

Capítulo 2

Limnologia

Resumo

Os habitats aquáticos do sistema rio-planície de inundação do alto rio Paraná apresentam características limnológicas distintas e os mesmos podem ser discriminados de acordo com os rios aos quais se encontram conectados. Por exemplo, o rio Paraná e as lagoas a ele conectadas possuem elevadas concentrações de íons totais (refletidas pela condutividade elétrica) e de transparência da água e baixos valores de fósforo, comparativamente aos conectados ao rio Ivinheima. Diferentemente, lagoas conectadas ao rio Baía possuem baixos valores de oxigênio dissolvido e pH. Esse padrão de variação espacial está associado com as características peculiares de cada rio e o mesmo vem sendo mantido desde o início do Projeto PELD. Porém, essas características limnológicas variam temporalmente em função das flutuações dos níveis fluviométricos do rio Paraná, Ivinheima e Baía e também em resposta a funções de força locais, tais como precipitação pluviométrica, entrada de tributários que chegam de fora da planície e morfometria das lagoas. A despeito desse padrão geral, a presença de cadeias de represas a montante tem afetado as características limnológicas do rio Paraná, representando um outro fator que atua em macro escala espacial. Comparações com dados obtidos em períodos anteriores demonstram uma elevação da profundidade do disco de Secchi no rio Paraná (1,03m entre 1986 e 1988; 1,38 m entre 1992 e 1994; 2,80m entre 2000 e 2007). O mesmo é observado para os valores do P-total, cujos valores médios (12,08 µg/L), obtidos entre 2000 e 2007, representam cerca de um terço dos valores obtidos entre 1986 e 1988. Em conjunto esses resultados demonstram que a despeito de os padrões de variação espacial das variáveis limnológicas ter se mantido relativamente constantes nas últimas duas décadas, o mesmo está se alterando no rio Paraná. Uma das causas para essas mudanças é a operação de barragens a montante da área de estudo, conforme largamente enfatizado em estudos anteriores. Neste contexto, merece destaque o reservatório de Porto Primavera, fechado em 1998 e que provocou grande aumento da transparência da água e redução das concentrações de fósforo.

Introdução

A planície de inundação do alto rio Paraná apresenta uma grande variedade de habitats aquáticos, muitos dos quais permanentes, que são importantes sítios para a conservação da diversidade dos organismos aquáticos desse sistema rio-planície

de inundação. Esses habitats apresentam características limnológicas distintas e os mesmos podem, grosso modo, ser discriminados de acordo com os rios aos quais se encontram conectados. Por exemplo, o rio Paraná e as lagoas a ele conectadas possuem elevadas concentrações de íons totais (refletidas pela condutividade elétrica) e de transparência da água e baixos valores de fósforo, comparativamente aos conectados ao rio Ivinheima. Diferentemente, lagoas conectadas ao rio Baía possuem baixos valores de oxigênio dissolvido e pH (Thomaz et al., 2004).

Essas características limnológicas variam temporalmente em função das flutuações dos níveis fluviométricos do rio Paraná, Ivinheima e Baía e também em resposta a funções de força locais, tais como precipitação pluviométrica, entrada de tributários que chegam de fora da planície e morfometria (Carvalho et al., 2001; Rocha & Thomaz, 2004; Thomaz et al., 2004). Porém, a presença de cadeias de represas a montante tem afetado as características limnológicas do rio Paraná, representando um outro fator que atua em macro-escala espacial. Sobreposto a esses fatores, há ainda eventos de baixa recorrência temporal, como é o caso do fenômeno *el Niño*. Com respeito aos efeitos desse último fenômeno, foi demonstrado no último relatório que os ecossistemas aquáticos recuperam suas características limnológicas em tempo relativamente curto após sua ocorrência.

No presente relatório, é discutido os resultados dos principais fatores limnológicos dos habitats que vêm sendo estudados no sítio número 6, obtidos desde o início do projeto. Os mesmos foram primeiramente sintetizados através de uma análise de componentes principais. Em seguida, alguns dos principais resultados são comentados individualmente.

Base de dados analisados

No presente relatório, foram analisados os resultados obtidos entre 2000 e 2007 em todos os ambientes que vêm sendo monitorados na planície de inundação do alto Paraná, ou seja: o rio Paraná e os ambientes a ele conectados (ressaco P. Veio, lagoa das Garças e lagoa Osmar); o rio Ivinheima e as lagoas a ele conectadas (Patos e Ventura); o rio Baía e as lagoas a ele conectadas (Guaraná e Fechada). As coletas de água foram obtidas na superfície, com garrafa de van Dorn e os métodos de análise seguiram a descrição contida no projeto inicial.

Foram selecionadas as variáveis que mais vêm discriminando os ambientes estudados tanto temporalmente quanto espacialmente (ver, por exemplo, Thomaz et al., 2004).

Além disso, procurou-se evitar sobreposição de variáveis que indicam características semelhantes, como por exemplo, turbidez e Secchi. Com base nesses critérios, foram selecionadas as seguintes variáveis abióticas: condutividade elétrica, pH, turbidez, oxigênio dissolvido, fósforo total (P-total), nitrogênio total (N-total), N-nitrato, N-amoniaco e clorofila-*a*. Com os valores log-transformados dessas variáveis, foi realizada uma análise de componentes principais cujos resultados foram usados para discriminar os ambientes e o tempo. Em seguida, foi realizada uma análise temporal dos fatores que mais contribuíram para a discriminação dos ambientes.

Resultados e discussão

Os dois primeiros eixos da análise de componentes principais explicaram 50,74% da variabilidade total dos dados (33 % o componente 1 e 17 % o componente 2 – Figura 1a). O eixo 1 foi influenciado de forma positiva pela condutividade elétrica e negativa pela turbidez, nitrogênio total e N-amoniaco, representando um gradiente de trofia e penetração de radiação sub-aquática. O eixo 2 foi influenciado de forma positiva pela clorofila e de forma negativa pelo oxigênio e N-nitrato.

O eixo 1 separou o rio Paraná e os habitats a ele conectados dos demais locais (Figura 1b). Assim, os habitats do rio Paraná podem ser caracterizados como sendo os que apresentam a maior transparência da água e os maiores valores de N-nitrato, pH e condutividade elétrica. As lagoas, Fechada, Guaraná e Ventura, posicionadas no lado esquerdo do espaço bivariado, possuem as maiores concentrações de P-total, N-total e N-amoniaco. O rio Ivinheima apresenta características intermediárias, possuindo maiores concentrações de P-total, N-total e maior turbidez do que o rio Paraná.

De uma forma geral, esse padrão de ordenação detectado pela análise de componentes principais vem se mantendo na planície desde o início dos estudos desse sistema, na década de 80. Em outras palavras, as lagoas são locais mais ricas em nutrientes do que os rios e dentre esses, o rio Paraná caracteriza-se por ser o mais pobre em fósforo e com menor turbidez.

A ordenação resultante da análise de componentes principais também demonstra claramente que os ecossistemas lênticos são os mais ricos em nutrientes, clorofila e turbidez. Dentre esses, destaca-se a lagoa Fechada. O elevado grau de trofia dessas lagoas também tem sido detectado desde o início dos estudos na planície do rio Paraná, e o mesmo pode ser atribuído a causas diferentes durante o ciclo hidrológico. Durante as águas altas, a decomposição

dos detritos alagados contribui com nutrientes, enquanto durante as águas baixas, quando as lagoas são mais rasas, os aportes provêm do revolvimento do sedimento. Cabe destacar que as reduzidas concentrações de fósforo do rio Paraná devem contribuir, a longo prazo, para a oligotrofização da planície, já que esse rio tem um papel diluidor durante as águas altas.

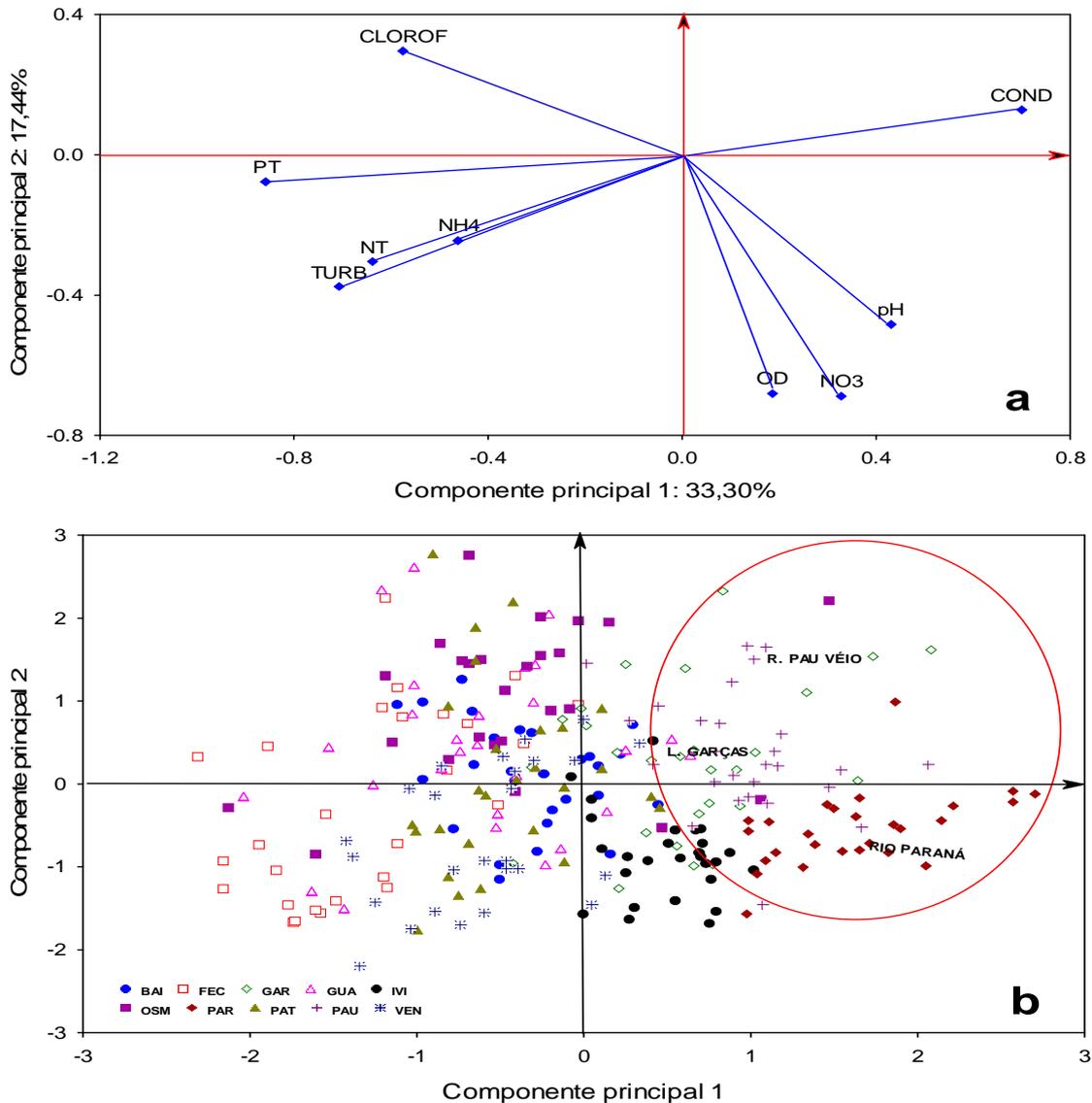


Figura 1: Estrutura de correlação das variáveis e os dois principais eixos da análise de componentes principais: a - fatores que influenciaram os dois eixos e b – ordenação por estação de amostragem.

A análise de longo prazo dos escores do componente principal 1 demonstra não haver tendências temporais para a maioria dos locais investigados (Figura 2). Porém, a exceção é o rio Paraná, cujas águas aparentemente estão se tornando mais transparentes e com menores concentrações de fósforo ao longo dos últimos 7 anos.

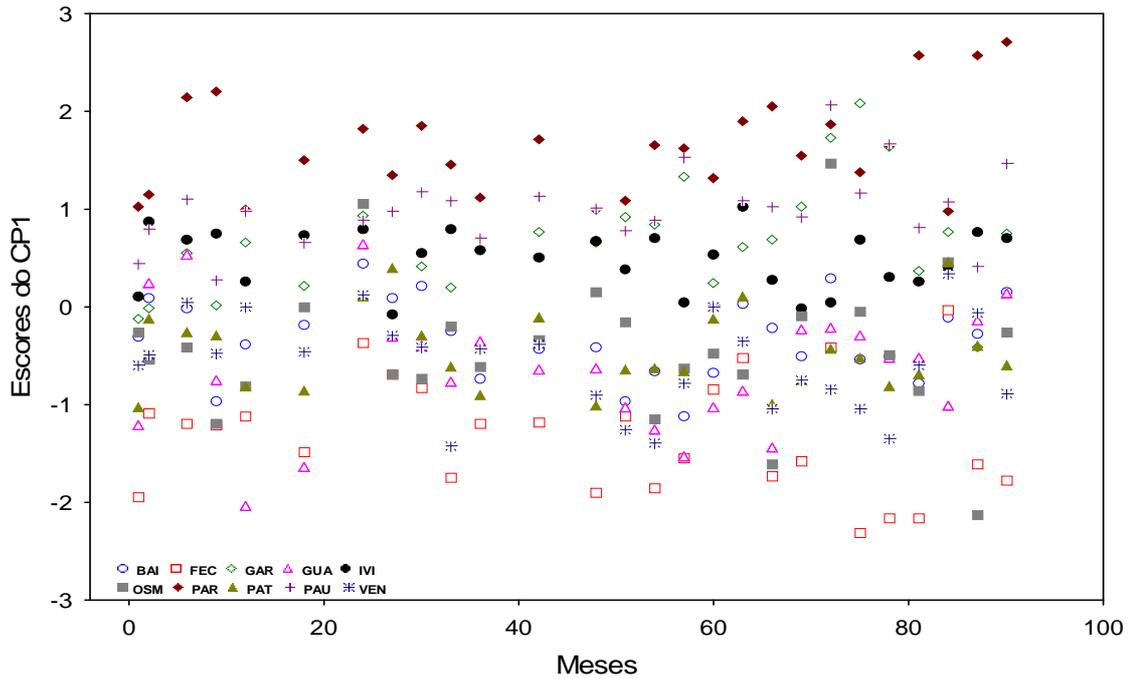


Figura 2: Variação temporal dos escores do componente principal 1 obtidos durante o desenvolvimento do PELD. O rio Paraná foi o único local onde houve efeito significativo ($p < 0,05$) dos meses sobre os escores do componente principal 1.

Comparações com dados obtidos em períodos anteriores demonstram uma elevação da profundidade do disco de Secchi no rio Paraná (1,03m entre 1986 e 1988; 1,38 m entre 1992 e 1994; 2,80m entre 2000 e 2007). O mesmo é observado para os valores do P-total, cujos valores médios (12,08 $\mu\text{g/L}$) obtidos entre 2000 e 2007 representam cerca de um terço dos valores obtidos entre 1986 e 1988 (Figura 3).

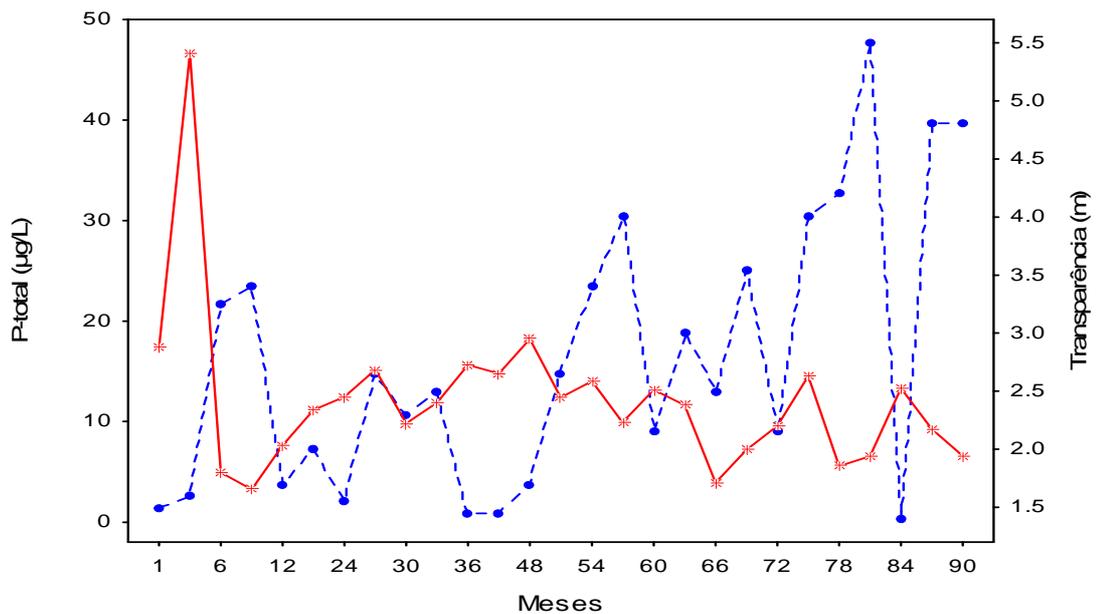


Figura 3: Variação temporal das concentrações de fósforo total (em vermelho) e da profundidade do disco de Secchi (em azul) medidos no rio Paraná desde 2000.

Em conjunto esses resultados demonstram que a despeito de os padrões de variação espacial das variáveis limnológicas ter se mantido relativamente constante nas últimas duas décadas, o mesmo está se alterando no rio Paraná. Uma das causas para essas mudanças é a operação de barragens a montante da área de estudo, conforme largamente enfatizado em estudos anteriores (e.g., Thomaz et al., 2004). Neste contexto, merece destaque o reservatório de Porto Primavera, fechado em 1998 e que provocou grande aumento da transparência da água e redução das concentrações de fósforo, conforme demonstrado pelos resultados apresentados

Referências

- Carvalho PC, Bini LM, Thomaz SM, Oliveira LG, Robertson B, Tavechio WLG, Darwisch AJ. 2001. Comparative limnology of South-American lakes and lagoons. *Acta Scientiarum* **23**: 265-273.
- Rocha RRA & Thomaz SM. 2004. Variação temporal de fatores limnológicos em ambientes da planície de inundação do alto rio Paraná (PR/MS, Brasil). *Acta Scientiarum* **26**: 261-271.
- Thomaz SM, Pagioro TA, Bini LM, Roberto MC, Rocha RRA. 2004. Limnological characterization of the aquatic environments and the influence of hydrometric levels. In: *The Upper Paraná River and its floodplain: Physical aspects, ecology and conservation*,
- Thomaz SM, Agostinho AA, Hahn NS (eds.). Backhuys Publishers: Leiden; 75-102.

