

QUALIDADE DA ÁGUA EM SISTEMA DE PISCICULTURA EM TANQUES-REDE NO RESERVATÓRIO DE ILHA SOLTEIRA, SP*

Margarete MALLASEN¹; Clovis Ferreira do CARMO²; Andréa TUCCI³; Helenice Pereira de BARROS¹; Nilton Eduardo Torres ROJAS¹; Fernando Stopato da FONSECA¹; Eduardo Yugo YAMASHITA⁴

RESUMO

Foram avaliadas as variáveis físicas e químicas da água e a sedimentação em uma tilapicultura com 240 tanques-rede (14 e 20 m³), posicionados em uma área de 4,5 ha de espelho d'água, no braço do rio Ponte Pensa, no parque aquícola do reservatório de Ilha Solteira. Amostragens mensais foram realizadas no período de fevereiro de 2008 a janeiro de 2010 em três estações de coleta: em local distante da instalação dos tanques-rede (P1), na área de criação (P2) e a jusante da piscicultura (P3). Os valores de pH, amônia total, nitrato, clorofila "a" e sólidos totais dissolvidos permaneceram dentro do recomendado pela resolução nº 357 do Conselho Nacional do Meio Ambiente para corpos d'água destinados à aquicultura. As menores concentrações de oxigênio dissolvido foram observadas na estação P2 em praticamente todos os meses, porém os valores ficaram acima dos 4,0 mg L⁻¹ e 60% de saturação. A análise de componentes principais mostrou a tendência de agrupamento das unidades amostrais da área central da piscicultura em função da concentração dos sólidos totais dissolvidos e da taxa de sedimentação do fósforo total, indicando que a piscicultura influenciou diretamente no aumento dos teores de sedimentos. No entanto, de forma geral, a tilapicultura em tanques-rede provocou uma perturbação de baixa intensidade no sistema aquático. A área do braço do rio Ponte Pensa demonstrou ser eficiente na capacidade de assimilação das perturbações provocadas pelo processo de produção, mitigando o impacto da carga orgânica do uso da ração e do metabolismo dos peixes.

Palavras chave: Parque aquícola; tilápia; taxa de sedimentação; nutrientes

WATER QUALITY IN CAGE SYSTEM FISH FARM IN ILHA SOLTEIRA RESERVOIR, SP

ABSTRACT

The physical and chemical water variables and the sedimentation were evaluated in a tilapia culture with 240 cages (14 and 20 m³) located on 4.5 ha of water surface in the area of the Ponte Pensa river, in the aquaculture park of the Ilha Solteira reservoir. Monthly samplings were carried out from February 2008 to January 2010 in three sites: upstream (P1) in the place (P2) and downstream (P3) of the cages fish farm. The values of pH, total ammonia, nitrate, chlorophyll "a" and total dissolved solids remain within recommended by Resolution nº 357 of the National Council of Environment to water bodies for aquaculture. The lower dissolved oxygen concentrations were observed at the site P2 in almost all months, but the values were above 4.0 mg L⁻¹ and 60% saturation. The principal component analysis showed a trend of clustering of sampling units from the central area of the fish culture, because of the total dissolved solids concentration and sedimentation rate of total phosphorus, indicating that the fish culture directly influenced the increased levels of sediment. However, in general, the tilapia culture in cages caused a disturbance of low intensity in the aquatic system. The area of Ponte Pensa river proved efficient assimilation capacity of the disturbances caused by the production process, mitigating the impact of organic load from the feeding and fish metabolism.

Key words: Aquaculture park; tilapia; sedimentation rate; nutrients

Artigo Científico: Recebido em 27/07/2011 – Aprovado em 29/12/2011

¹ Pesquisador Científico. Instituto de Pesca, Centro de Pesquisa do Pescado Continental – Caixa Postal 1052 – CEP: 15.025-970 – São José do Rio Preto – SP – Brasil. e-mail: maga@pesca.sp.gov.br (autor correspondente), helenicebarros@pesca.sp.gov.br, niltonrojas@pesca.sp.gov.br, fstopato@pesca.sp.gov.br

² Pesquisador Científico. Instituto de Pesca, Centro de Recursos Hídricos – Caixa Postal 61070 – CEP: 05.001-970 – São Paulo – SP – Brasil. e-mail: clovis@pesca.sp.gov.br

³ Pesquisador Científico. Instituto de Botânica. Av. Miguel Stéfano, 3687 – CEP: 04.301-902 – São Paulo – SP – Brasil. e-mail: atuccic@ig.com.br

⁴ Geneseas Aquicultura Ltda. Rua 27, 368 – CEP: 15.775-000 – Santa Fé do Sul – SP – Brasil. e-mail: eduardo@geneseas.com.br

* Apoio financeiro: Fapesp (2007/59677-9)

INTRODUÇÃO

A produção mundial de pescado foi de 145 milhões de toneladas em 2009, sendo que 38% foi decorrente da produção de organismos aquáticos em cativeiro (aquicultura) e o restante, proveniente da pesca (FAO, 2010). No Brasil, foi estimada uma produção de pescado ao redor de 1 milhão de toneladas em 2009, sendo que a atividade aquícola colaborou com 33% deste total (MPA, 2010).

De acordo com os dados do MPA (2010), a produção de tilápia no Brasil aumentou 86% entre os anos de 2006 e 2009, ultrapassando 130 mil toneladas, 39% do total de pescado proveniente da piscicultura continental. Este crescimento se deve, principalmente, à expansão de empreendimentos que utilizam tanques-rede em reservatórios nas regiões Sudeste e Nordeste.

No reservatório de Ilha Solteira, localizado no rio Paraná, a criação de tilápia em tanque-rede encontra-se em pleno desenvolvimento, devido à qualidade dos recursos hídricos, às condições climáticas favoráveis à espécie e à delimitação de áreas aquícolas. A tilápia é o peixe mais utilizado neste sistema de criação por apresentar bons índices de desempenho (OSTRENSKY *et al.*, 2008), como crescimento rápido e bom rendimento de filé, além de ampla aceitação no mercado nacional e internacional.

A criação de peixes em tanques-rede é uma modalidade de criação intensiva, que utiliza elevada densidade de estocagem e, por isso, exige constante renovação de água para a dispersão dos resíduos metabólicos dos peixes no ambiente. Estes resíduos aumentam, principalmente, as concentrações de nitrogênio e fósforo na água (GUO e LI, 2003; GUARINO *et al.*, 2005; GUO *et al.*, 2009) e de sedimentos (BOYD *et al.*, 2007), promovendo um processo de eutrofização artificial (TUNDISI e MATSUMURA-TUNDISI, 2008), que ocasiona a deterioração da qualidade da água, podendo inviabilizar o próprio empreendimento.

Os reservatórios são parte de uma bacia hidrográfica e, como tal, são influenciados por todos os efeitos das atividades antropogênicas (TUNDISI, 1999), que podem provocar alterações no corpo hídrico. Dessa forma, reservatórios

construídos em bacias hidrográficas com ocupação agrícola podem apresentar maior taxa de sedimentação e maior concentração de elementos metálicos associados ao crescente uso de defensivos. A instalação de pisciculturas em áreas com influência de atividades agropecuárias pode comprometer ainda mais o ambiente ou até provocar um efeito sinérgico.

Assim, estudos relacionados à instalação de tanques-rede e qualidade da água são importantes para entender melhor a dinâmica e a relação do ambiente com esta modalidade de piscicultura (ROJAS e WADSWORTH, 2007; MALLASEN e BARROS, 2008; MALLASEN *et al.*, 2008; RAMOS *et al.*, 2008a), encontrar meios de mitigar os impactos negativos decorrentes da multiplicidade de sua utilização e ordenar a atividade com o uso racional da água e a conservação do meio ambiente.

O objetivo do trabalho foi avaliar a influência da produção de peixes em tanques-rede nas variáveis físicas e químicas da água e na taxa de sedimentação em uma piscicultura localizada no reservatório de Ilha Solteira.

MATERIAL E MÉTODOS

Local de estudo

O estudo foi realizado na piscicultura Geneseas Aquacultura, que produz tilápias em tanques-rede, na área do braço do rio Ponte Pensa, localizado no parque aquícola do reservatório de Ilha Solteira em Santa Fé do Sul-SP (Figura 1). A piscicultura está inserida na sub-bacia Baixo São José dos Dourados, que pertence a Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos do Rio São José dos Dourados (IPT, 2008).

O reservatório de Ilha Solteira tem regime de operação hidráulica de acumulação, contribuindo para a regularização das vazões do Rio Paraná, e apresenta uma área inundada de 1.195 km², volume de 210,6 x 10⁸ m³, com tempo médio de residência da água de 47,6 dias (CESP, 2006).

O clima em Santa Fé do Sul é classificado como tropical úmido, com estiagem no inverno, apresentando pluviosidade média anual entre 1.100 a 1.500 mm (IPT, 2007). O Centro Integrado de Informações Agrometeorológicas

(CIIAGRO) da Secretaria de Agricultura e Abastecimento do Estado de São Paulo disponibilizou os dados mensais referentes à precipitação pluviométrica.

Na área da piscicultura, com 4,5 ha de espelho d'água e profundidade média de 14 m, havia 240 tanques-rede, sendo 40 tanques de 14 m³ utilizados para berçário e 200 tanques de 20 m³, para crescimento e engorda. Mensalmente, a piscicultura forneceu os dados de consumo de ração e produção de peixes.

Para avaliação temporal e espacial das variáveis da água e da taxa de sedimentação, foram

realizadas amostragens mensais durante o período de fevereiro de 2008 a janeiro de 2010, em três estações de coleta: P1, em local distante da instalação dos tanques-rede (20°16,776'S e 50°58,050'O); P2, no meio da área de criação (20°17,036'S e 50°58,014'O) e P3, a jusante da piscicultura (20°17,065'S e 50°58,080'O). Estas foram demarcadas com auxílio de um sistema de posicionamento global de satélites (GPSMAP 76CS/Garmin). As distâncias entre as estações foram de 870 m entre P1 e P2 e de 340 m entre P2 e P3 (Figura 1). As profundidades médias nas estações P1, P2 e P3 foram de 30, 14 e 7 m, respectivamente.

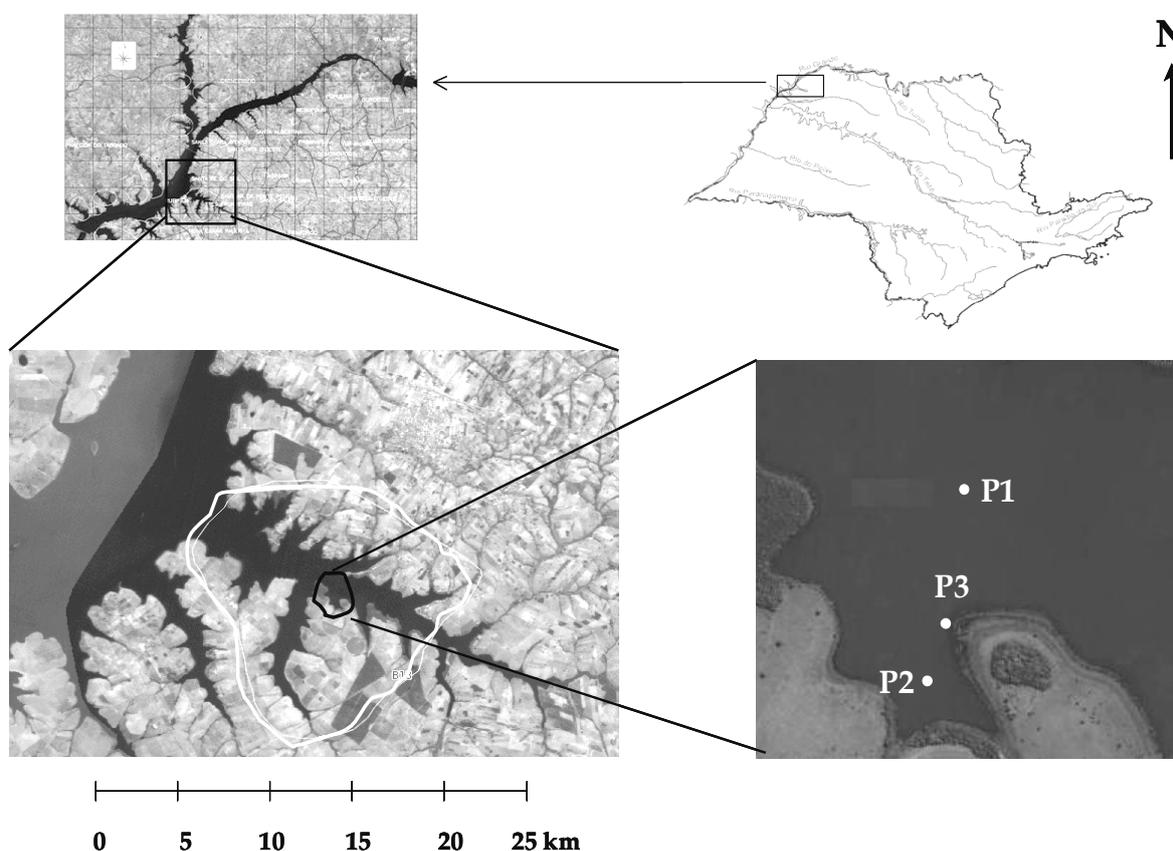


Figura 1. Área da piscicultura Geneseas (20°17'S e 50°58'O) delimitada pela linha escura e o posicionamento das estações de coleta P1, P2 e P3; área do braço rio Ponte Pensa delimitada pela linha clara (adaptado de <<http://200.145.243.69/parqueaquicola/index.php>> Acesso em: 13 mar. 2010).

Coleta e análise das variáveis da água

A coleta das amostras de água e as análises *in situ* foram realizadas entre 8 h 30 min e 10 h 30 min, a 1,5 m de profundidade.

As variáveis da água verificadas *in situ* foram: temperatura e oxigênio dissolvido (instrumento YSI 55), condutividade elétrica (Tecnocon mCA-150) e pH (Tecnocon mPA-210P). A transparência foi verificada com disco de Secchi.

As amostras de água, coletadas com auxílio de garrafa coletora de Van Dorn, foram mantidas resfriadas durante o transporte, realizado no mesmo dia, até o laboratório em São José do Rio Preto-SP, onde foram analisadas a demanda bioquímica de oxigênio (DBO), nitrogênio total Kjeldahl (NTK), amônia total, nitrato, fosfato inorgânico dissolvido (FID) e sólidos totais dissolvidos (TSD), seguindo metodologia descrita em APHA (1989).

A clorofila "a" foi analisada no Laboratório de Referência em Limnologia do Instituto de Pesca, em São Paulo-SP. Para esta análise, foram coletadas amostras (10 L) de água, a 30 cm de profundidade, as quais, posteriormente, foram filtradas utilizando-se bomba a vácuo (Primatec I32) e filtros de microfibras de vidro (AP 20) de 47 mm de diâmetro. Após a filtração das amostras, os filtros foram envolvidos em papel alumínio e estocados em freezer até a análise em laboratório. A extração, por meio de etanol como solvente, e a análise seguiram a técnica proposta por NUSH (1980).

Coleta e análise do material em suspensão, fósforo total e cátions e determinação da taxa de sedimentação

A taxa de sedimentação do material em suspensão foi obtida instalando-se dois coletores na coluna d'água, a 30 e 70% da profundidade total, por um período de 24 horas (LEITE, 1998), nas três estações de coleta. Cada coletor foi composto por quatro canos de PVC, com 5 cm de diâmetro por 50 cm de comprimento, seguindo as recomendações de BLOESCH (1994).

O material retirado em cada coletor foi homogeneizado, sendo parte acondicionada em frascos de polietileno de 1.000 mL e congelada para análises das concentrações de material em suspensão e fósforo total. A outra porção foi colocada em frascos de polietileno de 250 mL e acidificada com 0,2 mL de HNO₃ para conservação e posterior análise para determinação dos níveis dos cátions: cobre, cádmio, zinco e manganês.

A quantidade de material em suspensão foi determinada pelo método gravimétrico

(MUDROCH e MACKNIGHT, 1991), com as adaptações propostas em WETZEL e LIKENS (1991).

As análises de fósforo total seguiram as técnicas descritas por VALDERRAMA (1981), para o processo de digestão, e STRICKLAND e PARSONS (1960) para análise colorimétrica. A determinação dos cátions foi realizada em espectrofotômetro de absorção atômica (APHA, 1995).

A taxa de sedimentação foi determinada pela relação entre o volume das câmaras (L), a área da superfície da câmara de sedimentação (m²), o tempo (dia) e as concentrações de material em suspensão, fósforo e cátions (µg L⁻¹). As análises foram realizadas no Laboratório de Referência em Limnologia do Instituto de Pesca, em São Paulo (SP).

Análise dos dados

A análise de componentes principais (ACP) foi realizada para determinar a variabilidade das variáveis da água, taxa de sedimentação do fósforo e precipitação pluviométrica em relação à variação temporal e espacial (matriz de covariância). Os dados foram transformados pela amplitude de variação "ranging" $[(x-x_{\min})/(x_{\max}-x_{\min})]$ por meio do programa FITOPAC (SHEPHERD, 1996). A análise foi realizada pelo programa PC-ORD, versão 3.1 para Windows (MCCUNE e MEFFORD, 1997). Foram consideradas as variáveis com correlação significativa aquelas que apresentaram $r > 0,47$ com os eixos 1 e 2 da ordenação.

RESULTADOS

A precipitação pluviométrica anual foi de 1.587 mm em 2008, sendo que as chuvas se concentraram no verão; em 2009, foi de 1.279 mm, porém, com distribuição irregular das chuvas (Figura 2).

Os dados de consumo de ração e produção de peixes na piscicultura estão apresentados na Figura 3 (A e B). Mensalmente, foram fornecidas, em média, 141 t de ração e produzidas 85 t de peixes.

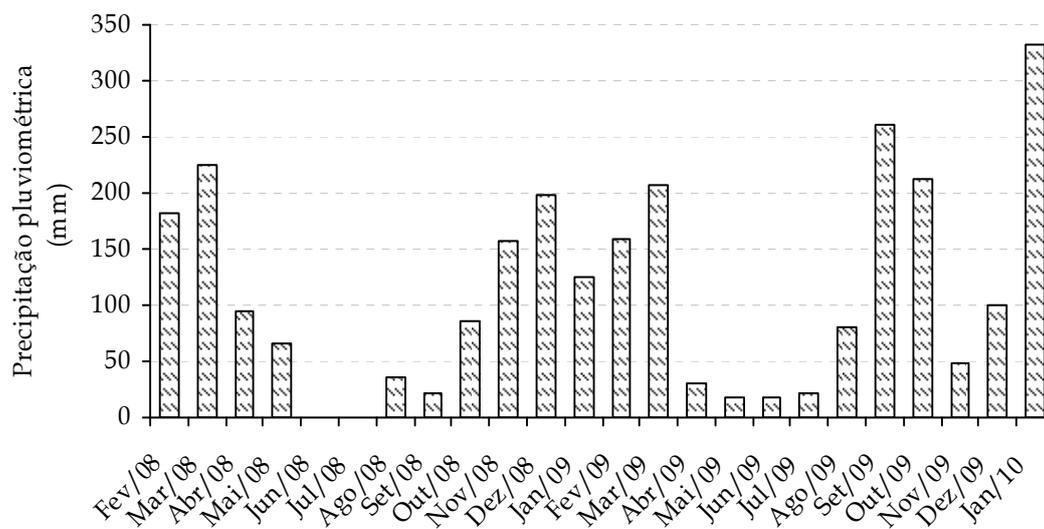


Figura 2. Precipitação pluviométrica mensal (mm) em Santa Fé do Sul-SP, no período de fevereiro de 2008 a janeiro de 2010.

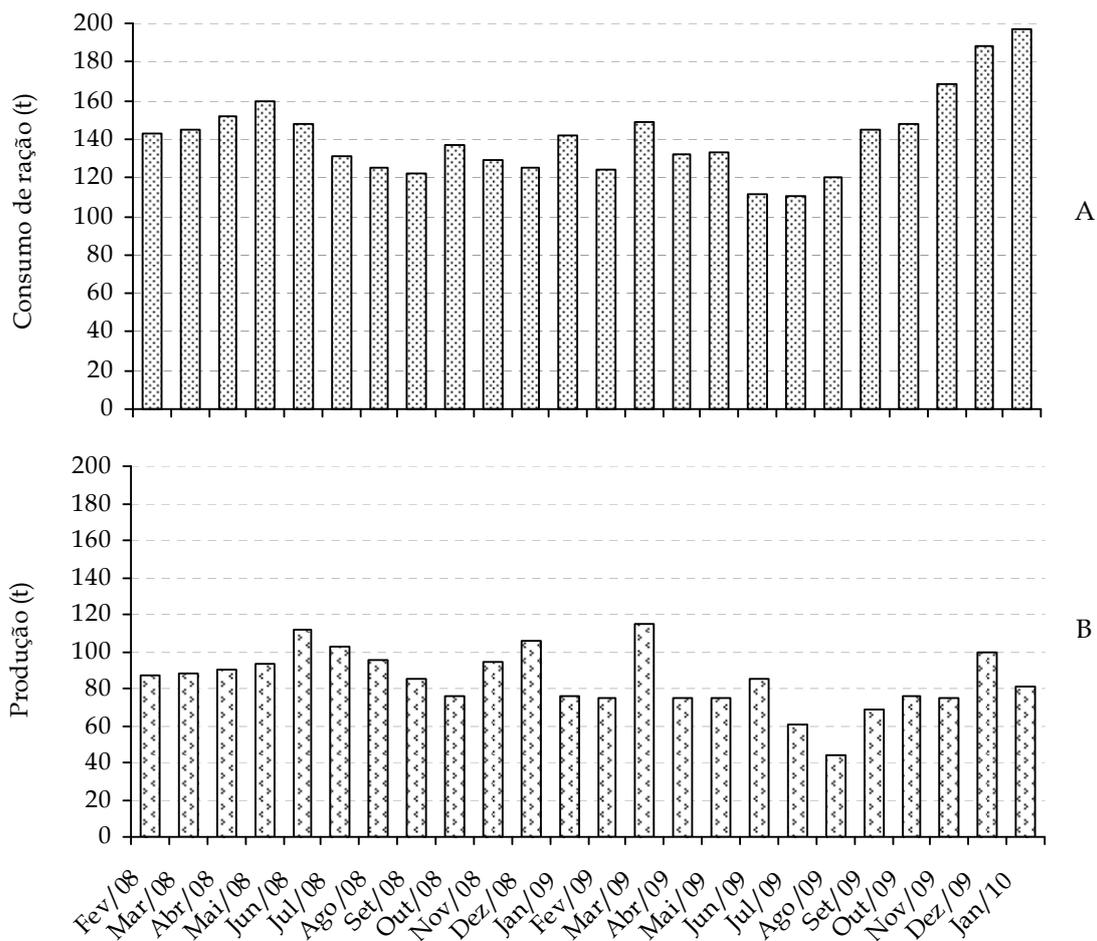


Figura 3. Consumo de ração (t) (A) e produção de tilápias (t) (B) mensais na piscicultura, no período de fevereiro de 2008 a janeiro de 2010.

A média e desvio padrão (DP) das variáveis da água nas três estações de coleta estão apresentados na Tabela 1.

As variações temporais da temperatura, transparência da água e condutividade elétrica foram semelhantes entre as estações de coleta

(Figura 4 A, D e E). As temperaturas mais elevadas ocorreram em dezembro/2008 e novembro/2009 (Figura 4 A). A condutividade elétrica média foi maior na estação P1, devido aos valores próximos de $70,0 \mu\text{S cm}^{-1}$ obtidos em julho/2008 e dezembro/2009 (Tabela 1 e Figura 4 E).

Tabela 1. Média \pm desvio padrão (DP) das variáveis da água nas três estações de coleta no período de fevereiro de 2008 a janeiro de 2010.

Variável	Estação		
	P1	P2	P3
	Média \pm DP	Média \pm DP	Média \pm DP
Temperatura ($^{\circ}\text{C}$)	$26,6 \pm 2,4$	$26,6 \pm 2,4$	$26,6 \pm 2,4$
Oxigênio Dissolvido (mg L^{-1})	$7,3 \pm 0,6$	$6,2 \pm 0,9$	$6,8 \pm 0,8$
Oxigênio Dissolvido (% saturação)	$90,4 \pm 6,9$	$76,4 \pm 8,8$	$85,0 \pm 8,6$
Transparência (m)	$4,3 \pm 1,6$	$4,0 \pm 1,3$	$3,9 \pm 1,2$
Condutividade Elétrica ($\mu\text{S cm}^{-1}$)	$49,0 \pm 7,9$	$47,3 \pm 3,5$	$46,3 \pm 3,5$
pH	$7,7 \pm 0,2$	$7,4 \pm 0,2$	$7,6 \pm 0,2$
DBO (mg L^{-1})	$2,0 \pm 1,1$	$2,8 \pm 1,5$	$2,7 \pm 1,2$
NTK (mg L^{-1})	$6,3 \pm 3,1$	$5,6 \pm 2,6$	$5,3 \pm 2,5$
Amônia total (mg L^{-1})	$0,06 \pm 0,08$	$0,11 \pm 0,10$	$0,07 \pm 0,07$
Nitrato (mg L^{-1})	$1,2 \pm 0,4$	$1,3 \pm 0,5$	$1,2 \pm 0,5$
FID ($\mu\text{g L}^{-1}$)	$13,4 \pm 20,3$	$22,1 \pm 33,7$	$12,8 \pm 16,5$
TSD (mg L^{-1})	$22,4 \pm 2,4$	$22,7 \pm 2,1$	$22,7 \pm 2,2$
Clorofila "a" ($\mu\text{g L}^{-1}$)	$0,7 \pm 0,5$	$0,9 \pm 0,5$	$0,9 \pm 0,9$
Taxa de SMS ($\mu\text{g m}^{-2} \text{dia}^{-1}$)	$113,3 \pm 78,2$	$254,1 \pm 125,0$	$102,8 \pm 52,2$
Taxa de SFT ($\mu\text{g m}^{-2} \text{dia}^{-1}$)	$30,4 \pm 15,0$	$83,8 \pm 30,6$	$32,9 \pm 12,0$

DBO = demanda bioquímica de oxigênio; NTK = nitrogênio total Kjeldahl; FID = fósforo inorgânico dissolvido; TSD = sólidos totais dissolvidos; SMS = sedimentação de material em suspensão e SFT = sedimentação do fósforo total

As menores concentrações de oxigênio dissolvido foram observadas na estação P2 em praticamente todos os meses (Figura 4 B e C), porém os valores ficaram acima dos $4,0 \text{ mg L}^{-1}$ e 60% de saturação. Os valores médios de pH ficaram próximos da neutralidade e variaram pouco entre as estações de coleta e durante todo o período de estudo (Tabela 1 e Figura 4 F).

Valores acima de $5,0 \text{ mg L}^{-1}$ de DBO foram registrados em setembro e novembro/2008 na estação P2 (Figura 5 A). Em fevereiro/2009, concentrações de nitrogênio total Kjeldahl (NTK) foram elevadas nas três estações de coleta (Figura 5 B). Concentrações de amônia total foram ligeiramente mais elevadas na estação P2 ao longo de todos os meses e, em março/2008, obtiveram-se os maiores valores dessa variável nas três estações de coleta (Figura 5 C).

As maiores concentrações de nitrato foram registradas no ano de 2009, em janeiro, nas estações P2 e P3 ($2,6$ e $2,1 \text{ mg L}^{-1}$ respectivamente), e em maio, na estação P1 ($2,1 \text{ mg L}^{-1}$) (Figura 5 D).

As variações temporais das concentrações de fósforo inorgânico dissolvido (FID) foram semelhantes entre as três estações, com exceção do período de outubro a dezembro/2008, fevereiro/2009 e janeiro/2010, em que as concentrações foram distintas entre P1, P2 e P3. Os valores mais elevados de FID foram observados na estação P2 (Figura 5 E).

As concentrações de sólidos totais dissolvidos (TSD) variaram ao redor de $22,0 \text{ mg L}^{-1}$ em todas as estações de coleta (Tabela 1 e Figura 5 F). As maiores concentrações de clorofila "a" foram registradas na estação P3 (Figura 5 G).

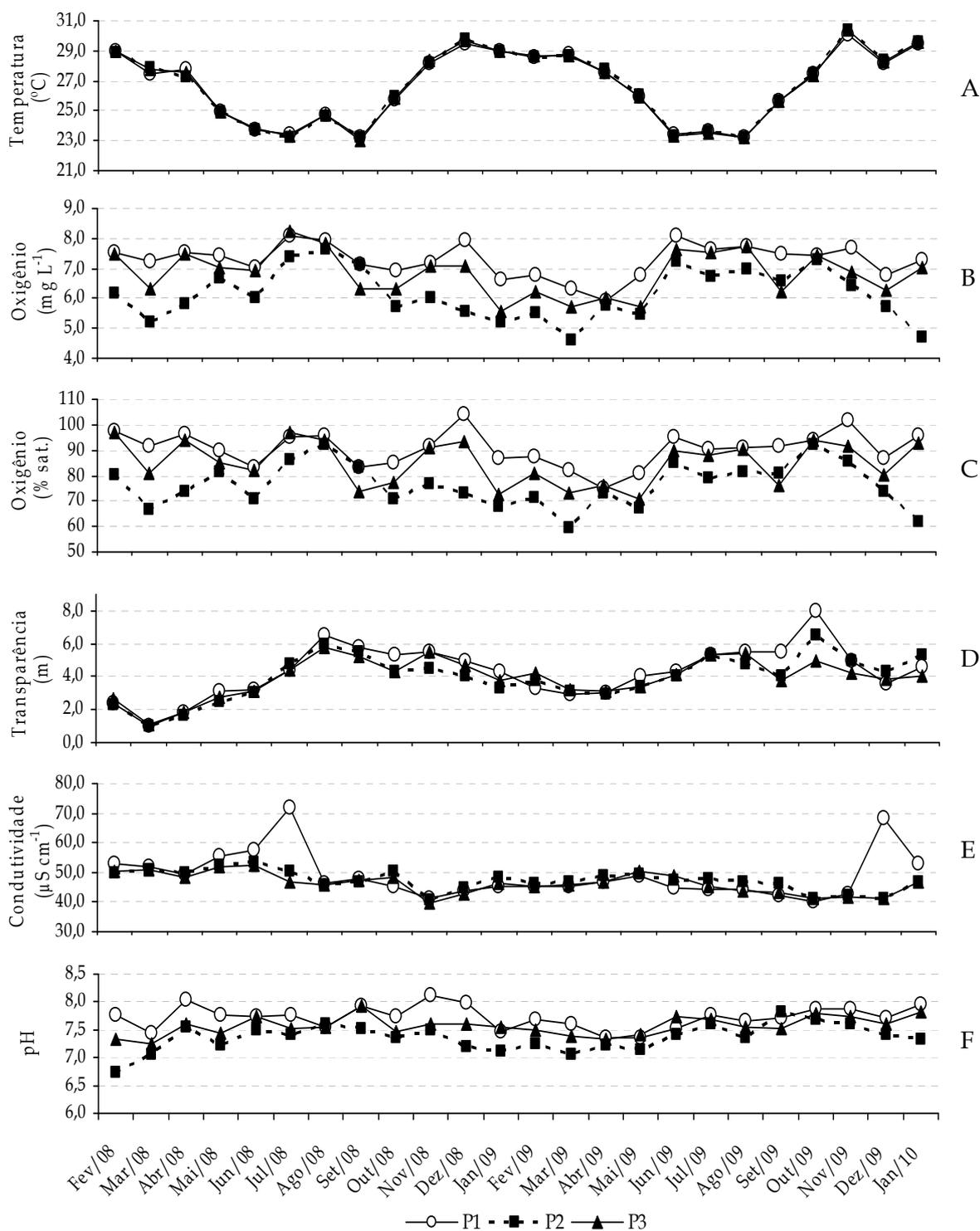


Figura 4. Temperatura (A), oxigênio dissolvido (mg L^{-1} e % de saturação) (B) e (C), transparência (D), condutividade elétrica (E) e pH (F) da água nas estações de coleta no período de fevereiro de 2008 a janeiro de 2010.

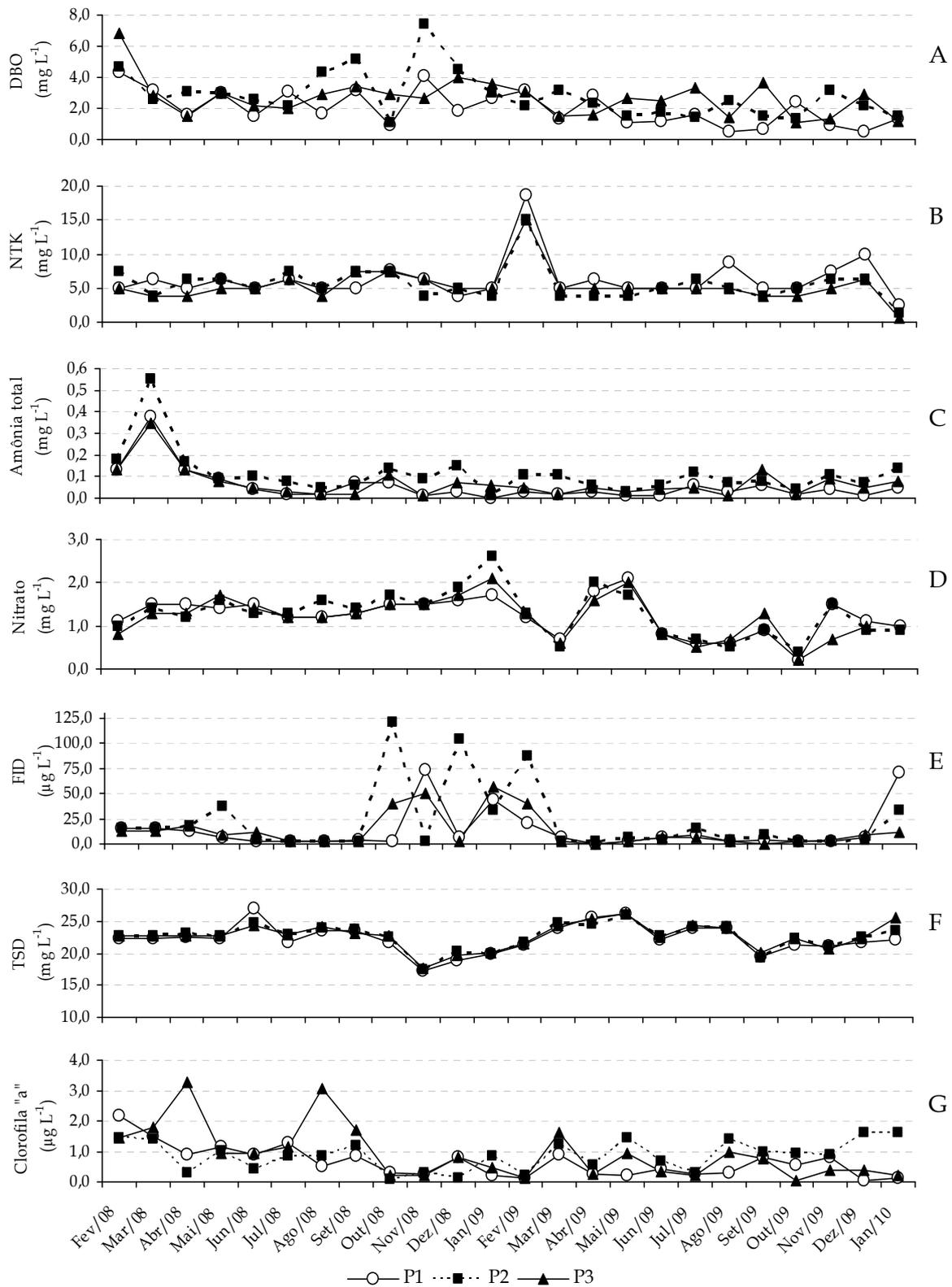


Figura 5. DBO (demanda bioquímica de oxigênio) (A), NTK (nitrogênio total Kjeldahl) (B), amônia total (C), nitrato (D), FID (fósforo inorgânico dissolvido) (E), TSD (sólidos totais dissolvidos) (F) e clorofila "a" (G) da água nas estações de coleta no período de fevereiro de 2008 a janeiro de 2010.

Os valores das taxas de sedimentação de material em suspensão e fósforo total foram mais elevados e apresentaram maior variabilidade na

área central de criação (P2) (Tabela 1 e Figura 6). A partir de julho/2009, foi observado um ligeiro aumento dessas taxas na estação de coleta P2.

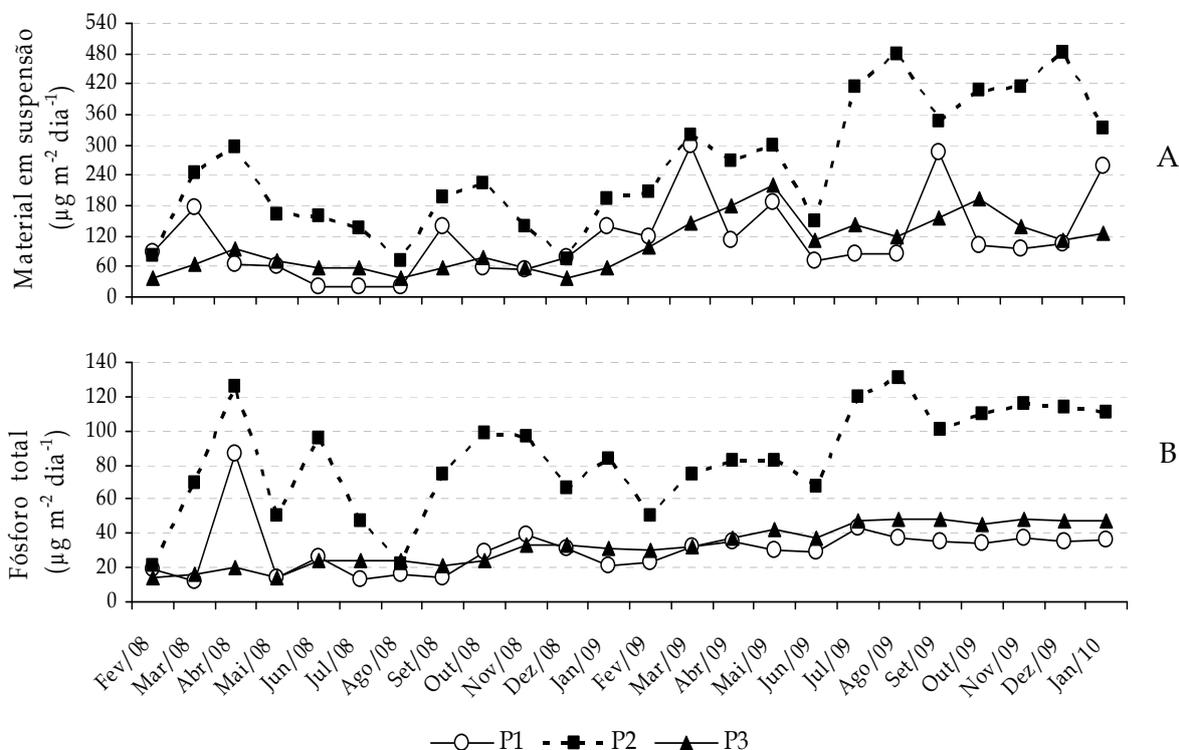


Figura 6. Taxas de sedimentação do material em suspensão (A) e de fósforo total (B) obtidas a 30 e 70% de profundidade, nas estações de coleta, no período de fevereiro de 2008 a janeiro de 2010.

Em relação às taxas de sedimentação dos cátions, os teores de cobre e cádmio não foram detectados e as taxas de zinco e manganês não ultrapassaram valores do limite de detecção do equipamento analítico ($5,0 \mu\text{g m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$) entre fevereiro e setembro de 2008. Desta forma, optou-se em não dar continuidade a estas análises.

Os dois primeiros eixos da análise de componentes principais representam 44,6% da variabilidade dos dados, sendo 28,6% no primeiro eixo e 16,0% no segundo (Tabela 2).

A temperatura, precipitação pluviométrica e FID foram as principais variáveis correlacionadas

ao lado negativo do eixo 1, onde estão agrupadas as unidades amostrais relacionadas aos meses de verão, indicando resposta do sistema à sazonalidade. No eixo 2, as variáveis correlacionadas foram oxigênio dissolvido, transparência e pH (lado positivo) onde estão agrupadas as unidades amostrais relacionadas aos meses de inverno. A maioria das amostragens da estação P2, na área central da piscicultura, está agrupada no lado negativo do eixo 2, indicando que essa estação de coleta foi distinta das outras duas em relação aos valores de taxa de sedimentação do fósforo e às concentrações de sólidos totais dissolvidos (TSD) (Tabela 2 e Figura 7).

Tabela 2. Coeficiente de correlação de Pearson entre as variáveis analisadas e os dois primeiros eixos de ordenação da ACP para o período de fevereiro de 2008 a janeiro de 2010 (N = 72).

Variável	Abreviações	Componentes Principais	
		Eixo 1	Eixo 2
Temperatura	ToC	- 0,898*	0,159
Oxigênio Dissolvido	OD	0,609*	0,654*
Transparência	Transp	0,301	0,525*
Condutividade Elétrica	Cond	0,248	- 0,314
pH	pH	0,279	0,708*
Demanda Bioquímica de Oxigênio	DBO	- 0,212	- 0,100
Nitrogênio Total Kjeldahl	NTK	0,039	0,059
Amônia Total	NH ₄	- 0,373	- 0,358
Nitrato	NO ₃	- 0,171	- 0,326
Fósforo Inorgânico Dissolvido	FID	- 0,476*	0,005
Sólidos Totais Dissolvidos	TSD	0,490*	- 0,562*
Clorofila "a"	Cloro	0,063	- 0,198
Precipitação Pluviométrica	Prec	- 0,772*	0,347
Taxa de Sedimentação do Fósforo	Sed PT	- 0,251	- 0,475*
Total de Explicabilidade		28,6%	16,0%

* correlação significativa

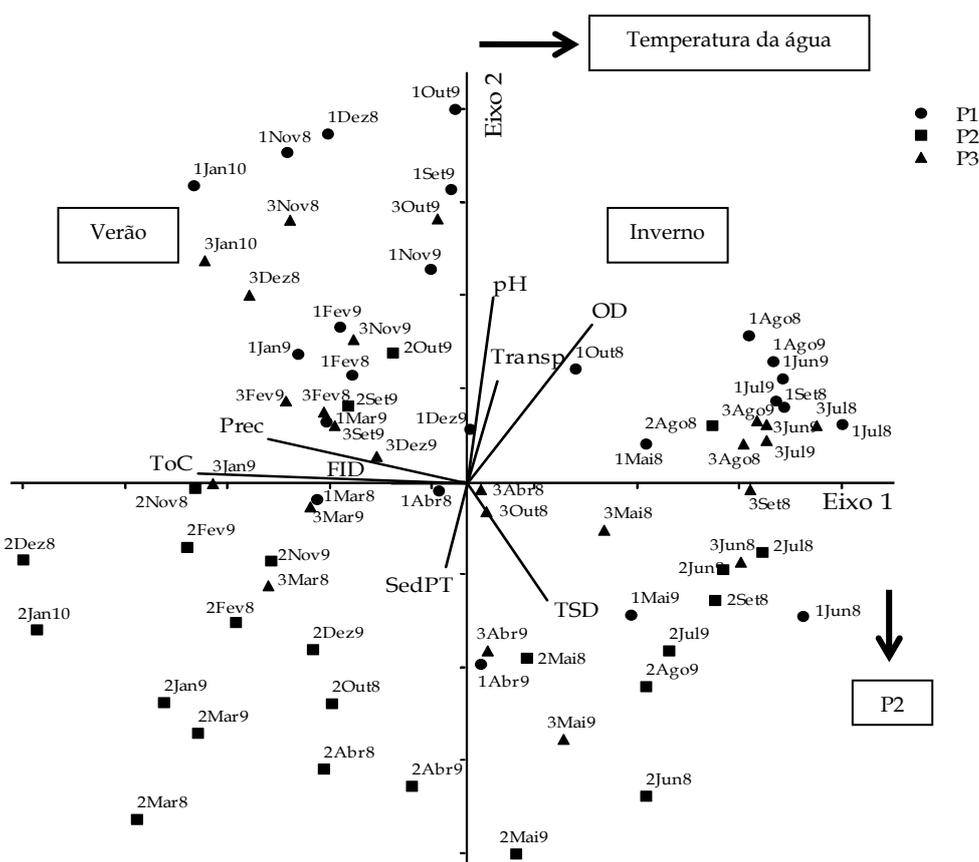


Figura 7. Ordenação Biplot pela ACP das unidades amostrais (meses e estações amostrados), no período de fevereiro de 2008 a janeiro de 2010, das variáveis da água, precipitação pluviométrica e taxa de sedimentação do fósforo. Os números e letras que acompanham as unidades amostrais são referentes aos números da estação de coleta, às iniciais dos meses coletados e ao ano, respectivamente (Exemplo: 1fev8 corresponde a coleta na estação P1 em fevereiro de 2008). As abreviações das variáveis ambientais estão apresentadas na Tabela 2.

DISCUSSÃO

Atualmente, a aquicultura passa por uma fase de grande pressão para produzir de forma eficiente e ambientalmente responsável (BOYD *et al.*, 2007). Todo processo produtivo, incluindo o aquícola, gera resíduos que podem impactar o ambiente. No caso da criação em tanques-rede nos reservatórios, o grau do impacto não depende unicamente do tipo e intensidade de produção, mas também de atividades de todo entorno da bacia, que inclui principalmente as produções agropecuárias (IPT, 2007; CBH-SJD, 2010), e de outros usos da água como pesca e turismo (FERNANDES *et al.*, 2001), que é o caso do reservatório de Ilha Solteira.

No presente trabalho, os valores de pH, amônia total, nitrato, clorofila "a" e TSD permaneceram dentro do recomendado pela Resolução CONAMA nº 357/2005 (CONAMA, 2005) para corpos d'água destinados à aquicultura (Classe 2). Na maioria dos meses de estudo, concentrações de oxigênio dissolvido e DBO também permaneceram dentro dos valores adequados, segundo a mesma resolução.

Valores de oxigênio dissolvido ligeiramente inferiores foram observados na estação localizada no centro da área de criação e se devem, provavelmente, ao maior consumo desse gás pelos peixes; também estão relacionados aos meses de temperaturas elevadas na água (acima de 28,0 °C), que contribuem para uma menor dissolução desse gás (ARANA, 1997). Já no inverno, foram observados maiores valores do oxigênio dissolvido, transparência e pH. Esses resultados podem ser explicados pela menor temperatura da água, favorecendo a dissolução do oxigênio e a redução da atividade metabólica no sistema aquático, que libera menos quantidade de gás carbônico, diminuindo a acidificação da água (CARMOUZE, 1994). Também, durante o inverno, devido à menor quantidade de chuva, ocorre uma diminuição do transporte de material alóctone via escoamento, tornando a água mais transparente. A redução da transparência, em alguns meses, não foi associada ao crescimento do fitoplâncton, uma vez que as concentrações de clorofila "a" permaneceram baixas.

Na estação de coleta P2, foram observados valores de DBO maiores que 5,0 mg L⁻¹, acima do

permitido pela Resolução CONAMA nº 357/2005. Esses valores provavelmente estão relacionados à matéria orgânica proveniente de ração não consumida e excretas dos peixes. Despejos de origem predominantemente orgânica proporcionam os maiores aumentos em termos de DBO em um corpo de água (BASSOI e GUAZELLI, 2004). Porém, durante todo o ano de 2009, os valores de DBO, nesta estação, não ultrapassaram 3,2 mg L⁻¹. Provavelmente, os resíduos orgânicos da piscicultura foram assimilados sem comprometimento do oxigênio dissolvido disponível.

Em relação à condutividade elétrica, valores relativamente baixos, variando entre 30 e 50 µS cm⁻¹ também foram observados em outros locais no reservatório de Ilha Solteira (MINELLO *et al.*, 2010) e em ambientes com menor impacto antropogênico (HENRY, 2004; GUARINO *et al.*, 2005; SENDACZ *et al.*, 2005).

O NTK é o somatório das formas de nitrogênio orgânico e amoniacal, importantes na avaliação do nitrogênio disponível para as atividades biológicas (BASSOI e GUAZELLI, 2004). Segundo GUARINO *et al.* (2005), o sistema de criação de peixes em tanques-rede é um fornecedor de nitrogênio orgânico no reservatório. No entanto, no presente trabalho, as maiores concentrações de NTK foram observadas na estação de coleta distante dos tanques-rede (P1). Os maiores teores de NTK foram obtidos no mês de fevereiro/2009 em todas as estações, consequência provável da inundação das margens, devido ao aumento da cota da represa neste período, arrastando os detritos orgânicos em decomposição ao ambiente aquático. Segundo FERRAREZE *et al.* (2005), nos reservatórios do Rio Paranapanema, concentrações elevadas de nutrientes ocorreram durante o período de chuva, devido à inundação de matas e pastagens, ao escoamento superficial da água da chuva e ao grande aporte de material transportado para os rios.

Grande parte do fósforo presente nos efluentes de atividades aquícolas provém deste elemento contido nos alimentos (FERRARIS *et al.*, 2006), muitas vezes adicionado em excesso nas rações para garantir a disponibilidade para os peixes (BEVERIDGE, 1996). Na estação de coleta P2, foram observados picos de FDI que podem

estar relacionados com o maior consumo de ração e excreção pelos peixes no período com temperaturas elevadas. Picos de fósforo na água no local de criação de peixes em tanques-rede também foram observados por MALLASEN e BARROS (2008), no reservatório de Nova Avanhandava, e por CARNEIRO e CARVALHO (2009), no Rio São José dos Dourados, no reservatório de Ilha Solteira. Esses últimos autores afirmaram que as elevadas concentrações de fósforo se devem ao maior metabolismo dos peixes produzidos e à maior ciclagem deste nutriente nos meses com temperaturas elevadas. A análise de componentes principais (ACP) corrobora esta informação, pois as maiores concentrações de FID foram observadas no verão.

A partir de março de 2009, não foram observados picos de FID na estação P2. Provavelmente, este nutriente foi assimilado pelo ecossistema aquático. BUENO *et al.* (2008), que avaliaram a concentração de fósforo total em pontos internos e externos de uma área com produção de peixes (pacu, jundiá e curimatá) em tanques-rede no reservatório de Itaipu, inferiram que a biocenose local foi capaz de absorver e depurar o aporte desse nutriente. Estudo realizado por RAMOS *et al.* (2008b), no rio Santa Bárbara, no reservatório de Nova Avanhandava, indicou que organismos da biota consumiram material proveniente dos tanques-rede para produção de tilápia, reduzindo o impacto desta atividade em relação aos efluentes.

No entanto, é importante a continuidade no desenvolvimento de tecnologia para a produção de rações adequadas que permitam o melhor aproveitamento do fósforo pelos organismos aquáticos e menor emissão deste para o ambiente (MALLASEN e BARROS, 2008).

Alguns autores relacionam o aumento na concentração de fósforo à presença dos tanques-rede, com elevação no teor de clorofila "a" na água (AN e KIM, 2003; GUO e LI, 2003; SOARES *et al.*, 2008), pois o fósforo é o nutriente estimulador do crescimento do fitoplâncton (HENRY, 1990; JOHANSSON e NORDVARG, 2002). No entanto, no presente trabalho, não foi observada relação direta entre o fósforo e a clorofila "a" na análise de componentes

principais. HAKANSON (2005) também verificou que a presença de tanques-rede no corpo de água não provocou aumento na quantidade de algas. Os dados de clorofila "a" obtidos no presente trabalho foram baixos, principalmente no segundo ano de estudo, caracterizando a área estudada como oligotrófica, segundo a classificação proposta por TUNDISI e MATSUMURA-TUNDISI (2008).

De acordo com RAMOS *et al.* (2008a), os resíduos gerados pela piscicultura em tanques-rede aumentam a quantidade de sedimento depositado nas represas, podendo provocar impactos negativos. No presente trabalho, as concentrações de sólidos totais dissolvidos (TSD) foram semelhantes nos três pontos de coleta e consideradas baixas, porém a ACP mostrou a tendência de agrupamento das unidades amostrais da área central da piscicultura em função desta variável. A taxa de sedimentação do fósforo total, também, contribuiu para este agrupamento, indicando que a piscicultura influenciou diretamente o aumento dos teores de sedimentos nesta estação de coleta.

As maiores taxas de sedimentação de material em suspensão e de fósforo total foram observadas na estação de coleta P2. No entanto, as taxas foram consideradas baixas em relação a outros estudos. ALVES e BACCARIN (2005) obtiveram taxas médias variando de 0,20 a 1,21 mg cm⁻² dia⁻¹ de material em suspensão em uma área do reservatório de Nova Avanhandava com tanques-rede instalados para produção de tilápia (160 tanques com 18 m³), enquanto LEITE (2002) obteve valores extremamente elevados no reservatório de Salto Grande, com taxas de até 5,31 mg cm⁻² dia⁻¹. De acordo com ALVES e BACCARIN (2005), o escoamento superficial e o manejo inadequado durante a alimentação dos peixes, contribuíram para o aumento das taxas de sedimentação do material em suspensão. Comparativamente, os valores obtidos no presente estudo indicam que a hidrodinâmica do sistema respondeu de forma eficiente ao aporte de material particulado oriundo do escoamento superficial da bacia hidrográfica e da carga orgânica do empreendimento, sendo que não foram detectados valores que alterassem a qualidade da água a ponto de comprometer o ambiente aquático.

Com relação às taxas de sedimentação de fósforo, ALVES e BACCARIN (2005) obtiveram taxa ao redor de $1,18 \mu\text{g cm}^{-2} \text{ dia}^{-1}$ ($11,8 \text{ mg m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$) de fósforo total na estação de coleta situada no centro da piscicultura e LEITE (1998) obteve, no reservatório de Salto Grande, taxas de $800 \mu\text{g cm}^{-2} \text{ dia}^{-1}$ que, quando comparadas com os resultados do presente trabalho, demonstram que em ambientes eutrofizados, a escala alcança valores extremamente elevados. Estes dados corroboram com a indicação que o sistema suportou, durante o período de estudo, o aporte de material particulado e fósforo proveniente das atividades da piscicultura, mitigando o efeito do arrasto, que alcançou valores ao redor de 141 t de ração e produziu, em média, 85 t mensais de peixe. No entanto, nos últimos meses de estudo, as taxas de sedimentação foram maiores, provocadas provavelmente pelo aumento contínuo na quantidade de ração de setembro/2009 a janeiro/2010. Isto pode indicar que o arrasto mensal acima de 145 t, por um longo período de tempo, desestabilizaria o sistema aquático, comprometendo a capacidade de assimilação do ambiente.

As taxas de sedimentação dos cátions foram baixas. Segundo LEITE (2002), os valores em ambientes impactados podem alcançar $247 \text{ mg m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$, para o manganês, e $38 \text{ mg m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$ para o zinco. Valores baixos de manganês corroboram na descrição que o escoamento superficial na área com influência no braço do reservatório de Ilha Solteira, onde está instalado o empreendimento, é amortecido pelas características de uso e ocupação do solo, restando esse elemento, que é facilmente transportado pela erosão em ambientes terrestres.

Os resultados obtidos durante os dois anos consecutivos de estudo demonstraram que o sistema de piscicultura em tanques-rede provocou uma perturbação de baixa intensidade. A distribuição espacial das estações de coleta indicou que a carga de nutrientes, oriunda do manejo da criação de peixes, provavelmente não ultrapassou a capacidade de suporte do sistema, ou seja, a uma distância do empreendimento inferior a 1.000 m, a resposta ambiental ocorreu de forma relativamente rápida. Os resultados obtidos na estação P3

demonstraram a capacidade de assimilação do sistema aquático.

O local onde foi instalada a piscicultura apresentou características hidrodinâmicas favoráveis, que permitiram a dispersão dos nutrientes oriundos da carga orgânica da criação de tilápias em tanques-rede. De acordo com FERNANDES *et al.* (2001) e ROSS *et al.* (2010), a escolha do local para a implantação dos tanques-rede deve priorizar a troca de água eficiente.

Além disso, na piscicultura utilizaram-se rações de boa qualidade, com controle de manejo alimentar específico para cada fase de crescimento do peixe e para cada unidade de criação, permitindo uma redução do material particulado e das perdas de nutrientes para o sistema aquático. Isto reforça a importância das boas práticas de manejo (BPM) para a diminuição dos impactos negativos provocados pela aquicultura (TACON e FORSTER, 2003; BOYD *et al.*, 2007; SIPAÚBA-TAVARES *et al.*, 2010). Porém, apenas a aplicação das BPM não garante a sustentabilidade do empreendimento. O aprimoramento da tecnologia de criação em tanques-rede é necessário para diminuir os resíduos deste sistema de piscicultura, ou até mesmo, evitar que sejam lançados diretamente nos corpos de água. Essa técnica ainda está em desenvolvimento, portanto se faz necessário o monitoramento constante da água e das taxas de sedimentação em áreas aquícolas nos reservatórios e também a realização de estudos que avaliem a sustentabilidade desse sistema de criação.

CONCLUSÃO

O sistema de piscicultura em tanques-rede do empreendimento Geneseas Aquacultura, localizado no parque aquícola do reservatório de Ilha Solteira em Santa Fé do Sul-SP, provocou perturbações de baixa intensidade na qualidade da água sem, entretanto, comprometer o ambiente aquático.

A área do braço do rio Ponte Pensa foi eficiente na capacidade de assimilação das perturbações na qualidade de água provocadas pelo processo de produção atualmente empregado, mitigando o impacto da carga orgânica do uso da ração e do metabolismo dos peixes.

REFERÊNCIAS

- ALVES, R.C.P. e BACCARIN, A.E. 2005 Efeito da produção de peixes em tanques-rede sobre sedimentação de material em suspensão e de nutrientes no córrego do Arribada (UHE Nova Avanhandava, Baixo Rio Tietê, SP). In: NOGUEIRA, M.G.; HENRY, R.; JORCIN, A. *Ecologia de reservatórios: impactos potenciais, ações de manejo e sistemas em cascata*. São Carlos: Rima. p.329-347.
- AN, K. e KIM, D. 2003 Response of reservoir water quality to nutrient inputs from streams and in-lake fishfarms. *Water, Air, and Soil Pollution, Netherlands*, 149: 27-49.
- APHA (American Public Health Association). 1989 *Standard methods for the examination of water and wastewater*. 17th ed. Washington: American Public Health Association. 1268p.
- APHA (American Public Health Association). 1995 *Standard methods for the examination of water and wastewater*. 19th ed. Washington: American Public Health Association. 1134p.
- ARANA, L.V. 1997 *Princípios químicos de qualidade da água em aquicultura: uma revisão para peixes e camarões*. Florianópolis: Ed. Da UFSC. 166p.
- BASSOI, L.J. e GUAZELLI, M.R. 2004 Controle ambiental da água. In: PHILIPPI, A.JR.; ROMÉRO, M.A.; BRUNA, G.C. *Curso de gestão ambiental*. Barueri: Manole. p.53-99.
- BEVERIDGE, M. 1996 *Cage aquaculture*. 2th ed. Oxford: Fishing News Books. 346p.
- BLOESCH, H. 1994 A review of methods used to measure sediment resuspension. *Hydrobiologia, Brussels*, 284: 13-18.
- BOYD, C.E.; TUCKER, C.; MCNEVIN, A.; BOSTICK, K.; CLAY, J. 2007 Indicators of resource use efficiency and environmental performance in fish and crustacean aquaculture. *Reviews in Fisheries Science, London*, 15: 327-360.
- BUENO, G.W.; MARENGONI, N.G.; GONÇALVES, A.C.JR.; BOSCOLO, W.R.; TEIXEIRA, R.A. 2008 Estado trófico e bioacumulação do fósforo total no cultivo de peixes em tanques-rede na área aquícola do reservatório de Itaipu. *Acta Scientiarum Biological Sciences, Maringá*, 30(3): 273-243.
- CARMOUZE, J.P. 1994 *O metabolismo dos ecossistemas aquáticos: fundamentos teóricos, métodos de estudo e análises químicas*. São Paulo: Editora Edgard Blücher/Fapesp. 254p.
- CARNEIRO, G.H.A e CARVALHO, S.L. 2009 Avaliação dos teores de nitrogênio e fósforo na água em piscicultura com cultivo em tanques-rede, no rio São José dos Dourados em Ilha Solteira-SP. In: CONGRESSO DE ECOLOGIA DO BRASIL, 9., São Lourenço, 13-17/set./2009. *Anais...* São Lourenço: Sociedade de Ecologia do Brasil. CD-ROM.
- CESP - Companhia Energética de São Paulo 2006 *40 Peixes do Brasil: CESP 40 anos*. Rio de Janeiro: Doiis. 208p.
- CBH-SJD - Comitê da Bacia Hidrográfica São José dos Dourados 2010 *Relatório de situação dos recursos hídricos da bacia hidrográfica do Rio São José dos Dourados*. São José do Rio Preto: CBH-SJD. 33p. Disponível em: <<http://www.comitesjd.sp.gov.br>> Acesso em: 10 jan. 2011.
- CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente 2005 *Resolução nº 357*. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res05/res35705.pdf>> Acesso em: 14 jan. 2009.
- FAO - Food and Agriculture Organization 2010 *The State of World Fisheries and Aquaculture 2010*. Rome: FAO. 197p.
- FERNANDES, T.F.; ELEFHTERIOU, A.; ACKEFORS, H.; ELEFHTERIOU, M.; ERVIK, A.; SANCHES-MATA, A.; SCANLON, T.; WHITE, P.; COCHRANE, S.; PEARSON, T.H.; READ, P.A. 2001 The scientific principles underlying the monitoring of the environmental impacts of aquaculture. *Journal of Applied Ichthyology, Berlin*, 17: 181-193.
- FERRAREZE, M.F.F.; NOGUEIRA, M.G.; VIANNA, N.C. 2005 Transporte de nutrientes e sedimentos no rio Paranapanema (SP/PR) e seus principais tributários nas estações seca e chuvosa. In: NOGUEIRA, M.G.; HENRY, R.; JORCIN, A. *Ecologia de reservatórios: impactos potenciais, ações de manejo e sistemas em cascata*. São Carlos: Rima. p.435-459.
- FERRARIS, R.P.; COLOSO, R.; SUGIURA, S.; FLIMLIN, G. 2006 Phosphorus in effluents from

- rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) aquaculture. *World Aquaculture*, Baton Rouge, 37(1): 16-18 and 20.
- GUARINO, A.W.S.; BRANCO, C.W.C.; DINIZ, G.P.; ROCHA, R. 2005 Limnological characteristics of an old tropical reservoir (Ribeirão da Lages Reservoir, RJ, Brazil). *Acta Limnologica Brasiliensia*, Botucatu, 17(2): 129-141.
- GUO, L. e LI, Z. 2003 Effects of nitrogen and phosphorus from fish cage-culture on the communities of a shallow lake in middle Yangtze river basin of China. *Aquaculture*, Amsterdam, 226: 201-212.
- GUO, L.; LI, Z.; XIE, P; NI, L. 2009 Assessment effects of cage culture on nitrogen and phosphorus dynamics in relation to fallowing in a shallow lake in China. *Aquaculture International*, New York, 17: 229-241.
- HAKANSON, L. 2005 Changes to lake ecosystem structure resulting from fish cage farm emissions. *Lakes & Reservoirs: Research and Management*, Richmond, 10: 71-80.
- HENRY, R. 1990 Amônia ou fosfato como agente estimulador do crescimento do fitoplâncton na represa de Jurumirim (Rio Paranapanema, SP)? *Revista Brasileira de Biologia*, São Carlos, 50(4): 883-892.
- HENRY, R. 2004 A variabilidade de alguns fatores físicos e químicos da água e implicações para amostragem: estudos de caso em quatro represas do Estado de São Paulo. In: BICUDO, C.E.M. e BICUDO, D.C. *Amostragem em limnologia*. São Carlos: Rima. p.245-262.
- IPT - Instituto de Pesquisas Tecnológicas 2007 *Diagnóstico da situação atual dos recursos hídricos e estabelecimentos de diretrizes técnicas para a elaboração do plano da bacia hidrográfica do São José dos Dourados-Relatório Zero*. Relatório nº 40.675. São Paulo: IPT. 260p. Disponível em: <http://www.sigrh.sp.gov.br/sigrh/ARQS/RELATORIO/CRH/CBH_SJD/1127/volume%201.pdf> Acesso em: 10 jan. 2011.
- IPT - Instituto de Pesquisas Tecnológicas 2008 *Plano de Bacia da Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos do Rio São José dos Dourados - UGRHI 18: relatório final*. São Paulo: CETAE/IPT. 274p. Disponível em: <<http://www.sigrh.sp.gov.br/>
- sigrh/ARQS/RELATORIO/CRH/CBH-SJD/1239/sjd_plano%20de%20bacia.pdf> Acesso em: 10 jan. 2011.
- JOHANSSON, T. e NORDVARG, L. 2002 Empirical mass balance models calibrated for freshwater fish farm emissions. *Aquaculture*, Amsterdam, 212: 191-211.
- LEITE, M.A. 1998 *Variação espacial e temporal da taxa de sedimentação no reservatório de Salto Grande (Americana-SP) e sua influência sobre as características limnológicas do sistema*. São Carlos. 146p. (Dissertação de Mestrado. Escola de Engenharia de São Carlos, USP). Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18139/tde-16012002-144438/pt-br.php>> Acesso em: 4 nov. 2010.
- LEITE, M.A. 2002 *Análise do aporte, taxa de sedimentação e da concentração de metais na água, plâncton e sedimento do Reservatório de Salto Grande, Americana-SP*. São Carlos. 175p. (Tese de Doutorado. Escola de Engenharia de São Carlos, USP). Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18139/tde-14032003-144635/pt-br.php>> Acesso em: 4 nov. 2010.
- MALLASEN, M. e BARROS, H.P. 2008 Piscicultura em tanques-rede na concentração de nutrientes em um corpo d'água. In: CYRINO, J.E.P.; FURUYA, W.M.; RIBEIRO, R.P.; SCORVO FILHO, J.D. *Tópicos especiais em biologia aquática e aquicultura III*. Jaboticabal: Sociedade Brasileira de Aquicultura e Biologia Aquática. p.79-85.
- MALLASEN, M.; BARROS, H.P.; YAMASHITA, E.Y. 2008 Produção de peixes em tanques-rede e a qualidade da água. *Revista Tecnologia & Inovação Agropecuária*, Campinas, 1(1): 47-51.
- MCCUNE, B. e MEFFORD, J.J. 1997 *PC-ord. Multivariate analysis of ecological data*. version 3.0. Oregon: MjM Software Design, 47p.
- MINELLO, M.C.S.; PAÇO, A.L.; CAETANO, L.; CASTRO, R.S.D.; FERREIRA, G.; PEREIRA, A.S.; PADILHA, P.M.; CASTRO, G.R. 2010 Avaliação sazonal de alguns parâmetros indicadores da qualidade de água no reservatório da usina hidrelétrica de Ilha Solteira-SP, Brasil. *Global Science and Technology*, Rio Verde, 3(2): 98-104.
- MPA - Ministério da Pesca e Aquicultura 2010 *Produção pesqueira e aquícola: estatística 2008 e*

2009. Brasília: Ministério da Pesca e Aquicultura. 30p. Disponível em: <<http://www.mpa.gov.br/index.php/informacoes-e-estatisticas/estatistica-da-pesca-e-aquicultura>> Acesso em: 9 nov. 2010.
- MUDROCH, A. e MACKNIGHT, S.D. 1991 *CRC Handbooks of techniques for aquatic sediments sampling*. New York: CRC Press Inc. 210p.
- NUSH, E.A. 1980 Comparison of different methods for chlorophyll and phaeopigment determination. *Archiv für Hydrobiologie Beih Ergebn Limnology, Stuttgart*, 14: 14-36.
- OSTRENSKY, A.; BORGHETTI, J.R.; SOTO, E.D. 2008 *Aqüicultura no Brasil: o desafio é crescer*. Brasília: SEAP/FAO. 276p.
- RAMOS, I.P.; ZANATTA, A.S.; ZICA, E.O.P.; SILVA, R.J.; CARVALHO, E.D. 2008a Impactos ambientais de pisciculturas em tanques-rede sobre águas continentais brasileiras: revisão e opinião. In: CYRINO, J.E.P.; FURUYA, W.M.; RIBEIRO, R.P.; SCORVO FILHO, J.D. *Tópicos especiais em biologia aquática e aquicultura III*. Jaboticabal: Sociedade Brasileira de Aquicultura e Biologia Aquática. p.87-98.
- RAMOS, I.P.; VIDOTTO-MAGNONI, A.; CARVALHO, E. 2008b Influence of cage fish farming on the diet of dominant fish species of a Brazilian reservoir (Tietê River, High Paraná River basin). *Acta Limnologica Brasiliensia, Botucatu*, 20(3): 245-252.
- ROJAS, A. e WADSWORTH, S. 2007 A review of cage aquaculture: Latin America and the Caribbean. In: HALWART, M.; SOTO D.; ARTHUR, J.R. *Cage aquaculture: regional reviews and global overview*. Fisheries Technical Paper n°. 498. Rome: FAO. p.70-100.
- ROSS, L.G.; FALCONER, L.L, MENDOZA, A.C.; PALACIOS, C.A.M. 2010 Spatial modelling for freshwater cage location in the Presa Adolfo Mateos Lopez (El Infiernillo), Michoacán, México. *Aquaculture Research, Berlin*, 42 (5): 1-11.
- SENDACZ, S.; MONTEIRO, A.J.JR.; MERCANTE, C.T.; MENEZES, L.C.B.; MORAES, J.F. 2005 Sistemas de cascata: concentrações e cargas de nutrientes no sistema produtor Alto Tietê, São Paulo. In: NOGUEIRA, M.G.; HENRY, R.; JORCIN, A. *Ecologia de reservatórios: impactos potenciais, ações de manejo e sistemas em cascata*. São Carlos: Rima. p.417-434.
- SHEPHERD, G.J. 1996 *Fitopac 1: manual de usuário*. Campinas: Unicamp. 35p.
- SIPAÚBA-TAVARES, L.H.; LOURENÇO, E.M.; BRAGA, F.M.S. 2010 Water quality in six sequentially disposed fishponds with continuous water flow. *Acta Scientiarum Biological Science, Maringá*, 32(1): 9-15.
- SOARES, M.C.S.; MARINHO, M.M.; HUSZAR, V.L.M; BRANCO, C.W.C.; AZEVEDO, S.M.F.O. 2008 The effects of water retention time and watershed features on the limnology of two tropical reservoirs in Brasil. *Lakes & Reservoir: Research and Management, Richmond*, 13: 257-269.
- STRICKLAND, J.D.H. e PARSONS, T.R. 1960 A manual of seawater analysis. *Bulletin of Fisheries Research of Board Canada, Ottawa*, 125: 1-185.
- TACON, A.G.J. e FOSTER, I.P. 2003 Aquafeeds and the environment: policy implications. *Aquaculture, Amsterdam*, 226: 181-189.
- TUNDISI, J.G. 1999 Reservatórios como sistemas complexos: teoria, aplicações e perspectivas para usos múltiplos. In: HENRY, R. (Ed.) *Ecologia de reservatórios: estrutura, função e aspectos sociais*. Botucatu: Fundibio/Fapesp. p.19-38.
- TUNDISI, J.G. e MATSUMURA-TUNDISI, T. 2008 *Limnologia*. São Paulo: Oficina de Textos. 631p.
- VALDERRAMA, J.C. 1981 The simultaneous analysis of nitrogen and total phosphorus in natural waters. *Marine Chemistry, Amsterdam*, 10: 109-122.
- WETZEL, R.G. e LIKENS, G.E. 1991 *Limnological analysis*. New York: Springer Verlag. 391p.