores são confirmados pelas correlações entre OD e IF, COD e absorvância, que são indicativos da fonte alóctone ou autóctone do COD (15,16).

A biomassa fitoplanctônica foi estimada pela concentração de clorofila a, apresentando um valor médio de $5,78 \pm 4,49$ µg L⁻¹ (N = 264). O valor mínimo foi próximo de 2,0 µg L⁻¹ (mai/03, jan/04 e mar/04) e máximo de 17,0 µg L⁻¹ (set/03) nos pontos do centro e margem da lagoa (Figura 2).

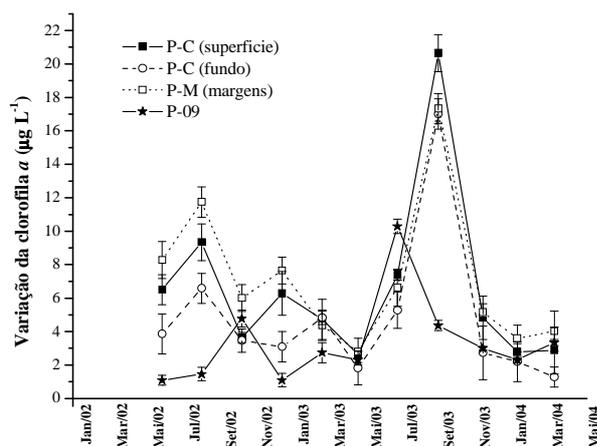


Figura 2. Variação espacial e temporal da biomassa fitoplanctônica (clorofila a) na lagoa dos Patos – MS de mai/02 a mar/04, na superfície e fundo do ponto central (P-C) da lagoa, nas margens (P-M) e na entrada do canal (P9).

A clorofila-a correlacionou-se positivamente ($N = 144$) com: concentração de ortofosfato ($r = 0,5994$, $p < 0,001$), baixa correlação com o OD ($r = 0,2755$, $p = 0,004$) e amônia ($r = 0,2170$, $p = 0,024$). Em geral, concentrações mais elevadas de clorofila-a foram medidas durante o inverno (julho e setembro), período de níveis hidrométricos mais baixos. Isto pode estar relacionado com o fato de que nos períodos de verão, ocorreram maiores intensidade de chuvas, que provocam a interação com a várzea, entrando material lábil. Ou seja, no verão ocorre um domínio da decomposição, o qual irá produzir nutrientes, que são consumidos no inverno e primavera, ocorrendo assim predominância da produtividade primária neste ambiente, neste período.

O valor médio da alcalinidade total, no período amostrado, foi de $162 \pm 95 \mu\text{mol L}^{-1}$ ($N = 144$), com valores mínimos de $60 \pm 9,6 \mu\text{mol L}^{-1}$ em jul/02, set/02 e jan/03 e máximo de $389,3 \pm 12,8 \mu\text{mol L}^{-1}$ em mar/04. Estes valores são baixos, ao serem comparados com os obtidos na planície de inundação do alto Rio Paraná, que se encontra entre 200 e $600 \mu\text{mol L}^{-1}$ (17). Na planície, são encontrados valores baixos em lagoas mais ácidas e ricas em compostos húmicos (2). Foi observado que a variação da alcalinidade, provavelmente, está relacionada à variação das substâncias húmicas dissolvidas. A variação da absorvância e da intensidade de fluorescência emitida no período avaliado (15,16), indicam que as substâncias húmicas (SHs) foram um dos fatores que influenciaram na alcalinidade, onde a reduzida capacidade de tamponamento da lagoa e o aumento das

SHs dissolvidas promovem a diminuição do pH, principalmente nos períodos de águas altas.

Quanto à distribuição vertical, a condutividade elétrica apresentou-se homogênea ao longo da coluna de água. O valor médio da condutividade elétrica, no período amostrado, foi de $34,23 \pm 6,23 \mu\text{S cm}^{-1}$ ($N = 144$), com um valor mínimo de $25,93 \pm 0,76 \mu\text{S cm}^{-1}$ em nov/02, período de águas baixas e, máximo de $47,10 \pm 2,06 \mu\text{S cm}^{-1}$ em jan/03, período de águas altas. Estes valores de condutividade estão de acordo com os valores obtidos em outros trabalhos desenvolvidos na região (2,14,17). A condutividade elétrica apresentou correlação significativa ($p < 0,001$, $N = 144$) de 0,6607 com a alcalinidade total e de 0,6613 com o íon bicarbonato, sugerindo que os bicarbonatos de cálcio e de magnésio encontram-se entre os principais íons que determinam a condutividade.

Para o íon nitrato (Figura 3A), os valores mínimos foram obtidos no período de maior biomassa fitoplanctônica. Os valores máximos foram obtidos por dois processos: a ressuspensão do sedimento (jul/02) e o aumento no período de águas altas, proveniente do Rio Ivinheima, o qual apresenta maior concentração deste íon. Segundo Thomaz et al. (2), os Rios Ivinheima e Paraná constituem-se em importantes fontes de nitrogênio inorgânico na forma de nitrato para os ambientes da planície. Entre os pontos amostrados dentro da lagoa em relação ao canal, houve diferença significativa ($p < 0,05$) em todas as coletas. Esta diferença é

decorrente do Rio Ivinheima apresentar maior concentração deste íon (Figura 3A) e devido à grande biomassa de macrófitas aquáticas existentes no canal, impedindo assim a chegada deste íon na lagoa, pela assimilação do nitrato pelas macrófitas, fitoplâncton e/ou perifiton existentes no canal

Nos períodos de cheia, foi observado que a concentração do N-amoniaco na lagoa é maior do que no canal (Figura 3B). Este aumento está relacionado à decomposição de macrófitas aquáticas e de matéria orgânica na várzea, que é incorporado nos períodos de águas altas. Já no final do período de cheia, a concentração de N-amoniaco foi maior no

canal, sendo que neste período a decomposição está no auge e este ponto apresenta maior quantidade de matéria orgânica proveniente das macrófitas aquáticas. Foi observada correlação entre o potencial redox e a quantidade de N-NH₃ nos pontos das margens ($r = -0,6352$, $p = 0,016$) e de fundo ($r = -0,6017$, $p = 0,028$), indicando que em baixas concentrações de OD, ocorre alteração no processo de nitrificação-desnitrificação (18). Segundo Kuhn et al. (19), um dos principais fatores no aumento da concentração do N-NH₃ é a diminuição da concentração do OD.

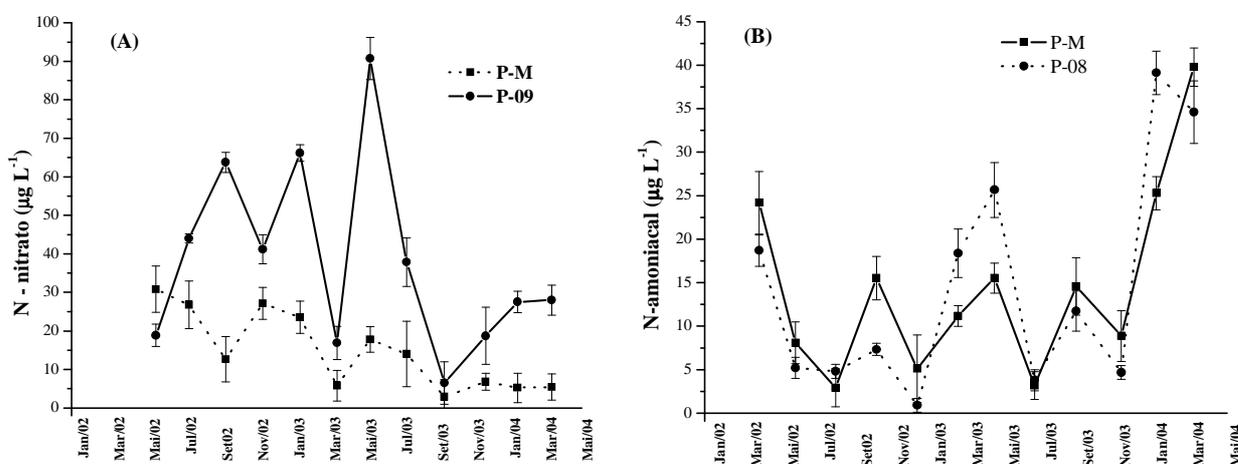


Figura 3. Variação sazonal das concentrações de N-nitrato (N-NO₃⁻) e N-amoniaco (N-NH₄⁺). Valores médios dos pontos das margens (P-M), da entrada do canal (P9), do canal (P8) e dos pontos centrais (P-C), com seus respectivos desvios padrões. As amostragens foram realizadas trimestralmente, de mar/02 a mar/04.

A razão entre o COD (mol L⁻¹) e o nitrogênio orgânico dissolvido (mol L⁻¹) apresenta valor C:N de $50,4 \pm 21,5$, indicando que a matéria orgânica dissolvida apresenta predominância de fonte alóctone, confirmando os resultados das análises espectroscópicas na região do UV-Vis e de emissão de fluorescência.

As distribuições espaciais e temporais do fósforo total e do ortofosfato constam na Figura 4 (A e B). O ortofosfato apresentou correlação positiva ($N = 144$) com a clorofila a ($r = 0,5994$, $p < 0,001$). A quantidade de fósforo total correlacionou ($r = 0,5916$, $p < 0,001$) com a intensidade dos ventos (média dos cinco dias que antecedem a coleta), indicando assim influência dos ventos neste nutriente e confirmando a importância da ressuspensão do sedimento. Assim, podemos afirmar que a variação da concentração de fósforo está relacionada a alguns fatores: nos

períodos de águas baixas (jul/02 e set/02), observou-se um aumento na concentração de fósforo total, provocado pela ação dos ventos ocorrendo a ressuspensão de material degradado nos sedimentos; nos períodos de águas altas, o aumento pode estar relacionado principalmente da entrada de nutrientes da várzea, originados da decomposição de matéria orgânica, ou carreados pela água do rio Ivinheima para a lagoa dos Patos. Pagioro & Thomaz (20, 21) e Azevedo et al. (22) verificaram a grande importância dos processos autóctones, como o da decomposição de macrófitas aquáticas, *Eichhornia azurea* (Kunth), para os ambientes da planície, onde, em condições experimentais, observaram aumento, de até seis vezes, nas concentrações de fósforo total da água, após a decomposição de macrófitas aquáticas.

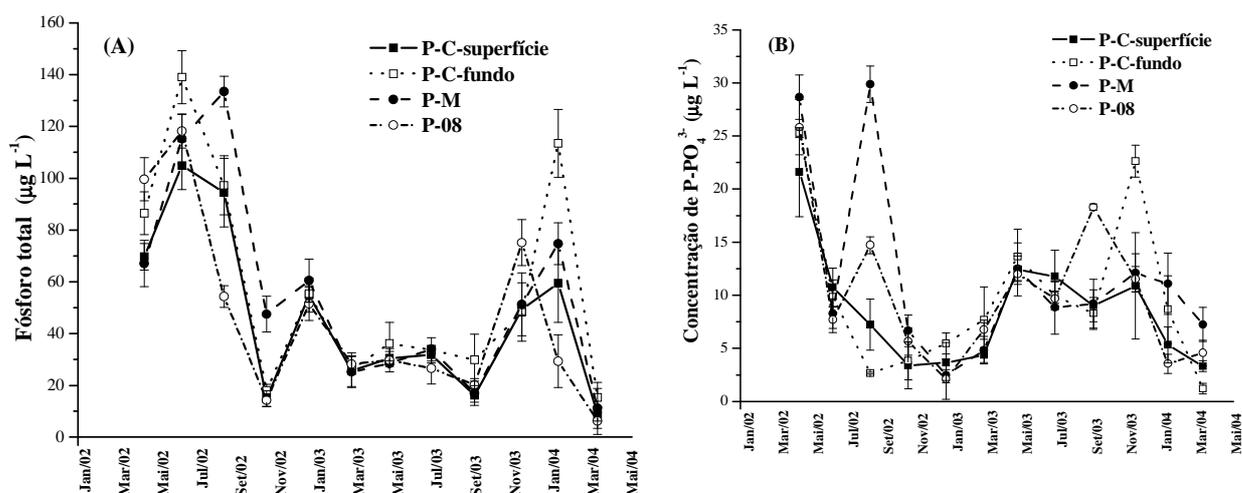


Figura 4. Variação sazonal do fósforo total (A) e do ortofosfato (B) de mai/02 a mar/04 nos pontos centrais (P-C), superfície e fundo, das margens (P-M) e do canal (P8).

Os resultados de COD são valores médios das amostragens nas margens (P-M) por não ter sido observada diferença significativa entre os pontos amostrados nas margens (P-M) e nos pontos centrais (P-C). Foram observadas diferenças significativas do COD entre o ponto de coleta da entrada do canal e do canal em relação aos pontos amostrados dentro da lagoa (Figura 5A).

Neste ambiente foram observados que a razão entre absorbância e o COD, como A_{285}/COD ($32,1 \pm 10,0 \text{ L g}^{-1}$); da SUVA_{254} ($4,4 \pm 0,8 \text{ L mg}^{-1} \text{ m}^{-1}$); da fluorescência com λ_{Exc} em 370 nm ($\text{FR} = \text{Em}_{450}/\text{Em}_{500} = 1,49$

$\pm 0,02$, $\text{PW} > 452,5 \pm 1,8$) indicam que o COD apresenta uma maior proporção de substâncias húmicas (SHs) alóctones dissolvidas do que de substâncias autóctones (16, 23-25), confirmando assim o efeito da sazonalidade na sua composição (Figura 5B) e a relevância da ressuspensão dos sedimentos nas características abióticas da água, com consequente alteração da biomassa fitoplanctônica, medido pela clorofila-a.

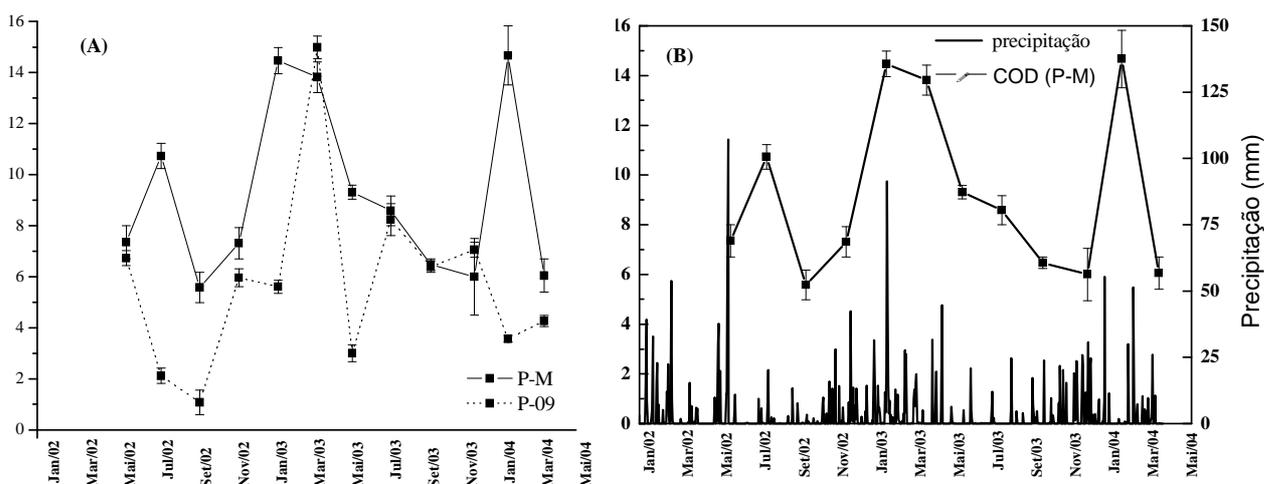


Figura 5. Variação do COD, nos pontos das margens (P-M) e da entrada do canal (P9), de mai/02 a mar/04, com a sazonalidade (A) e do COD, nas margens, com a precipitação local (B).

Verifica-se, pela Figura 6, o aumento da $SUVA_{254}$ ($L\ mg^{-1}\ m^{-1}$) e a diminuição da razão IF/COD nos períodos de chuva, com exceção de set/02. Essas razões estão relacionadas à composição aromática e ao peso molecular do composto dissolvido. Quanto maior for a $SUVA_{254}$, maior é a quantidade de substâncias dissolvidas contendo anéis aromáticos e, quanto menor for a razão IF/COD, o composto orgânico

dissolvido apresenta maior peso molecular, ou seja, ocorre o aumento da proporção de substâncias húmicas dissolvidas ou a variação da proporção dos ácidos fúlvicos/húmicos (AFs/AHs) na composição da matéria orgânica natural (MON). Em set/02, ocorreu uma variação dessas razões pela dissolução de substâncias húmicas com maior peso molecular e anéis aromáticos, provenientes da ressuspensão do sedimento, provocada pela ação dos ventos.

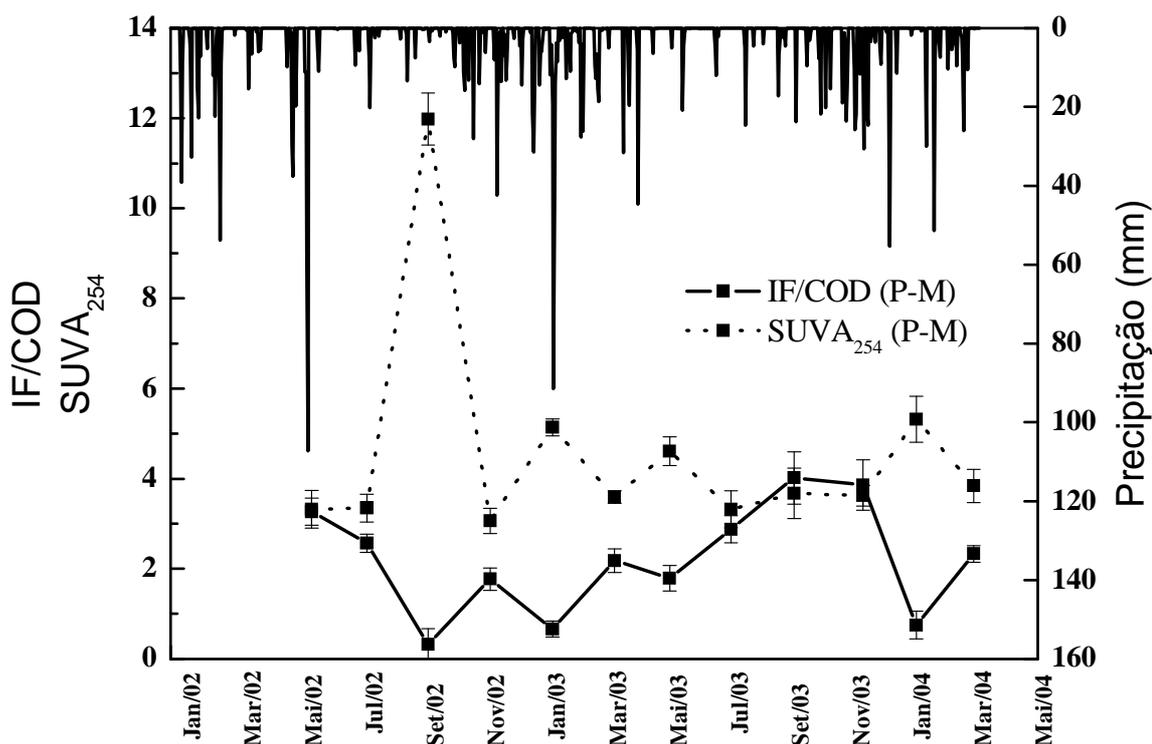


Figura 6. Variação da precipitação local e das razões $SUVA_{254}$ e IF/COD dos valores médios das margens (P-M), com amostragens de mai/02 a mar/04.

Na análise de componentes principais, os três primeiros eixos explicaram 66,10 % da variabilidade total dos dados. Os dois primeiros componentes principais foram considerados na interpretação dos resultados, sendo que o primeiro componente explicou 28,64% e o segundo 20,67% (Figura 7A). O primeiro componente (CP-1) esteve, principalmente, correlacionado positivamente (Figura 7B) com a alcalinidade (0,745) e a

condutividade elétrica (0,478), negativamente com o fósforo total (-0,750), a absorvância em 254 nm (-0,750), a intensidade de fluorescência (-0,609) e com o COD (-0,590). O segundo componente (CP-2) correlacionou-se positivamente com a intensidade de fluorescência (0,639), o COD (0,6141) e a intensidade dos ventos (0,6472); negativamente com: o OD (-0,689) e o ortofosfato (-0,419).

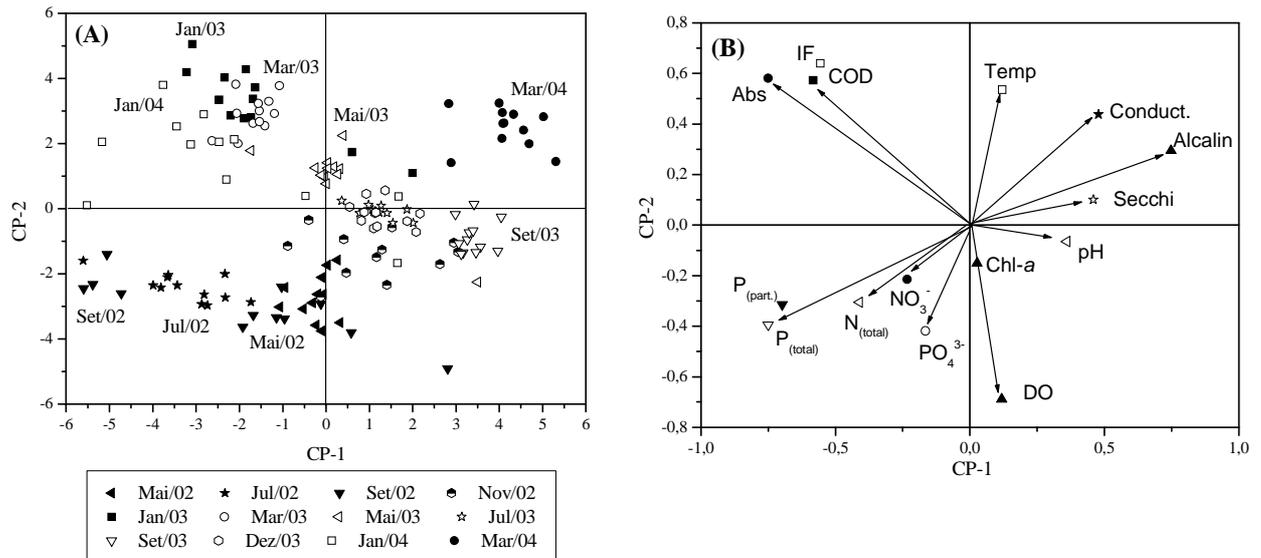


Figura 7. Ordenação dos períodos amostrados em função das variáveis limnológicas (A) e ordenação das variáveis limnológicas (B)

A ordenação das variáveis limnológicas, pelos dois componentes principais, evidenciou as alterações provocadas nos períodos de águas baixas e altas. O primeiro componente representa um gradiente do nutriente fósforo (-0,750) proveniente da ação de ventos (jul/02 e set/02), da entrada de material alóctone (absorvância em 254 nm, -0,750) ou proveniente da decomposição na várzea. O segundo componente representa a variação sazonal do nível fluviométrico: no período de águas altas ocorre à entrada de material alóctone ou da várzea (jan/03, mar/03, jan/04), neste período, também ocorreu o aumento do dióxido de carbono, proveniente da decomposição provocada pelo aumento do nível d'água da lagoa dos Patos, temperatura do meio e diminuição do oxigênio dissolvido, provocado pela atividade bacteriana.

Estes resultados estão de acordo com Agostinho et al (26), os quais relatam que os picos de nutrientes, durante as águas baixas, ocorrem em situações em que o vento ressuspende o sedimento; por outro lado, os picos de durante o início dos pulsos de inundação, decorrem da liberação de nutrientes pela decomposição de biomassa de macrófitas aquáticas e anfíbias

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A alteração dos parâmetros limnológicos estudados na lagoa dos Patos – MS pode ser evidenciada através das variações limnológicas verificadas no período estudado (mai/02 a mar/04). Os fatores que expressão as alterações das variáveis limnológicas estudadas foram: o nível fluviométrico; a precipitação local e a ação de ventos. Estes fatores provocaram as alterações bióticas neste ambiente aquático. No período de águas altas, observou-se uma diminuição do oxigênio dissolvido e aumento do dióxido de carbono, caracterizando assim, a decomposição de matéria orgânica na várzea e, conseqüente aumento de nutrientes e de COD, sendo que o período de decomposição ocorreu entre os meses de novembro a março. Também foi observado que, após o período de decomposição, ocorreu a liberação de nutrientes no ambiente aquático, iniciando o período de produção primária, com aumento da biomassa fitoplanctônica, a qual normalmente ocorreu de junho/setembro.

Através deste estudo foi possível concluir que existem períodos bem distintos de predomínio da produtividade primária (de junho a setembro) e de decomposição (novembro a março). Também foi observado que o vento também é um fator relevante na ressuspensão do sedimento e dissolução de nutrientes

**ALESSANDRA HONJO IDE, FERNANDA DITTMAR
CARDOSO, MAURICIUS MARQUES DOS SANTOS, JÚLIO
CÉSAR RODRIGUES DE AZEVEDO.**

*Endereço para correspondência: Universidade Tecnológica
Federal do Paraná, Campus Curitiba, Sede Ecoville,
Laboratório de Estudos Avançados em Química Ambiental
(LEAQUA), Bloco F, Rua Deputado Heitor de Alencar Furtado,
4900.
Curitiba - PR
81280-340
Fone: (41) 3279-4512
E-mail: jcrazevedo@utfpr.edu.br*

*Recebido em 20/02/2011
Revisado em 02/07/2013
Aceito em 30/09/2013*

REFERÊNCIAS

- (1) AGOSTINHO, A.A.; VAZZOLER, A.E.A.M.; THOMAZ, S.M. **The high River Parana Basin: Limnological and ichthyological aspects.** In: Tundisi, J.G., Bicudo C.E.M., & Matsumura-Tundisi, T. (Eds), *Limnology in Brazil.* Rio de Janeiro: ABC/SBL, 1995. 59-103 p.
- (2) THOMAZ, S. M.; et al. Variação espacial e temporal de fatores limnológicos. In: *Relatório anual. A planície de inundação do alto rio Paraná. Site 6 – PELD/CNPq.* (Coordenação: Agostinho, A. A.; Thomaz, S. M.; Nakatani, K.). Nupélia, PEA, Maringá. 2001.
- (3) JUNK, W.J.; BAYLEY, P.B.; SPARKS, R.E. The flood pulse concept in river-floodplain systems. **Can. Spec. Publ. Fish. Aquat. Sci.**, v. 106, p.110-127, 1989.
- (4) NEIFF, J.J. Ideas para la interpretacion ecológica del Paraná. **Interciencia**, v. 15, n. 6, p.424-441, 1989.
- (5) THOMAZ, S.M.; et al. Seasonal variation of some limnological factors of lagoa do Guaraná, a Várzea Lake of the high Rio Paraná, State of Mato Grosso do Sul, Brazil. **Rev. D'hydrobiol. Trop.**, v. 25, n. 4, p. 269-276, 1992.
- (6) BINI, L.M. **Dinâmica populacional de *Egeria najas* Planchon (Hydrocharitaceae): sobrevivência de uma espécie submersa em um grande ambiente subtropical com elevada turbidez (reservatório de Itaipu Binacional, Brasil-Paraguai).** 2001, 131p. Tese (doutorado em Ecologia). Universidade Estadual de Maringá, Paraná, 2001.
- (7) FARIA, A.; FRATA, A. **Biocombustível: a cana-de-açúcar na região hidrográfica do rio Paraná e a produção de grãos, a pecuária e a cana na sub-bacia do rio Ivinhema.** Campo Grande: Ecoa, 2008.
- (8) SOUZA FILHO, E. E.; STEVAUX J. C. Geologia e geomorfologia do complexo rio Baía, Curitiba, Ivinhemima. In: Vazzole A.E.A.M., Agostinho A. A. and Hahn, N. S. **A planície de inundação do alto rio Paraná. Aspectos físicos, biológicos e socioeconômicos.** EDUEM, Nupélia, Maringá, 1997. p.3-46.

- (9) APHA – AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. **Standard methods for the examination of water and wastewater**. 20th ed., AWWA, WPCF, Washington, D.C. 1998.
- (10) JACKSON, D. Stopping rules in principal component analysis: a comparison of euristical and statistical approaches. **Ecology**, v. 74, p.2204-2214, 1993.
- (11) THOMAZ, S. M. **Influência do regime hidrológico (pulsos) sobre algumas variáveis limnológicas de diferentes ambientes aquáticos da planície de inundação do alto rio Paraná, MS, Brasil**. 1991. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, São Paulo, 1991.
- (12) THOMAZ, S.M.; ROBERTO, M.C.; BINI, L.M. Caracterização limnológica dos ambientes aquáticos e influência dos níveis fluviométricos. In: Vazzoler, A.E.A.M., Agostinho, A.A. & Hahn, N.S. (Eds.), **A Planície de inundação do Alto Rio Paraná: aspectos físicos e biológicos e socioeconômicos**. Maringá: EDUEM, 1997. 73-102 p.
- (13) LAMPERT, W.; SOMMER, U. **Limnoecology: the ecology of lakes and streams**. Oxford University Press, 1997. 306p.
- (14) RODRIGUES, L. C.; et al. Seasonal fluctuation of some limnological variables on a floodplain lake (Patos lagoon) of the Upper Parana River, Mato Grosso do Sul State, Brazil. **Brazilian Arch. Biol. Technol.**, v. 45, n. 4, p.499-513, 2002.
- (15) OLIVEIRA, J. L.; et al. Spectroscopic investigation of humic substances in a tropical lake during a complete hydrological cycle. **Acta hydrochimica et hydrobiologica**, v. 34: p.608-617, 2006.
- (16) AZEVEDO, J. C.R.; et al. Caracterização espectroscópica da matéria orgânica dissolvida da planície de inundação do alto rio Paraná. **Oecol. Bras.**, v. 12, n. 1, p.66-77, 2008.
- (17) ROBERTO, M.C.; SANTANA, N. F.; THOMAZ, S. M. Limnology in the Upper Paraná River floodplain: large-scales spatial and temporal patterns, and the influence of reservoirs. **Braz. J. Biol.**, v. 69, n. 2, p.717-725, 2009.
- (18) GUO, J.; et al. Long-term effect of dissolved oxygen on partial nitrification performance and microbial community structure. **Bioresource Technology**, v. 100, n. 11, p.2796-2802, 2009.
- (19) KUHN, A.; JOHNSON, C. A.; SIGG, L. Cycles of trace elements in a lake with a seasonally anoxic hypolimnion. In: **Environmental chemistry of lakes and reservoirs** (Edited by Baker, L.). American Chemical Society, Washington. 1994. 497p.
- (20) PAGIORO, T.A.; THOMAZ, S.M. Loss of weight and concentration of carbon, nitrogen and phosphorus during decomposition of *Eichhornia azurea* in the floodplain of the upper Parana River, Brazil. **Rev. Brasil. Biol.**, v. 58, n. 4, p.603-608, 1998.
- (21) PAGIORO, T.A.; THOMAZ, S.M. Influence of the decomposition of *Eichhornia azurea* on selected abiotic limnological variables of different environments of the floodplain of the High Parana River. **Acta Limnologica Brasiliensia**, v. 11, n. 2, p.157-171, 1999.
- (22) AZEVEDO, J.C.R.; et al. Contribuição da decomposição de macrófitas aquáticas (*Eichhornia azurea*) na matéria orgânica dissolvida. **Oecol. Bras.**, v. 12, n. 1, p.42-56, 2008.
- (23) FERRARRI, G.; MINGAZZINI, M. Synchronous fluorescence spectra of dissolved organic matter of algal origin in marine coastal waters. **Mar. Ecol. Prog. Ser.**, v. 125, p.305–315, 1995.

(24) PEURAVUORI, J.; KOIVIKKO, R.; PIHLAJA, K. Characterization, differentiation and classification of aquatic humic matter separated with different sorbents: synchronous scanning fluorescence spectroscopy. **Water Res.**, v. 36, p.4552-4562, 2002.

(25) LU, X.Q.; et al. Molecular characterization of dissolved organic matter in

freshwater wetlands of the Florida Everglades. **Wat. Res.**, v. 37, p.2599-2606, 2003.

(26) AGOSTINHO, A. A.; et al. **Structure and functioning of the Parana River and its floodplain**, LTER – site 6 (sítio 6 - PELD). EDUEM, 2004. 92p.