

LIMNOLOGIA DE VIVEIRO DE CRIAÇÃO DE TILÁPIAS DO NILO: AVALIAÇÃO DIURNA VISANDO BOAS PRÁTICAS DE MANEJO*

Cacilda Thais Janson MERCANTE ^{1,6}; Clovis Ferreira do CARMO ¹; Claudinei José RODRIGUES ²; João Alexandre Saviolo OSTI ³; Cleide Schmidt MAINARDES PINTO ¹; André Martins VAZ-DOS-SANTOS ⁴; Andrea TUCCI ⁵; Ariane Carolina DI GENARO ³

RESUMO

A fotossíntese e a respiração desempenham importante papel no metabolismo de viveiros de piscicultura. Este estudo foi realizado em viveiro de tilápias e objetivou orientar boas práticas de manejo a partir da avaliação diurna (período de 120 h) de variáveis limnológicas. Para tanto, foram determinados os valores de clorofila *a*; fósforo total; nitrogênio total; amônia total, nitrito e nitrato; transparência; alcalinidade total (formas de carbono); temperatura da água, condutividade elétrica, turbidez, oxigênio dissolvido, pH, radiação subaquática e fitoplâncton. O período de amostragem ocorreu dois meses após o povoamento (16 a 20/12/2006), fase 1, e após seis meses (02 a 06/03/2007), fase 2. Em cada fase realizou-se amostragens em intervalos de 2 h, das 6:00h às 20:00h, durante 5 dias consecutivos (totalizando 120 h). As coletas para análise quantitativa do fitoplâncton ocorreram nos dias 20/12/2006 e 06/03/2007. O manejo empregado promoveu o enriquecimento de nutrientes e elevadas densidades de clorofíceas, conseqüentemente, direcionou a dinâmica de gases (O₂ e CO₂) por meio da fotossíntese. Na fase 2, houve um aumento das formas oxidadas de nitrogênio e fósforo. O comportamento do sistema entre as horas estudadas repetiu-se durante os dias, evidenciando que a escala de horas é mais importante na dinâmica do sistema do que os dias, para o conjunto de dados analisados. Tais resultados demonstram que as práticas de manejo devem considerar as oscilações diárias de variáveis como nitrito, gás carbônico, pH, oxigênio dissolvido, implantando horários mais adequados ao arraçoamento e ao uso de aeradores, evitando uma possível mortandade de peixes.

Palavras chave: Piscicultura; qualidade da água; flutuação diurna; manejo de viveiros

LIMNOLOGY OF NILE TILAPIA POND: DIURNAL ASSESSMENT WITH THE AIM OF BEST PRACTICES FOR MANAGEMENT

ABSTRACT

Photosynthesis and breathing processes play an important role in the metabolism of pisciculture ponds. This study was performed in a tilapia pond in order to guide the best management practices based on the diurnal evaluation (120 h period) of limnological variables. To this end, it was determined the values of chlorophyll *a*, total phosphorus, total nitrogen, total ammonia, nitrite and nitrate, transparency, total alkalinity (carbon forms), water temperature, conductivity, turbidity, dissolved oxygen, pH, underwater radiation and phytoplankton. The sampling period occurred two months after populating the pond (December 16-20, 2006), phase 1, and after six months (March 2-6, 2007), phase 2. At each phase, samples were taken every 2 hours from 6 am until 8 pm for 5 days in a row (120 hours). The samples for phytoplankton quantitative analysis occurred on December 12, 2006 and March 06, 2007. The management practices promoted the enrichment of nutrients and high densities of green algae, therefore directed the dynamics of gases (O₂ and CO₂) through the photosynthesis process. In phase 2 there was an increase of oxidized forms of nitrogen and phosphorus. The behavior of the system between the hours of the study was repeated during the days, indicating that the scale of hours is more important in the dynamics of the system than the days to the dataset analyzed. These results demonstrate that management practices should consider the daily fluctuations of variables such as nitrite, carbon dioxide, pH, dissolved oxygen, deploying the most appropriate feeding schedules and the use of aerators, avoiding a possible fish kills.

Key words: Pisciculture; water quality; daily fluctuation; pond management

Artigo Científico: Recebido em 19/07/2010 – Aprovado em 08/04/2011

¹ Pesquisador Científico do Instituto de Pesca

² Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade

³ Programa de Pós-Graduação em Aquicultura e Pesca do Instituto de Pesca

⁴ Universidade São Judas Tadeu

⁵ Pesquisador Científico do Instituto de Botânica

⁶ Corresponding author: Av. Francisco Matarazzo, 455 – CEP: 05.001-300 – São Paulo – SP – Brasil. e-mail: cthais@pesca.sp.gov.br

*Apoio financeiro FAPESP 2005/03011-7

INTRODUÇÃO

Pesquisas voltadas a estudar a reprodução, o crescimento e a produção de espécies de organismos aquáticos com potencial econômico têm-se desenvolvido mais amplamente, se comparadas aos trabalhos que visam avaliar a qualidade da água na aquicultura. Entretanto, devido à escassez de água e à deterioração dos ambientes aquáticos, estudos que visem avaliar sua qualidade para a criação de organismos são bastante importantes.

É sabido que a saúde dos peixes e de outros organismos aquáticos depende de uma boa qualidade da água. Diversos autores destacam que a manutenção da qualidade de água em viveiros de piscicultura é requisito básico para o sucesso econômico do sistema produtivo. Esta qualidade pode ser influenciada por vários fatores como, por exemplo, a origem da fonte de abastecimento e o manejo alimentar (SIPAÚBA-TAVARES, 1994; BOYD e TUCKER, 1998; ELER *et al.*, 2001; KUBITZA, 2003; ARANA, 2004; MERCANTE *et al.*, 2004; 2005; 2006; 2007).

Diversos fatores climáticos, bióticos e abióticos interagem entre si, influenciando o metabolismo desses sistemas. Para garantir o sucesso do cultivo, deve-se procurar um equilíbrio dinâmico entre todas as variáveis físicas, químicas, biológicas e tecnológicas, de forma sustentável, ou seja, atendendo tanto as necessidades sociais, quanto ambientais e econômicas do empreendimento (ARANA, 2004).

A matéria orgânica advinda de fontes externas (esterco, ração, material dissolvido ou particulado) ou de fontes internas (fezes, restos de plantas e animais aquáticos) contribui para o enriquecimento da água do viveiro. O enriquecimento artificial do ecossistema aquático, principalmente por nitrogênio e fósforo, promove o crescimento excessivo de algas e plantas aquáticas, muitas vezes ocasionando mortalidade de peixes em função da redução na concentração de oxigênio dissolvido na água nos períodos vespertino e noturno. Este processo, denominado de eutrofização, ocorre comumente em viveiros de criação de organismos aquáticos. A ração alocada deve ser balanceada e proporcional ao consumo dos organismos, pois o arrasto exagerado, somado às elevadas taxas de excretas dos peixes, levam a um aumento nas

concentrações dos compostos fosfatados e nitrogenados, afetando diretamente os organismos cultivados e causando alta proliferação de algas, que influenciam a dinâmica de gases e nutrientes do meio (PIEDRAHITA, 2003; STEPHENS e FARRIS, 2004; ZHANG *et al.*, 2004; BACCARIN e CAMARGO, 2005).

As oscilações nos diversos indicadores limnológicos dos viveiros de piscicultura definem, em linhas gerais, as condições da qualidade da água para a produção do plâncton, interferindo na capacidade de produção, bem como na qualidade dos organismos produzidos (SÁ-JUNIOR e SIPAÚBA-TAVARES, 1997). Muitos desses mecanismos de interações entre os compartimentos bióticos e abióticos, que ocorrem em viveiros de piscicultura de países de clima tropical, estão associados ao fotoperíodo (duração e intensidade da luminosidade), onde os longos períodos iluminados intensificam os processos de produção primária e as suas consequências. Dessa forma, para avaliar a qualidade da água, deve-se levar em conta a flutuação das variáveis ao longo do período diurno, pois não são raros exemplos em que valores extremos causam efeitos adversos nos organismos presentes (VINCENT, 1992; LIU *et al.*, 2009). A importância de pesquisas relacionadas à variação diurna fica especialmente evidenciada no trabalho de KRANZ *et al.* (2009), no qual os autores destacaram a importância do fitoplâncton e da luz sobre a dinâmica do ecossistema aquático, ressaltando o potencial ecológico dos produtores primários.

O presente estudo objetivou, a partir do levantamento limnológico de um viveiro de piscicultura durante o período diurno, descrever e avaliar a dinâmica e o metabolismo desse sistema sujeito às intensas perturbações advindas da alimentação e da excreção dos peixes, do metabolismo do fitoplâncton, do tempo de residência e das condições climáticas, entre outros fatores. Sugerem-se, também, propostas de manejo alimentar e hídrico, visando minimizar as alterações que ocorrem nesses ambientes, melhorando o bem estar dos peixes e consequentemente, de toda a produção.

MATERIAL E MÉTODOS

A duração do experimento abrangeu um ciclo

de criação de Tilápias do Nilo (*Oreochromis niloticus*) com duração de seis meses, tendo início no mês de outubro de 2006. O período de coleta de água contemplou a fase 1 (2 meses após o povoamento), a qual abrangeu 5 dias consecutivos, do dia 16 a 20/12/2006; e a fase 2 (6 meses após o povoamento), durante 5 dias consecutivos, de 02 à 06/03/2007. A cada dia, em horários determinados (6:00h; 8:00h, 10:00h, 12:00h, 14:00h, 16:00h; 18:00h e 20:00h), foram amostradas, por meio de coleta na subsuperfície da coluna d'água, com auxílio de garrafa Van Dorn, as variáveis: clorofila *a*; fósforo total; nitrogênio total; amônia total, nitrito e nitrato; transparência; alcalinidade total (formas de carbono). No mesmo dia e horários, por meio de sonda multiparâmetros marca HORIBA U-22, foram medidos, na região limnética do viveiro: temperatura da água, condutividade elétrica, turbidez, oxigênio dissolvido e pH.

A técnica de extração dos pigmentos foi realizada por meio do etanol 90%, utilizado como solvente orgânico, e a descrição do método foi baseada em MARKER *et. al.* (1980) e SARTORY e GROBBELLAR (1984). Para a análise quantitativa da comunidade fitoplanctônica, as amostras foram fixadas com Lugol acético 1%. A contagem dos indivíduos foi realizada de acordo com UTERMÖHL (1958).

As análises do fósforo total e nitrogênio total foram feitas simultaneamente, seguindo as técnicas descritas em VALDERRANA (1981). As análises de nitrito e nitrato seguiram a técnica de Griess modificado, descrita em GINÉ *et al.*, (1980). O ortofosfato foi determinado pelo método descrito em STRICKLAND e PARSONS (1965), e para a amônia total, seguiu-se a técnica de Nessler, descrita em APHA (1992). A análise da alcalinidade seguiu o método descrito em GOLTERMAN e CLYMO (1978). O cálculo para se obter o gás carbônico livre foi baseado na metodologia descrita em COLE (1979). Com o uso de um luxímetro, DATALOGGER LI 1400 da LICOR, foi registrada a luz incidente ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) na sub-superfície da coluna d'água, a cada dia e horários determinados.

O ensaio foi desenvolvido na Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios - APTA Regional do Vale do Paraíba - município

de Pindamonhangaba, localizada a 22°55'50" S, 45°27'22" O, no Estado de São Paulo. O viveiro utilizado possui as seguintes dimensões: 30x50 m, com uma área superficial de 1.500 m², e profundidade média de 1,0 m. Os 3.750 juvenis de tilápia (*O. niloticus*) foram confinados no viveiro, resultando em uma densidade de aproximadamente 2,5 peixes m⁻². Esses peixes foram criados e comercializados em um período de 141 dias, atingindo pesos médios finais de 670 g. A quantidade de ração (em kg) fornecida aos peixes ao longo do cultivo foi duas vezes maior no final em relação à quantidade fornecida no começo do experimento. O arraçoamento foi realizado em função do estágio de maturidade e biomassa da população, utilizando a razão entre 3 a 1,5% do peso médio dos peixes, ou seja, de 16,8 a 31,5 kg de ração extrusada ao dia, aplicadas duas vezes ao dia. O primeiro arraçoamento ocorreu às 7:00 h e o segundo, às 15:00 h.

Para interpretação dos efeitos das variáveis físicas e químicas monitoradas durante o experimento, os dados foram submetidos às análises gráfica e de correlação linear (*r*) de Pearson (dados transformados - $\log x+1$) (ZAR, 2010). Para as análises de correlação, utilizou-se $\alpha = 0,05$. A matriz de correlação obtida também serviu de base para a realização de uma análise de componentes principais (ACP), aplicada para verificar o grau de importância e o efeito conjunto das diversas variáveis aferidas (MANLY, 2008).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Caracterização física e química da água do viveiro

Os valores de pH foram mais baixos nas primeiras horas da manhã, elevando-se entre 12:00 e 14:00h (Figura 1). Esta tendência repetiu-se nos 5 dias de amostragem e nos dois períodos de estudo: dezembro/2006 e março/2007. Durante o dia, a ligeira elevação do pH pode ser relacionada à remoção do gás carbônico pelo uso na fotossíntese; ao entardecer, o processo de fotossíntese cessa e o gás carbônico se acumula na água, promovendo acidez do meio, causando o declínio do pH ($r = -0,62$). Nitidamente, o sistema em questão não mostrou um eficiente poder tampão, evidenciado pelas fortes oscilações do pH; valores entre 5,5 e 7,5 foram comumente observados nos 5 dias de amostragem. As

variações de pH podem causar estresse nos organismos, mesmo que o valor absoluto esteja dentro da faixa de tolerância, (CECCARELLI *et al.*, 2000), interferindo na produtividade. De acordo

com SIPAÚBA-TAVARES (1994), os principais fatores que podem causar elevação no pH são a respiração, a fotossíntese, a adubação, a calagem e fontes poluidoras.

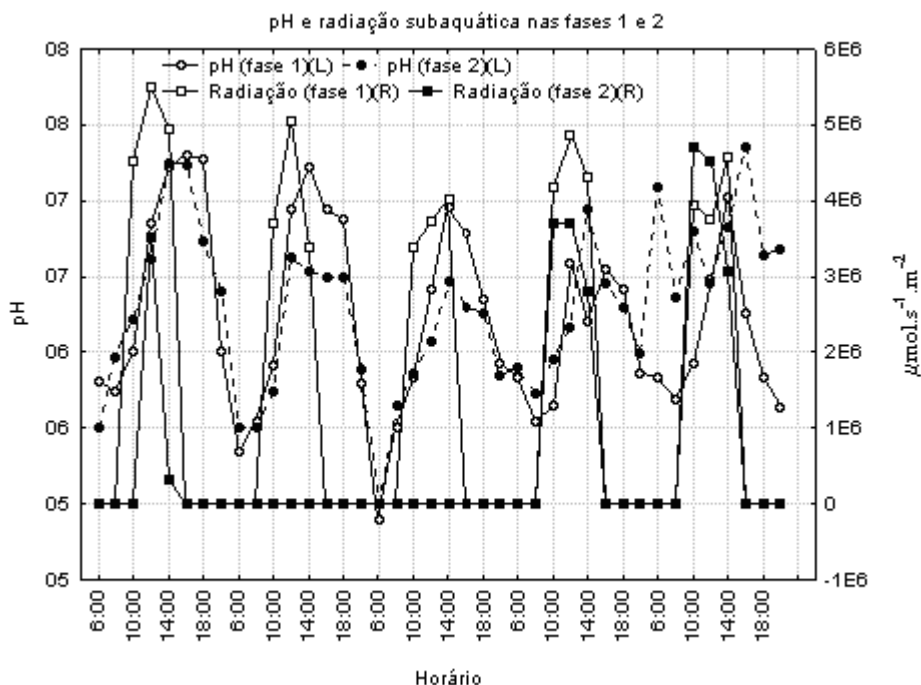


Figura 1. Variação diurna do pH e da radiação subaquática medido durante os dias 16 a 20/12/2006 (fase 1) e 02 a 06/03/2007 (fase 2) em viveiro de cultivo de tilápias

Como apresentado na Figura 2, verificou-se uma elevada atividade fotossintética a partir das 11:00h até às 18:00h, ocorrendo supersaturação do oxigênio de até 130% no mês de dezembro/2006, e de 150% no mês de março/2007. Nas primeiras horas da manhã, verificou-se subsaturação, com valores abaixo de 50%. É interessante notar que esta tendência foi evidenciada durante os 5 dias de amostragem. A supersaturação do oxigênio dissolvido, no período entre 10:00h e 14:00h, e a subsaturação ao entardecer e amanhecer, evidenciou uma relação direta com os processos biológicos de fotossíntese e respiração, apresentando correlação linear significativa com pH ($r = 0,66$) e CO_2 ($r = -0,61$). Portanto, em função da atividade fotossintética das algas, a qual libera oxigênio para a coluna da água durante o dia, é possível relacionar os teores de oxigênio dissolvido obtidos neste estudo com o metabolismo das algas. No presente estudo, a análise quantitativa das algas evidenciou que as classes

Chlorophyceae e Cyanobacteria, contribuíram de forma expressiva para a riqueza e densidade do fitoplâncton ($> 35.000 \text{ org mL}^{-1}$), com porcentagens de contribuição respectivamente de 60% e 10%. A ordem Chlorococcales (Chlorophyceae), que neste trabalho foi muito representativa em termos de riqueza de espécies, é referida por outros autores como o grupo que mais contribui para a riqueza total do fitoplâncton em águas tropicais brasileiras eutrofizadas (BICUDO *et al.* 1999, PINTO-COELHO *et al.* 1999, SANT'ANNA *et al.* 1997; TUCCI *et al.* 2006).

As fontes importantes de gás carbônico nos sistemas aquaculturais advêm da respiração das algas, das macrófitas, dos peixes, do zooplâncton e dos processos microbiológicos de decomposição da matéria orgânica. Ao longo do cultivo, a respiração pode exceder a atividade fotossintética (importante mecanismo de remoção de CO_2), aumentando consideravelmente a concentração

desse gás no sistema, a qual pode ultrapassar facilmente os valores de 25 mg L^{-1} (KUBITZA, 1999). A Figura 2 mostra os valores de gás carbônico, onde no mês de dezembro/2006, foram observados valores elevados desse gás, atingindo 300 mg L^{-1} nas primeiras horas da manhã (dias 18 e 19/12/2006). Ao entardecer, constatou-se queda brusca, com teores abaixo de 5 mg L^{-1} . Para o mês de março/2007, novamente verificou-se marcada oscilação nas concentrações desse gás, com valores mais elevados obtidos durante as primeiras horas do dia, atingindo um máximo de $89,5 \text{ mg L}^{-1}$, fato que pode ser indicativo de intensos processos de decomposição. De acordo com KUBITZA (1999), os níveis de CO_2 devem ser monitorados semanalmente nos tanques e viveiros

intensamente arraoados e sempre que houver prevalência de baixos teores de oxigênio. Os níveis de CO_2 são normalmente monitorados ao amanhecer, horário onde sua concentração é mais alta. Segundo BOYD e QUEIROZ (1997), longas exposições ao CO_2 acima da concentração de 10 mg L^{-1} por vários dias devem ser evitadas. O mesmo autor afirma que altas concentrações desse gás interferem no uso do oxigênio dissolvido e salienta que concentrações entre $20 - 60 \text{ mg L}^{-1}$ são letais para peixes de água quente, e que o nível seguro desse gás seria abaixo de 5 mg L^{-1} . No entanto, KUBITZA (2003) afirma que peixes podem suportar concentrações de até 300 mg L^{-1} , desde que os níveis de saturação de OD estejam ao redor de 90 a 120%.

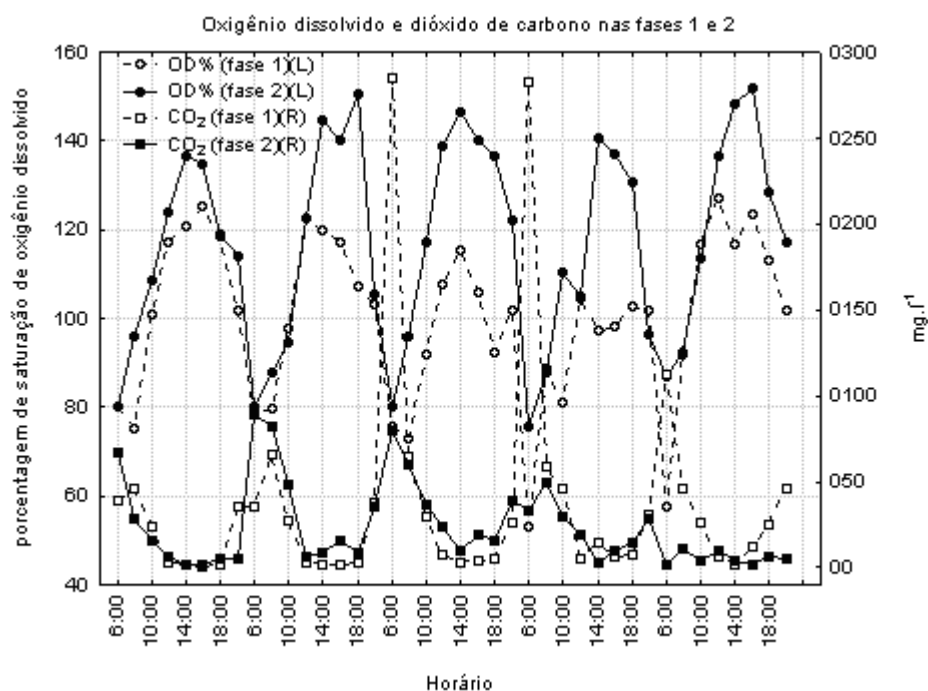


Figura 2. Variação diurna da porcentagem de saturação do oxigênio dissolvido e de dióxido de carbono, calculado durante os dias 16 a 20/12/2006 (fase 1) e 02 a 06/03/2007 (fase 2) em viveiro de cultivo de tilápias

Os valores de alcalinidade total mantiveram-se constantes, tanto em dezembro quanto em março, como ao longo das horas e dos dias. Embora a alcalinidade total tenha se mantido dentro do limite mínimo aceitável recomendado em literatura (20 mg L^{-1}), este valor pode ser considerado baixo para a manutenção do efeito tampão, que se eleva com o aumento da alcalinidade. Durante o estudo, constataram-se valores de condutividade elétrica

(Figura 3) constantemente acima dos limites recomendados na literatura ($70 \mu\text{S cm}^{-1}$). Pode-se relacionar tal fato ao aporte de íons advindo do arraçoamento, ou também, à elevada matéria orgânica em decomposição (SIPAÚBA-TAVARES, 1994). Durante o ensaio, observou-se alta correlação linear positiva entre a condutividade e os íons nitrato ($r = 0,82$) e condutividade e íons ortofosfato ($r = 0,80$).

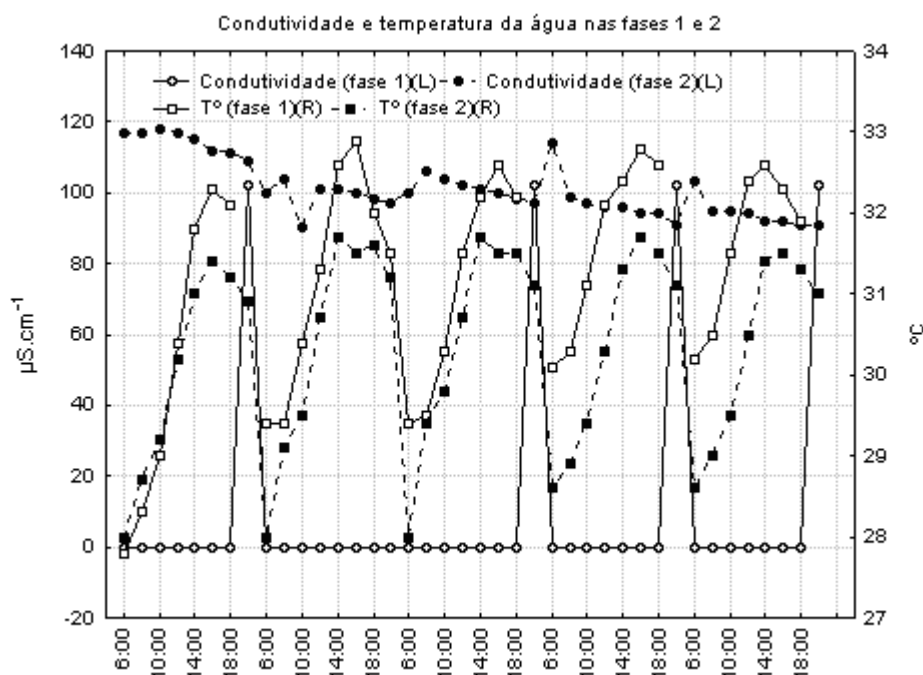


Figura 3. Variação diurna da condutividade elétrica ($\mu\text{S cm}^{-1}$) e temperatura da água ($^{\circ}\text{C}$) medidas durante os dias 16 a 20/12/2006 (fase 1) e 02 a 06/03/2007 (fase 2) em viveiro de cultivo de tilápias

As elevadas concentrações de fósforo total, obtidas no presente estudo, evidenciaram o intenso aporte de matéria orgânica no sistema (Figura 4). Em dezembro de 2006 e março de 2007 foram determinados valores de até a $300 \mu\text{g L}^{-1}$ (Figura 4). Considerando-se as questões de sustentabilidade ambiental, tais valores estariam na ordem de até dez vezes o limite superior recomendado pela Resolução CONAMA 357/05 para águas de classe 2, as quais contemplam a criação de organismos aquáticos. Resultados semelhantes foram obtidos em estudo realizado por MERCANTE *et al.* (2004) em pesqueiros da região Metropolitana de São Paulo, onde os autores obtiveram elevados valores de fósforo, comumente acima de $25 \mu\text{g L}^{-1}$, relacionando tais concentrações a entrada de alimento advindo do arrastamento e da ceva. Ainda, MAINARDES-PINTO e MERCANTE (2003) obtiveram, em viveiro com floração de euglenas, valores de fósforo solúvel reativo entre 30 e $100 \mu\text{g L}^{-1}$, evidenciando elevados teores de matéria orgânica no sistema.

O fósforo solúvel reativo é a forma de fósforo que é prontamente assimilável pelo fitoplâncton. Segundo WETZEL (1981), a capacidade de

assimilação excessiva de fósforo pelas algas pode manter o desenvolvimento dessa comunidade, mesmo quando a concentração externa é muito baixa ou já se esgotou. Conforme apresentado na Figura 4, as concentrações de ortofosfato atingiram, no final do ciclo de criação (março/2007), $45 \mu\text{g L}^{-1}$, quando este elemento não ultrapassou $20 \mu\text{g L}^{-1}$. Dessa forma, na fase 1, a fração de fósforo solúvel reativo correspondia aproximadamente a 3,4% do fósforo total, e na fase 2, a 16,6%. Essa diferença provavelmente está relacionada ao fato da quantidade de ração alocada na fase 2 ter sido o dobro da fase 1. REID e MOCCIA (2006) afirmam que uma quantidade significativa de fósforo solúvel pode ser lixiviado da ração em um curto espaço de tempo.

As concentrações de nitrogênio total ultrapassaram $1.500 \mu\text{g L}^{-1}$, e as de nitrito atingiram $12 \mu\text{g L}^{-1}$, ambos no início do ciclo de criação. BACCARIN e CAMARGO (2005), ao estudar o impacto ambiental do cultivo de *Oreochromis niloticus* (tilápia) sobre diferentes manejos alimentares, concluiu que os viveiros onde foram aplicados rações extrusadas, mesmo tratamento aplicado no presente estudo, alcançaram os maiores valores de nitrito. O

potencial tóxico do nitrito em viveiros de piscicultura depende do tipo de peixe que se cultiva e das concentrações de oxigênio dissolvido e amônia. De acordo com KUBITZA (2003), concentrações sub-letais, na ordem de 0,3 a 0,5 mg L⁻¹, podem causar redução no crescimento e na resistência a doenças. ARANA (2004) relata o valor de 16,0 mg L⁻¹ como concentração que causa mortalidade em 50% da população de *Tilapia áurea*

após uma exposição de 96 horas (CL₅₀₋₉₆). O mesmo autor afirma que as concentrações de CL₅₀₋₉₆ variam entre as espécies. Apesar de não ter sido avaliada a saúde do plantel, nem a sua susceptibilidade a enfermidade, é provável que a concentração de nitrito no viveiro causou danos sub-letais aos indivíduos, devido à exposição crônica a este íon, principalmente na primeira fase do ciclo de criação.

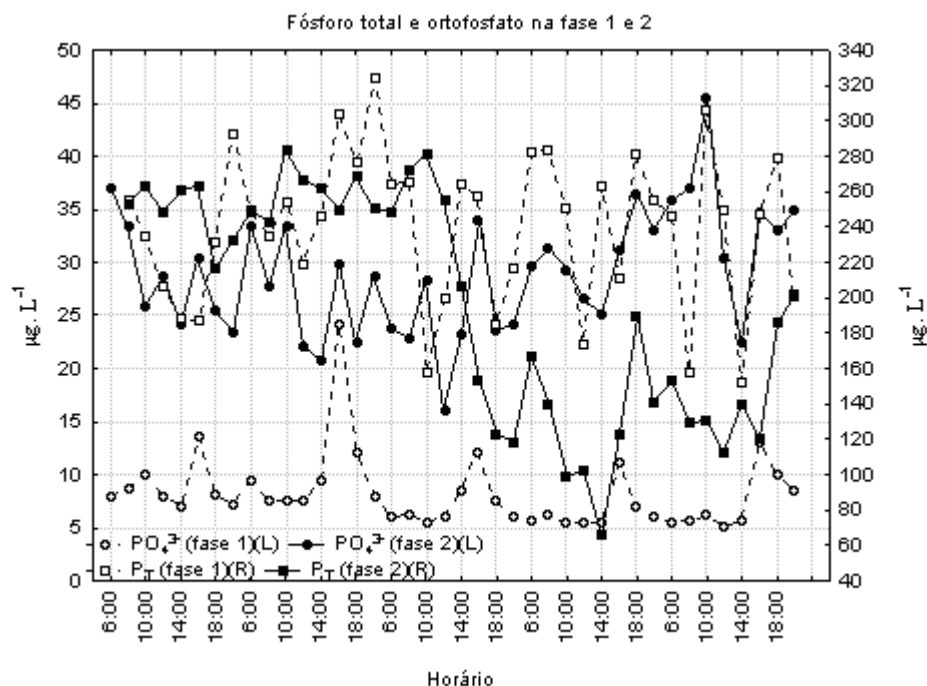


Figura 4. Variação diurna da concentração de fósforo total e ortofosfato quantificado durante os dias 16 a 20/12/2006 (fase 1) e 02 a 06/03/2007 (fase 2) em viveiro de cultivo de tilápias

No presente estudo, o nitrogênio inorgânico dissolvido - NID (que corresponde a somatória das concentrações de amônia total, nitrito e nitrato), teve concentração média, na primeira fase de 5,7 mg L⁻¹, e na segunda fase, concentração média de 36,1 mg L⁻¹ (Figura 5). Na primeira fase, prevaleceram as formas reduzidas do NID, onde a amônia total correspondia em média a 9%, nitrito a 90,5%, e o nitrato, a 0,5%; já na segunda fase, prevaleceu a forma oxidada, sendo os percentuais de amônia total de 0,75%, nitrito, de 6,2% e nitrato, de 93,1%. Esse fenômeno provavelmente está relacionado a baixa taxa de renovação de água do viveiro, o que promove um acúmulo de nutrientes na água ao longo da criação.

De acordo com KUBITZA (1999), concentrações de amônia não ionizada acima de 0,02 mg L⁻¹ são suficientes para induzir uma toxidez crônica, levando a uma diminuição do crescimento e da tolerância dos peixes à doenças. No presente estudo, os valores de pH, constantemente abaixo de 8,0, evitaram a formação de amônia tóxica em níveis críticos. Comumente, foram obtidos valores de amônia total inferiores a 0,7 mg L⁻¹ (Figura 5), sendo que a forma predominante passa a ser a do íon amônio (NH₄⁺).

Com o incremento da biomassa de peixes, foi observado um gradativo aumento nas concentrações das variáveis limnológicas, provavelmente associado

ao aumento na quantidade de ração fornecida. As taxas de arraçoamento, e o metabolismo dos organismos criados, promoveram um incremento na concentração de nitrogênio e fósforo. Na primeira fase, foram administrados 100 kg ha⁻¹ por dia de ração e, no final da produção, 250 kg ha⁻¹ por dia,

sendo que as taxas de conversão alimentar oscilaram entre 1,2: 1 a 2,3: 1, no período de 141 dias de estudo, produzindo ganho médio de 480 g por indivíduo. Dados de literatura asseguram que os resultados obtidos mostram a viabilidade do empreendimento.

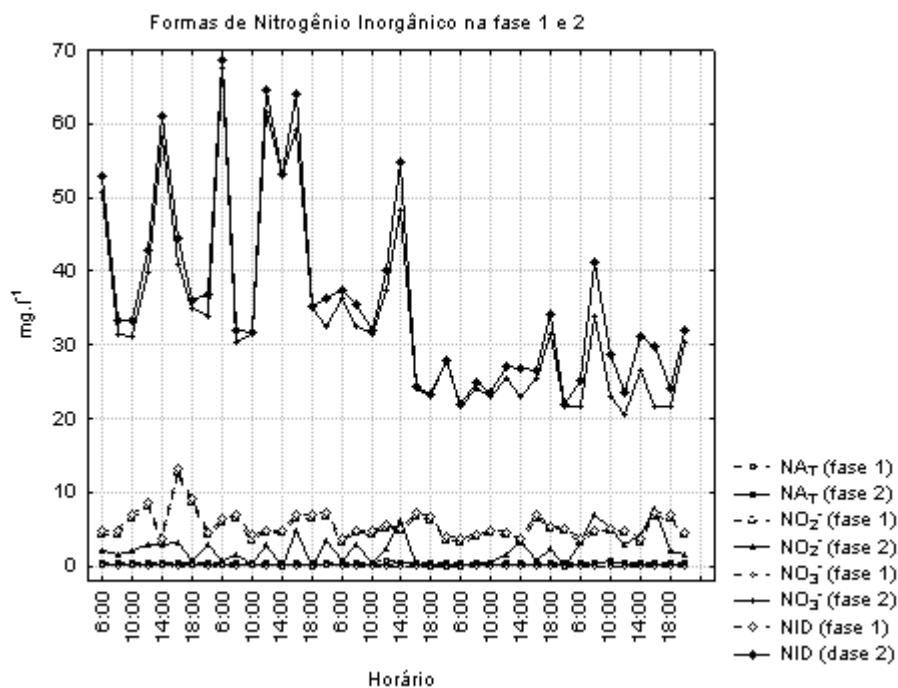


Figura 5. Variação diurna da concentração das formas de nitrogênio inorgânico dissolvido quantificado durante os dias 16 a 20/12/2006 (fase 1) e 02 a 06/03/2007 (fase 2) em viveiro de criação de tilápias

Os resultados obtidos neste estudo podem ser sintetizados por meio da análise de componentes principais (Figura 6 e Tabela 1), verificando-se que o eixo 1 associou a distribuição temporal das unidades amostrais entre o início (fase 1 - lado positivo do eixo) e o final do período de criação (fase 2 - lado negativo do eixo). O início da criação esteve associado às maiores concentrações de nitrito (NO₂) e de amônia total, com as maiores temperaturas e intensidades luminosas. O período correspondente a fase 2 esteve associado aos maiores valores de fósforo inorgânico e condutividade da água, indicando a maior disponibilidade de nutrientes na água, o enriquecimento artificial provocado pelo manejo do sistema.

O eixo 2 resumiu, principalmente, as diferenças entre os horários de coleta. No lado positivo do eixo 2 estão agrupadas as unidades amostrais das coletas realizadas no período da

manhã, entre 6:00, 8:00 e 10:00 horas. Estas unidades amostrais estão associadas aos maiores valores de CO₂ livre, muito provavelmente indicando o acúmulo desse gás na coluna d'água em função da respiração que ocorreu no período noturno. Já no lado negativo do eixo 2, estão agrupadas a maioria das unidades amostrais referentes às coletas realizadas entre as 12:00 e 18:00 horas, associadas, por sua vez, aos maiores valores de porcentagem de saturação de oxigênio e pH, maior intensidade luminosa e elevadas temperaturas, indicando atividade fotossintética mais intensa durante esses horários.

Em síntese, as variações entre os horários foram determinantes para o comportamento das variáveis, ou seja: o comportamento do sistema repetiu-se nos dias subsequentes do experimento, evidenciando que a escala de horas foi mais importante do que os dias para o conjunto de dados analisados.

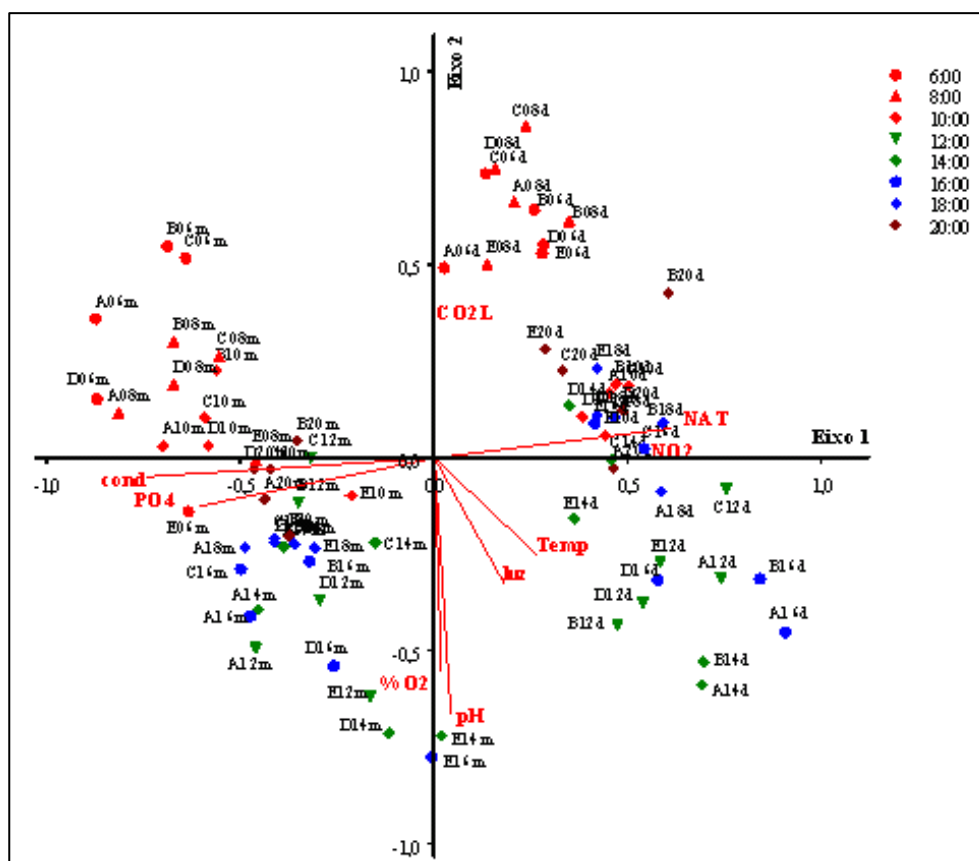


Figura 6. Ordenação biplot pela Análise de Componentes Principais (ACP) das unidades amostrais geradas a partir de dez variáveis ambientais. Onde: os dias de coleta correspondem as letras de A a F; as horas, aos números 6, 8, 10, 12, 14, 16, 18, 20 e os meses, às letras d = dezembro/2006 e m = março/2007

Tabela 1. Coeficientes de correlação de Pearson e Kendall entre as variáveis físicas e químicas da água analisadas ($n = 80$) com os dois primeiros eixos da ACP (valores em negrito correspondem às variáveis que tiveram maior correlação com os eixos, acima de 0,5)

Variáveis	Abreviações	Componentes principais	
		Eixo 1	Eixo 2
pH	pH	0,216	-0,811
Condutividade	cond	-0,924	-0,218
Oxigênio dissolvido	%O2	0,147	-0,743
Temperatura	Temp	0,551	-0,500
Nitrogênio amoniacal total	NAT	0,839	0,279
Nitrito	NO2	0,741	-0,039
Ortofósforo	PO4	-0,837	-0,352
Fósforo total	PT	0,219	0,351
Gás carbônico livre	CO2L	-0,055	0,579
Luz	luz	0,456	-0,572
Varição explicada		41 %	23 %

CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Os baixos valores de pH, inferiores a 8,0, evitaram a formação de amônia tóxica em níveis críticos, muito embora, durante o dia, foram medidas concentrações deste elemento de até 10 vezes o mínimo obtido. Os valores de nitrito, verificados na primeira fase, tem potencial de causar danos subletais no plantel. O uso de aeradores é indicado ao entardecer/anoitecer, período de início da redução na concentração do oxigênio dissolvido na água. Para se evitar problemas com a excessiva concentração de CO₂ na água, pode-se reduzir a taxa de alimentação; procurar manter um adequado sistema tampão e acionar os aeradores como estratégia eficaz na difusão do excesso de CO₂ da água para a atmosfera. As oscilações diurnas das variáveis físicas e químicas relacionaram-se diretamente ao processo de eutrofização evidenciando-se que a atividade fotossintética direcionou a dinâmica de gases do viveiro, e que esta foi fortemente associada às horas do dia. Tais resultados demonstraram que as práticas de manejo devem considerar as oscilações diárias de variáveis como nitrito, gás carbônico, pH, oxigênio dissolvido. Portanto, alterações na frequência do arrazoamento tornam-se uma ferramenta importante na busca da otimização das perdas e, conseqüentemente, reduzindo a liberação de compostos advindos dos restos de alimento.

REFERÊNCIAS

- APHA - American Public Health Association. 1992 *Standard methods for the examination of water and wastewater*. 20^a ed. Washington: United Book Press. p. 4-103.
- ARANA, L.V. 2004 *Fundamentos de aquíicultura*. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina Editora. 348 p.
- BACCARIN, A.E. e CAMARGO, A.F.M. 2005 Characterization and evaluation of the feed management on the effluents of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) culture. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, Curitiba, 48(1): 81-90.
- BICUDO, C.E.M.; RAMÍREZ, R.J.; TUCCI, A.; BICUDO, D.C. 1999 Dinâmica de populações fitoplanctônicas em ambiente eutrofizado: O Lago das Garças, São Paulo. In: HENRY, R. (Ed.). *Ecologia de reservatórios: estrutura, função e aspectos sociais*. Botucatu: FUNDIBIO/FAPESP. p.451-507.
- BOYD, C.E. e TUCKER, C.S. 1998 *Pond aquaculture water quality management*. Massachusetts: Kluwer Academic Publishers. 700p.
- BOYD, C.E. e QUEIROZ, J. 1997 *Manejo do solo e da qualidade da água em viveiro para aquíicultura*. Trad. Eduardo Ono. Campinas: ASA - Associação Americana de Soja. 55p.
- CECCARELLI, P.S.; SENHORINI, J.A.; VOLPATO, G.L. 2000 *Dicas em piscicultura; perguntas e respostas*. Botucatu: Santana Gráfica Editora. 274p.
- COLE, G. 1979 *A Textbook of limnology*. St. Louis: The C.V. Mosbycompany. 426p.
- CONAMA - CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. *Classificação das águas doces, salobras e salinas do território Nacional*. Resolução n.357, de 17 de março 2005.
- ELER, M.N.; CECCARELLI, P.S.; BUFON, A.G.M.; ESPÍNDOLA, E.L.G. 2001 Mortandade de peixes (matrinxã, *Brycon cephalus*, e pacu, *Piaractus mesopotamicus*) associada a uma floração de cianobactérias em pesque-pague, município de Descalvado, Estado de São Paulo, Brasil. *Boletim Técnico do CEPTA*, Pirassununga, 14: 35-45.
- GINÉ, H.; BERGAMIN, H.; ZAGATTO, E.A.G.; REIS, B.F. 1980 Simultaneous determination of nitrate and nitrite by flow injection analysis. *Analytica Chimica Acta*, Amsterdam, 114: 191-97.
- GOLTERMAN, H.L. e CLYMO, R.S. 1978 *Methods for chemical analysis of freshwater*. 2nd. Oxford: Blackell Scientifications. 213p.
- KRANZ, S.A.; SULTEMEYER, D.; RICHTER, K.U.; ROST, B. 2009 Carbon acquisition by *Trichodesmium*: the effect of pCO₂ and diurnal changes. *Limnology and Oceanography*, Canadá, 54(2): 548-559
- KUBITZA, F. 1999 *Qualidade da água na produção de peixes*. Jundiá: CIP - USP Editora. 97p.
- KUBITZA, F. 2003 *Qualidade da água no cultivo de camarões e peixes*. Jundiá: CIP - USP Editora. 228p.
- LIU, F.G.; YANG, S.D.; CHEN, H.C. 2009 Effect of temperature, stocking density and fish size on the ammonia excretion in palmetto bass (*Morone*

- saxatilis* x *M. chrysops*). *Aquaculture Research*, Amsterdam, 40: 450-455.
- MAINARDES-PINTO, C.S.R. e MERCANTE, C.T.J. 2003 Avaliação de variáveis limnológicas e suas relações com uma floração de Euglenaceae pigmentada em viveiro povoado com Tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus* Linnaeus), São Paulo, Brasil. *Acta Scientiarum Biological Sciences*, Maringá, 25(2): 323-28.
- MANLY, B.J.F. 2008 *Métodos estatísticos multivariados: uma introdução*. Porto Alegre: Bookman. 229p.
- MARKER, A.F.H.; NUSCH, H.; RAI, H.; RIEMANN, B. 1980 The measurement of photosynthetic pigments in freshwaters and standartization of methods: conclusion and recomendations. *Archiv für Hydrobiologie*, Stuttgart, 14: 91-106.
- MERCANTE, C.T.J.; CABIANCA, M.A.; SILVA, V.; COSTA, S.V.; ESTEVES, K.E. 2004 Water quality in fee-fishing ponds located in the São Paulo metropolitan region, Brazil: analysis of the eutrophication process. *Acta Limnologica Brasiliensis*, São Paulo, 16(1): 95-102.
- MERCANTE, C.T.J.; COSTA, S.V.; SILVA, V.; CABIANCA, M.A.; ESTEVES, K.E. 2005 Qualidade da água em pesque-pague da região metropolitana de São Paulo (Brasil): avaliação através de fatores abióticos (período seco e chuvoso). *Acta Scientiarum Biological Sciences*, Maringá, 27(1): 1-7.
- MERCANTE, C.T.J.; PEREIRA, J.S.; MARUYAMA, L.S.; CASTRO, P.M.G.; MENEZES, L.B.; SENDACZ, S. 2006 Cargas de nitrogênio e fósforo de efluentes de pesque e pague visando a gestão de recursos hídricos: um estudo preliminar. In: SIMPÓSIO DE RECURSOS HÍDRICOS SUL-SUDESTE, Curitiba, 27-29/ago./2006. *Anais...* 1-5 p.
- MERCANTE, C.T.J.; MARTINS, Y.K.; CARMO, C.F.; OSTI, J.S.; MAINARDES-PINTO, C.S.R.; TUCCI, A. 2007 Qualidade de água em viveiro de Tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*): caracterização diurna de variáveis físicas, químicas e biológicas, São Paulo, Brasil. *Bioikos*, Campinas, 21(2): 79-88.
- PIEDRAHITA, R.H. 2003 Reducing the potential environmental impact of tank aquaculture effluents through intensification and recirculation. *Aquaculture*, Amsterdam, 226: 35-44.
- PINTO-COELHO, R.M.; COELHO, M.M.; ESPÍRITO SANTO, M.M.; CORNELISSEN, T.G. 1999 Efeitos da eutrofização na estrutura da comunidade planctônica na Lagoa da Pampulha, Belo Horizonte, MG. In: HENRY, R. (Ed.). *Ecologia de reservatórios: estrutura, função e aspectos sociais*. Botucatu: FUNDIBIO/FAPESP. p.551-572.
- REID, G.K. e MOCCIA, R.D. 2006 Diel fluctuation of soluble phosphorus in the tank water of rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum), and relationships with feed inputs and dissolved oxygen. *Aquaculture Research*, Amsterdam, 37: 1606-1610.
- SÁ-JÚNIOR, W.P. e SIPAÚBA-TAVARES, L.H. 1997 Produtividade primária fitoplanctônica e variação de variáveis limnológicas ao longo do dia, em tanques de cultivo planctônico da estação de hidrobiologia e piscicultura de Furnas. *Acta Limnologica Brasiliensis*, São Paulo, 9: 83-91.
- SANT'ANNA, C.L.; SORMUS, L.; TUCCI, A.; AZEVEDO, M.T.P. 1997 Variação sazonal do fitoplâncton do Lago das Garças, São Paulo, SP. *Hoehnea*, São Paulo, 24: 67-86.
- SARTORY, D.P. e GROBBELAAR, J.U. 1984 Extraction of chlorophyll a from freshwater phytoplankton for spectrophotometric analysis. *Hydrobiologia*, Netherlands, 114: 177-187.
- SIPAÚBA-TAVARES, L.H. 1994 *Limnologia aplicada à aqüicultura*. São Paulo: FUNEP. 72p.
- STEPHENS, W. e FARRIS, J.L. 2004 A biomonitoring approach to aquaculture effluent characterization in channel catfish fingerling production. *Aquaculture*, Amsterdam, 241: 319-330.
- STRICKLAND, J.D.H. e PARSONS, T.R. 1965 *A manual of sea water analysis*. 2. ed. Ottawa: Fisheries Research Board of Canada, Bulletin nº 125, 203p.
- TUCCI, A.; SANT'ANNA, C.L.; GENTIL, R.C.; AZEVEDO, M.T.P. 2006 Fitoplâncton do Lago das Garças, São Paulo, Brasil: um reservatório urbano eutrófico. *Hoehnea*, São Paulo, 33: 147-175.

- UTERMÖHL, H. 1958 Zur Vervollkommung der quantitativen phytoplankton: methodik. Mitteilungen Internationale Vereinigung für Theoretische und Angewandte. *Limnologie*, Stuttgart, 9: 1-38.
- VALDERRANA, J.C. 1981 The simultaneous analysis of nitrogen and phosphorus total in natural waters. *Marine Chemistry*, Amsterdam, 10: 109-122.
- VINCENT, W.F. 1992 The daily pattern of nitrogen uptake by phytoplankton in dynamic mixed layer environments. *Hydrobiologia*, Netherlands, 238: 37-52.
- WETZEL, R.G. 1981 *Limnologia*. Barcelona: Omega Editora. 679p.
- ZAR, J.H. 2010 Biostatistical analysis. 5th ed. New Jersey: Prentice Hall. 994p.
- ZHANG, M.; ZHOU, Y.; XIE, P.; XU, P.; LI, J.; ZHU, D.; XIA, T. 2004 Impacts of cage-culture of *Oreochromis niloticus* on organic matter content, fractionation and sorption of phosphorus, and alkaline phosphatase activity in a hypereutrophic lake, People's Republic of China. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, New York, 73: 927-932.