

# EUTROFIZAÇÃO E QUALIDADE DA ÁGUA NA PISCICULTURA: CONSEQUÊNCIAS E RECOMENDAÇÕES

Carla Fernandes MACEDO<sup>1</sup> e Lúcia H. SIPAÚBA-TAVARES<sup>2</sup>

## RESUMO

A eutrofização artificial (cultural ou antrópica) é induzida pelo homem e pode ter diferentes origens, como: efluentes domésticos, industriais, agrícolas, incluindo ainda os efluentes de sistemas de criação de organismos aquáticos. A expansão da aquicultura, associada à produção de biomassa e ao aumento de nutrientes no meio aquático, pode provocar aceleração da produtividade de algas, alterando a ecologia do sistema aquático. Além disso, a água desses efluentes pode apresentar risco à saúde através da transferência de patógenos provenientes de esterco, resíduos vegetais, material compostado, entre outros que constituem importantes fontes de resíduos orgânicos em alguns sistemas de criação. Dependendo do grau de trofia dos viveiros de piscicultura, que são ambientes dinâmicos, diferentes espécies planctônicas, com curto ciclo reprodutivo e adaptadas às alterações constantes destes sistemas, podem aparecer em elevada abundância. A qualidade da água nos sistemas de criação de peixes está relacionada a diversos fatores, como a água de origem, manejo (calagem, adubação, limpeza), espécies cultivadas e quantidade e composição do alimento exógeno. Visando minimizar os impactos ambientais, existem técnicas para melhorar as condições de qualidade da água nos sistemas de criação de peixes e, assim, respostas satisfatórias podem ser obtidas através da aplicação de práticas de manejo. O presente trabalho tem por objetivo realizar revisão do tema que trata das alterações da qualidade da água advindas da atividade de piscicultura continental no Brasil. Procura, ainda, recomendar técnicas de boas práticas de manejo, visando minimizar o impacto gerado pela atividade.

**Palavras-chave:** Boas práticas de manejo; nutrientes; piscicultura; tratamento de efluentes

## EUTROPHICATION AND WATER QUALITY IN PISCICULTURE: CONSEQUENCES AND RECOMMENDATIONS

### ABSTRACT

The eutrophication (cultural or anthropogenic) is induced by man and can have different origins, such as domestic sewage, industrial and agricultural activities, including the effluent still breeding systems of aquatic organisms. The expansion of aquaculture, with production of biomass and increase of nutrients in water may cause acceleration of productivity of algae, changing the ecology of aquatic systems. In addition, these waste water may present a risk to health through the transfer of pathogens from manure, plant residues, composted material, among others that are major sources of organic waste in some farming systems. Depending on the trophic level of fish ponds, which are dynamic environments, different planktonic species with short reproductive cycle and adapted to the changes contained in these systems can appear in high abundance. Water quality in the systems for raising fish is related to several factors, such as water source, management (liming, fertilizing, cleaning), cultivated species and quantity and composition of exogenous food. In order to minimize environmental impacts, there are techniques to improve the quality of water in fish farming systems and thus satisfactory answers can be obtained through the application of management practices. This paper aims to review the subject that deals with changes in water quality resulting from the activity of freshwater fish culture in Brazil. Search also recommend techniques of good management practices to minimize the impact generated by the activity.

**Key words:** Best management practices; nutrients; fish pond; effluents treatment

---

**Artigo de Revisão:** Recebido em: 25/02/2010 – Aprovado em: 04/11/2010

<sup>1</sup> Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas - Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB). Rua Rui Barbosa, 710 Bairro Centro CEP: 44.380-000 - Cruz das Almas - BA. e-mail: cfmacedo@ufrb.edu.br

<sup>2</sup> Centro de Aquicultura da UNESP - Universidade Estadual Paulista. Via de Acesso Prof. Paulo Donato Castellane, s/n - CEP: 14.884-900 - Jaboticabal - SP

## INTRODUÇÃO

Os corpos de água são utilizados de várias maneiras e diversos fins, como abastecimento de água, irrigação de lavouras, lazer e despejo de águas residuais brutas, sendo a eutrofização uma das principais modificações provocadas pelo homem, geralmente pelo aporte excessivo de nutrientes nos ambientes aquáticos.

No Brasil, e na maioria dos países em desenvolvimento, a maior parte do esgoto bruto é lançada sem nenhum tratamento prévio nos cursos de água. Esse grande aporte de matéria orgânica e poluentes tem sido relatado como o principal responsável pela eutrofização de uma grande variedade de ambientes aquáticos, gerando preocupação crescente pelo alto grau de poluição e contaminação em que se encontram, atualmente, lagos e outros ambientes continentais (TUNDISI, 2003).

O processo de eutrofização é utilizado, na limnologia, para indicar o fenômeno de transformação de lagos para uma maior produtividade biológica, sendo um fenômeno associado ao aumento excessivo da produção de biomassa de produtores primários, geralmente causada pela elevada concentração de nutrientes (HUTCHINSON, 1957). Tal fenômeno pode ser natural ou artificial, sendo um processo lento e contínuo, resultante do aporte de nutrientes trazidos pelas chuvas e águas superficiais que desgastam e lavam a superfície terrestre. Em condição natural, sem que haja interferência das atividades humanas, lagos profundos e com baixa produtividade biológica sofrem processo de transformação, tornando-se rasos, com alta produtividade biológica e enriquecidos por nutrientes. No entanto, a velocidade de desenvolvimento do processo de eutrofização natural é bastante lenta, ocorrendo em função do tempo (WETZEL, 1983; MARGALEF, 1983; SCHIEWER, 1998).

A eutrofização artificial (cultural ou antrópica) é induzida pelo homem e pode ter diferentes origens, como: efluentes domésticos, industriais e atividades agrícolas, incluindo ainda os efluentes de sistemas de criação de organismos aquáticos. O crescimento demográfico e o aumento das atividades industriais e da descarga de nutrientes nos sistemas aquáticos vêm

acelerando sensivelmente a evolução deste processo. O aumento das concentrações de nitrogênio e fósforo são as principais causas da eutrofização em ecossistemas continentais, onde pode haver rápido desenvolvimento de algas e crescimento excessivo de plantas aquáticas, como cianobactérias e *Eichhornia crassipes* ou *Pistia stratiotes*, respectivamente (MARGALEF, 1983; WETZEL, 1983; ESTEVES, 1998; THOMAZ e BINI, 1999; TUNDISI, 2003).

À medida que as concentrações de nutrientes aumentam, há aceleração da produtividade de algas, alterando a ecologia do sistema aquático. Os nutrientes, ao serem lançados na água, contribuem para aumento da produção orgânica do sistema, com elevação da biomassa fitoplanctônica e conseqüente diminuição na penetração de luz (ESTEVES, 1998). Desta maneira, a taxa de decomposição e consumo de oxigênio pelos organismos podem ocasionar produção de metano e gás sulfídrico no sedimento. Entretanto, os nutrientes disponibilizados na coluna d'água contribuirão novamente para a produção fitoplanctônica. Nesse estágio, o ecossistema pode produzir mais matéria orgânica do que é capaz de consumir e decompor, com profundas mudanças no metabolismo de todo o ecossistema e nas concentrações de oxigênio nas camadas superiores, devido à decomposição bacteriana da matéria orgânica no sedimento (HUTCHINSON, 1975; MARGALEF, 1983; WETZEL, 1983).

Em tanques de criação de peixes, a proliferação excessiva do fitoplâncton pode causar diminuição de oxigênio no período noturno e supersaturação durante o dia, podendo causar a obstrução das brânquias dos peixes pelos filamentos e inibição do crescimento das algas mais assimiláveis, além do aparecimento de produtos do metabolismo secundário de cianobactérias, que causam sabor desagradável no pescado (MITCHELL, 1996; PERSCHBACHER *et al.*, 1996; DATTA e JANA, 1998).

A expansão da aquicultura tem contribuído com o aumento de nutrientes no meio aquático e, além disso, o manejo inadequado pode ser prejudicial para os animais (BOYD e QUEIROZ, 1997). Desta maneira, a produtividade em uma atividade como a piscicultura depende

fundamentalmente da qualidade da água, indicada por variáveis físicas, químicas e biológicas (BOYD e TUCKER, 1998; MACEDO e SIPAÚBA-TAVARES, 2005). É preciso considerar, também, os impactos que o empreendimento pode causar em seu entorno, devido às condições do efluente gerado pela atividade. Desta maneira, esta revisão tem como objetivo apresentar consequências da eutrofização na qualidade da água e recomendações visando à sustentabilidade das atividades de aquicultura por meio do manejo ambiental.

#### *Qualidade da água na piscicultura*

A aquicultura tem a finalidade de geração de biomassa com produção de organismos que necessitam do ambiente aquático para o desenvolvimento de parte ou da totalidade do seu ciclo vital (BORGHETTI e OSTRENSKY, 1999). A aquicultura mundial tem se expandido nas últimas décadas e, no Brasil, o crescimento mais efetivo ocorreu como reflexo do declínio da pesca extrativista e de simultâneo aumento na demanda de pescado, além do incentivo do governo, estimulando a criação de organismos aquáticos. Segundo a FAO (2009), a produção aquícola brasileira foi estimada em mais de 289.000 t no ano de 2008, representando uma receita de mais de R\$ 2 bilhões, predominando o cultivo de peixes de água doce (mais de 70% da produção). Além disso, a aquicultura possui potencial frente a outras atividades produtivas devido às características favoráveis, como: índices médios de impacto ambiental, transformação de subprodutos e resíduos agrícolas em proteína animal de excelente qualidade e possibilidade de aproveitamento de áreas improdutivas de pequeno tamanho ou de baixo rendimento agropecuário (KUBITZA, 1998; BORGHETTI e OSTRENSKY, 1999; ROUBACH *et al.*, 2003).

A piscicultura é uma atividade agropecuária que exige conhecimento de vários ramos da ciência, dentre os quais se destacam a limnologia, ictiologia e ecologia de sistemas (CASTAGNOLLI, 1992; ELER, 1996). A atividade possibilita a produção de peixes por metro cúbico de água e está diretamente relacionada com os diferentes sistemas de criação. Os sistemas são classificados quanto ao grau de

interferência no ambiente aquícola e a demanda de insumos. O sistema intensivo é caracterizado pela elevada densidade de estocagem e dependência total do alimento exógeno. No sistema semi-intensivo em viveiros escavados (o mais utilizado na produção de peixes), os alevinos são estocados e alimentados durante todo tempo de criação com alimento natural e exógeno. O sistema extensivo é dependente da produção natural do viveiro, com densidade de estocagem limitada pela produção natural de alimento (ZANIBONI-FILHO, 1997).

De maneira geral, o aumento de produtividade pode ser alcançado com o aumento da taxa de estocagem de organismos, de energia e nutrientes exógenos, diminuindo a dependência de nutrientes e energia endógenos ao sistema. Com a intensificação dos sistemas de criação, há uma tendência para utilização de menores áreas cultivadas e maior dependência do uso de rações, além da maior necessidade de renovação e aeração da água para manutenção de sua qualidade em níveis aceitáveis para criação dos organismos aquáticos (KUBITZA, 2000). Desta maneira, a elevada densidade de peixes favorece a dependência de óleo e farinha de peixe (principais componentes das rações, particularmente as de peixes carnívoros), aumentando a susceptibilidade dos animais a doenças e uso de antibióticos e terapêuticos (BOYD, 1982; KUBITZA, 2000).

De acordo com PÁDUA (2000), a água de abastecimento de um sistema de criação pode ser superficial (rios, lagos naturais, açudes e córregos, antigos viveiros ou reservatórios) ou subterrânea (provenientes de nascentes e poços, originárias de lençóis freáticos), existindo, ainda, sistemas cujos viveiros são construídos na área da nascente, com água jorrando dentro do viveiro. Em geral, a qualidade da água da piscicultura será influenciada pelas características da água de abastecimento, como: produtividade primária, concentração de material orgânico, elementos químicos e presença de microrganismos, em especial coliformes, além de uma relação com a constituição do solo de origem e/ou percurso percorrido pela água. No entanto, apesar de refletir diretamente na qualidade da água do viveiro, pouca importância tem sido atribuída a essa entrada de água (SIPAÚBA-TAVARES *et al.*, 2006).

Um dos aspectos mais importantes e complexos da piscicultura envolve a manutenção da qualidade da água em condições adequadas para criação dos organismos aquáticos, exigindo manejo efetivo e assegurando sustentabilidade. A qualidade da água nos sistemas de criação de peixes está relacionada com a água de origem, manejo (calagem, adubação e limpeza), espécies cultivadas e quantidade e composição do alimento fornecido. A água que entra nos viveiros tem suas características químicas que podem ser mantidas ou modificadas, sendo frequentemente influenciadas, dentro do sistema, pelo aporte de matéria orgânica e nutriente (BOYD, 1986; THONTON *et al.*, 1990; MERCANTE *et al.*, 2004, 2007).

Efluentes de viveiros de peixes apresentam altas concentrações de nutrientes sólidos e solúveis, derivados de produtos metabólicos, da decomposição da matéria orgânica e lixiviação, dissolvidos na água ou acumulados sobre o sedimento (SHILO e SARIG, 1989; YOO *et al.*, 1995). A concentração do nitrogênio na forma de nitrato, importante também sob o ponto de vista de saúde pública e animal, é baixa nas águas superficiais, podendo atingir valores elevados em águas profundas (GREENBERG *et al.*, 1992). Concentrações elevadas de nitrato podem ser observadas em mananciais superficiais como resultado dos processos de mineralização e nitrificação, envolvendo outras formas de nitrogênio presentes nestas águas (HOODA *et al.*, 2000), onde o nitrogênio pode ser transportado pela água de escoamento superficial de chuvas, provocando eutrofização dos ecossistemas aquáticos receptores. Além disso, como os viveiros são corpos d'água de pequena profundidade, o fluxo contínuo de água, ação do vento e precipitação promovem circulação da água, transformando os viveiros em ecossistemas dinâmicos (SIPAÚBA-TAVARES *et al.*, 1994).

A concentração de nutrientes nos sistemas de criação de peixes pode aumentar com a fertilização e manejo para incremento da produção dos viveiros. Nesse procedimento, a utilização da matéria orgânica ou inorgânica possui importante papel na disponibilidade de nutrientes na coluna d'água para o fitoplâncton e, conseqüentemente, para o crescimento do zooplâncton e peixes. A aplicação de fertilizantes

nitrogenados amoniacais (sulfato de amônia, nitrato de amônia e os fosfatos monoamônicos e diamônicos – MAP e DAP) e uréia também contribuem para o aumento da concentração de amônia na água (BOYD, 1982; KUBITZA, 2000).

A amônia é o principal resíduo nitrogenado excretado pelos peixes, resultante do metabolismo protéico, e contribui para o aumento da decomposição microbiana de resíduos orgânicos (restos de alimentos, fezes e adubos orgânicos). No interior do viveiro a amônia é produzida pela conversão biológica do nitrogênio orgânico, sendo que a maioria das formas de nitrogênio disponível é protéica e é convertida para moléculas de amônia ou íons amônio, dependendo do pH. Em habitats aeróbicos, a nitrificação converte amônia para nitrato, que é reduzido por desnitrificação, onde o nitrogênio é volatilizado pelo processo microbiano, no qual o nitrato é convertido a gás e liberado para o ambiente. Em condições de baixo oxigênio dissolvido, favorecem o acúmulo de nitrito na água. Desta maneira, a fertilização, sob condições controladas, é um procedimento importante na piscicultura, permitindo aumento do potencial produtivo. Entretanto, pode acarretar desequilíbrio ecológico e proliferação intensa de algas em condições de excesso de nutrientes, associados à alta temperatura e luminosidade, podendo durar longos períodos e ocasionar mortalidade de peixes devido à diminuição de oxigênio no hipolímnio (LATONA, 2002).

Como os nutrientes, nitrogênio e fósforo podem ser limitantes no ecossistema aquático, aceleram o processo de eutrofização quando introduzidos no ambiente, e conseqüentemente, estimulam a produtividade. Embora o fósforo seja encontrado em concentrações menores na água, é considerado nutriente metabólico chave que, frequentemente, influencia na produtividade das águas naturais. Devido à fertilização, a solubilidade desse elemento é de grande importância, sendo as reações dependentes de fatores como pH e presença de metais na água (ESTEVES, 1998).

Como a piscicultura pode produzir efluente eutrofizado, de maneira geral, o efluente de piscicultura é bastante semelhante ao doméstico, com elevada demanda bioquímica de oxigênio, grande concentração de sólidos em suspensão e

compostos nitrogenados e fosfatados. Esta similaridade permite analogia dos impactos provocados pelos diferentes sistemas que contribuem para eutrofização dos corpos aquáticos (ZANIBONI-FILHO (1997; AVNIMELECH, 1999).

Desta maneira, a concentração de nutrientes nos efluentes de piscicultura pode provocar inúmeras alterações físicas e químicas no corpo d'água receptor, entre elas, variações acentuadas no pH, responsáveis por grande mortalidade de peixes devido ao desequilíbrio ambiental (BEVERIDGE *et al.*, 1991; TALBOT e HOLE, 1994).

#### *O plâncton como indicador do processo de eutrofização*

Todos os organismos dependem da entrada de energia solar e das transformações cíclicas do carbono e oxigênio nas teias alimentares. Em tanques de piscicultura, essas transformações podem ser simples ou complexas e estão relacionadas com a produção de alimento humano, como plantas aquáticas ou biomassa animal (BOYD, 1990).

Diversos estudos têm demonstrado que o processo de eutrofização influencia na estrutura e dinâmica das comunidades planctônicas, sendo utilizado para avaliação do estado trófico do ecossistema aquático (KARABIN *et al.*, 1997; PINTO-COELHO, 1998). De acordo com MARGALEF (1983), os organismos planctônicos funcionam como sensores refinados das variáveis ambientais e refletem, melhor que qualquer artefato tecnológico, a intensidade dessas variáveis no decorrer do tempo.

Aumento na produção primária pode proporcionar grandes alterações na produção secundária, como na composição específica e densidade de cada espécie. Os organismos zooplancônicos podem ser utilizados como indicadores do estado trófico, sendo os copépodos calanóidas, e muitos cladóceros, excelentes indicadores de lagos oligotróficos (ESTEVES, 1998). Alterações na composição planctônica podem fazer com que espécies ausentes em sistemas oligotróficos sejam encontradas em sistemas eutróficos e utilizadas como indicadores do estado trófico aquático (MATSUMURA-TUNDISI, 1999).

Comunidades planctônicas apresentam padrões diferentes de distribuição de abundância e diversidade de espécies em ambientes com diferentes graus de eutrofização. Entretanto, o conhecimento da comunidade planctônica no sistema aquático não constitui o fator fundamental para avaliar o nível de eutrofização (DOMINGOS, 1993). REYNOLDS (1998) sugere a existência de um espectro trófico com a distribuição de espécies de acordo com a disponibilidade de nutrientes, principalmente fósforo, onde o perfil de absorção dos diferentes nutrientes difere entre as espécies. Já, em um estudo relacionando as variáveis limnológicas com a ocorrência de floração de Euglenaceae pigmentada em viveiro povoado com Tilápia do Nilo em São Paulo, o fato foi atribuído às condições físicas e químicas da água, como as baixas concentrações de oxigênio e os elevados teores de amônia (MAINARDES-PINTO e MERCANTE, 2003). Assim, nem sempre a relação do estado trófico pode ser relacionada apenas com a disponibilidade de nutrientes, mas também a outros fatores, como morfometria e dinâmica da coluna d'água (REYNOLDS, 1998).

Geralmente ocorre a utilização máxima da capacidade de suporte em viveiros e tanques de criação de peixes, sistemas que variam de mesotróficos a eutróficos, onde qualquer alteração, por menor que seja, pode acarretar condições adversas no meio (SIPAÚBA-TAVARES *et al.*, 2002; SIPAÚBA-TAVARES e BRAGA, 2007). Dependendo do grau de trofia dos viveiros de piscicultura, que são ambientes dinâmicos, diferentes espécies planctônicas, bem adaptadas às alterações constantes destes sistemas e com ciclo reprodutivo curto, podem aparecer em elevada abundância (PAERL e TUCKER, 1995).

Segundo CALIJURI *et al.* (1999), o sistema aquático pode ser considerado eutrófico quando suporta proliferação massiva de cianobactérias e diminuição de oxigênio no hipolimnio. Estas florações são caracterizadas pelo intenso crescimento na superfície da água e formação de uma densa camada com espécies de ampla tolerância às alterações ambientais. Esses organismos possuem distribuição cosmopolita, altamente especializada para adaptação em diferentes ambientes, e são potenciais causadores de intoxicação e morte de inúmeros animais

domésticos e silvestres (MITCHELL, 1996; ELER *et al.*, 2001; SAMPAIO *et al.*, 2002).

Diversos trabalhos têm demonstrado a preocupação com as toxinas (PLOEG e BOYD, 1991; PERSCHBACHER *et al.*, 1996; DATTA e JANA, 1998; HONDA *et al.* 2006) de gêneros como *Microcystis*, *Aphanizomenon*, *Anabaena* e *Oscillatoria*. No Brasil, estudos têm mostrado cada vez mais o potencial tóxico de muitas espécies (AZEVEDO *et al.* 1994; GIANI, 1994; TALAMONI e OKANO, 1997). Apesar de servirem como fonte de recursos para o zooplâncton, muitas espécies e outros animais, como peixes e aves, também podem ser influenciados em consequência das toxinas ou obstrução do aparato filtrador (LUSK, 2002).

Em geral, as clorofíceas possuem abundância elevada nos viveiros de criação de peixes, e as cianobactérias podem ser dominantes, devido às condições eutróficas destes sistemas. Já em relação ao zooplâncton, os rotíferos mantêm abundância elevada, seguidos dos copépodes e cladóceros (SIPAÚBA-TAVARES e COLUS, 1997; SIPAÚBA-TAVARES e BRAGA, 1999; SIPAÚBA-TAVARES, 2006).

As interações entre as comunidades zooplânctônica e fitoplânctônica são ponto central na ecologia do plâncton (LAMPERT e TAYLOR, 1985). De acordo com BROOKS e DODSON (1965), os animais selecionam seus alimentos de acordo com o tamanho, abundância, digestibilidade e facilidade de encontrá-lo. Existem inúmeros fatores que influenciam na estrutura das comunidades, como predação por animais, principalmente microcrustáceos, considerada significativa no declínio do fitoplâncton (WETZEL, 1983).

A disponibilidade de nutrientes e o estado nutricional das algas exercem influência na abundância das populações. A comunidade fitoplânctônica está submetida às pressões exercidas tanto pelos predadores (efeito predação) como pelos recursos nutricionais (efeito nutrientes) (LEHMAN, 1984).

A alimentação seletiva dos peixes e do zooplâncton também pode afetar (efeito cascata) os níveis tróficos inferiores. As interações predador-presa são transmitidas através da cadeia alimentar, determinando produção e composição

da comunidade fitoplânctônica (CARPENTER *et al.*, 1985, 1987).

Desta maneira, diversos mecanismos atuam simultaneamente, onde mudanças espaciais e temporais na composição de espécies, correntes de vento e outros fatores ambientais influenciam e transformam as relações dentro das comunidades (SIPAÚBA-TAVARES *et al.*, 1994, KARJALAINEN *et al.*, 1996), gerando flutuações cíclicas diárias e resultando em balanço contínuo entre os processos fotossintéticos e respiratórios das comunidades aquáticas.

#### *Impactos da piscicultura e legislação vigente*

Os resíduos, provenientes de um sistema de criação de peixes no meio ambiente, contribuem para o processo de eutrofização dos ecossistemas naturais, sendo a qualidade e quantidade do efluente gerado muito variável (ZANIBONI-FILHO, 1997).

Segundo BEARDMORE *et al.* (1997), diversas atividades exercidas pelo homem têm efeitos negativos na biodiversidade aquática. A intensificação de uma criação provoca incremento de nutrientes orgânicos e inorgânicos, promovendo introdução de outros resíduos que podem poluir o ambiente, como químicos e antibióticos.

A intensidade com que os sistemas de criação alteram o ambiente é diretamente proporcional à extensão da exploração e desenvolvimento dos recursos do meio, sendo suas consequências dependentes de vários fatores, como a localização, sistema de produção e manejo empregados. Embora o viveiro de cultivo possa funcionar como reator bioquímico, com grande capacidade para assimilar produtos residuais, é necessário levar em consideração o tempo, capacidade finita de assimilação de resíduos e impacto ambiental que ocorre quando a carga de poluição dos tanques excede a capacidade de suporte do meio (BOYD e QUEIROZ, 1997).

A piscicultura gera impactos que aceleram a eutrofização dos corpos receptores devido às descargas de nutrientes eliminadas dos viveiros. Os efluentes contaminados, quando lançados diretamente nas águas de rios e lagos, constituem riscos potenciais para a saúde pública, principalmente quando essas águas são utilizadas

sem tratamento na preparação de alimentos, higiene pessoal e irrigação de culturas (DONINI *et al.*, 1993; BOYD e QUEIROZ, 1997).

Segundo BOYD e QUEIROZ (1997), a compreensão do destino da ração empregada pode ser útil em procedimentos de manejo de viveiros para melhorar a qualidade da água e minimizar o impacto potencial do efluente nas águas à jusante. A ração não consumida é convertida em gás carbônico, amônia, fosfatos e outras substâncias dissolvidas pela ação microbiana, gerando impacto nos sistemas de criação de peixes (PILLAY, 1992; BACCARIN e CAMARGO, 2005).

À medida que se intensifica a criação de organismos aquáticos, começam a surgir problemas com práticas de manejo muitas vezes não apropriadas, especialmente aquelas referentes ao regime alimentar e limpeza de viveiros (CAO *et al.*, 2007). Além disso, grande quantidade de substâncias químicas é adicionada aos viveiros de criação de peixes, aditivos para melhorar o solo e a água ou para controle biológico de doenças, como: formaldeído, permanganato de potássio, antibióticos, entre outros (BOYD, 2000; BOYD e TUCKER, 1998).

Uma parte da ração consumida pelo peixe é absorvida no intestino e outra, mineralizada em processos metabólicos. De acordo com McINTOSH (2000), uma das formas de reduzir a produção de sólidos e descarga de efluentes é aumentar o teor de energia e digestibilidade da dieta para diminuição da quantidade total de alimento não digerido. Estudos de nutrição, com o balanceamento da ração e redução de fósforo, podem favorecer uma diminuição significativa na excreção de fósforo solúvel e, conseqüentemente, melhorar a qualidade da água (HARDY, 1999).

Em diversos países, a legislação vigente conta com normas para efluentes aquícolas e aplicação de Boas Práticas de Manejo (BPM) para diminuição das cargas poluidoras, como por exemplo, nos EUA, a Universidade de Auburn (EUA), a Associação de Produtores de "Catfish" e a Agência de Proteção Ambiental (Alabama) têm estimulado as referidas boas práticas de manejo. O termo "práticas" aplicado para métodos de controle de poluição se refere ao conjunto de atividades necessárias para melhorar a qualidade

da água dos efluentes, como: redução do volume dos efluentes; diminuição dos sólidos suspensos através do controle da erosão; adequação das técnicas de alimentação e fertilização nos viveiros, prevenindo florações de cianobactérias e problemas associados à demanda bioquímica de oxigênio e pH (BOYD e QUEIROZ, 2001; BOYD, 2006).

Como resultados da aplicação das BPM, nos EUA, surgiram Códigos de Conduta que possibilitaram harmonia entre produção lucrativa, preservação do meio ambiente e desenvolvimento social, componentes essenciais para uma atividade aquícola perene com bases sustentáveis (BOYD e QUEIROZ, 2001). Um exemplo de normas para melhorar o manejo na aquicultura é a Aliança Aquícola Global para criação responsável de camarão e para a indústria de camarão marinho tailandês. Este código de conduta funciona como selo de qualidade ou certificação de que um produto aquícola é produzido através de procedimentos sustentáveis (BOYD e SCHIMITTOU, 1999; HAMBREY, 2000).

De acordo com QUEIROZ e KITAMURA (2001), entre os benefícios proporcionados pelas BPM estão redução dos custos de produção e da carga poluidora dos efluentes, com melhoria na qualidade da água e aumento da produtividade. Uma prática a ser utilizada é o uso de rações com menores concentrações de proteína animal, resultando em melhores taxas de conversão alimentar e melhoria na qualidade da água dos viveiros.

Os países membros da Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura (FAO), órgão da ONU que atua como um fórum neutro, aprovaram um "Código de conduta para uma aquicultura responsável", estabelecendo princípios e métodos aplicáveis a todos os aspectos da aquicultura (FAO, 1997). No entanto, o referido Código é um instrumento voluntário e não legal, sendo necessária, portanto, também a adoção de normas e recomendações legais, visando o desenvolvimento de uma aquicultura sustentável.

Na legislação vigente do Brasil, o licenciamento ambiental para a atividade de piscicultura, em nível Federal e Estadual, tem o IBAMA e Órgãos Estaduais de Meio Ambiente como órgãos competentes, que obedecem ao

estabelecido na legislação ambiental pertinente, como Resoluções CONAMA 237/97 (1997), CONAMA 413/09 (2009). Quanto às variáveis e parâmetros para determinação da qualidade da água, são estabelecidos limites na resolução CONAMA 357/05 (2005) para avaliação dos sistemas de criação de peixes e efluentes, assim como, ainda com relação ao impacto da atividade, na mesma resolução é mencionado, também, o uso da ecotoxicologia aquática como ferramenta de monitoramento da qualidade da água na aquicultura.

#### *Recomendações visando uma piscicultura sustentável*

Um terço da população do mundo vive em países com alto ou moderado estresse hídrico, sendo que a demanda, em termos de quantidade e qualidade da água, está aumentando significativamente e determinando decisões políticas sobre alocação e cobrança pelo uso da água, remoção de subsídios, controle da poluição e outras medidas para impedir uma crise iminente de água (BARG *et al.*, 1999).

Aquicultores estão buscando caminhos para reduzir o volume e melhorar a qualidade dos efluentes. Entretanto, o conhecimento limitado dos princípios de qualidade da água na indústria aquícola prejudica os esforços para reduzir a poluição potencial da aquicultura (BOYD e QUEIROZ, 1997). Segundo BOYD e SCHMITTOU (1999), a sustentabilidade da aquicultura é aplicada a todos os sistemas de criação, seja um simples viveiro, ou sistemas maiores, com tecnologias avançadas ou, ainda, para diferentes localidades. A conservação da água de viveiros e tanques de criação de peixes tem que ser estimulada, como por exemplo, por meio do estoque de água da chuva ou reuso da água do efluente (YOO e BOYD, 1994; BOYD e GROSS, 2000).

ALAM e HOCH (1999) ressaltam que, a otimização do sistema integrado entre produção de peixe e cultivo de arroz com fertilização balanceada, pode melhorar a qualidade da água e beneficiar os respectivos sistemas. O policultivo também pode ser uma alternativa para aumentar a produção de peixes e diminuir o impacto ambiental; como exemplos podem ser citados os sistemas de criação de carpa com camarões e carpa com tilápia (MISHRA e RATH, 1999). Assim, novos paradigmas devem ser

introduzidos, como sistemas multiespaciais e multitróficos, ao invés de sistemas de monocultivo intensivamente arraçoados (VALENTI, 2008).

O tanque de sedimentação também é uma alternativa, pois pode remover sólidos, materiais flutuantes e parte da matéria orgânica (ALDON e BUENDIA, 1998), podendo ser uma maneira prática de tratar efluentes de grandes e pequenas criações de camarões (BOYD, 2000; SURESH e ZENDEJAS, 2000). CASTRO *et al.* (2006) estudaram pesqueiros no alto Tietê (SP) e observaram que, devido à degradação dos corpos d'água do entorno, uma boa alternativa para minimizar os impactos negativos, gerados, em grande parte pelo lançamento dos efluentes "in natura", seria a instalação, em cada pesqueiro, de tanques de decantação para tratamento da água efluente dos lagos, com plantas aquáticas, como o aguapé, para a retirada de nutrientes.

Diversos trabalhos com macrófitas aquáticas no tratamento de efluentes de aquicultura têm sido realizados, no intuito de minimizar os impactos negativos da atividade, como por exemplo: a construção de biofiltros e/ou "wetlands" com plantas aquáticas (ZANIBONI-FILHO, 1999; SIPAÚBA-TAVARES, 2000; SIPAÚBA-TAVARES *et al.*, 2002, 2008; HENRY-SILVA e CAMARGO, 2008a); identificação de espécies que retenham e filtrem materiais particulados, sedimentos, nutrientes e metais pesados (PEDRALLI e TEIXEIRA, 2003); tratamento de efluentes de carcinicultura com plantas aquáticas flutuantes (HENRY-SILVA e CAMARGO, 2008b); construção de biofiltros para diminuição da Demanda Bioquímica de Oxigênio (VYMAZAL, 1999) e cultivo de aguapé ou culturas hidropônicas de alface ou outras macrófitas comestíveis (JAMA e PIEDRAHITA, 1995; CASTELLANI *et al.*, 2009); neste último caso é importante averiguar a densidade de cianobactérias na água do viveiro que irrigará as culturas hidropônicas, visando detectar a presença de espécies com potencial para produção de cianotoxina. Entre os diversos meios alternativos para o aproveitamento do excesso de biomassa vegetal produzido nesses sistemas, estão: utilização como fertilizantes e fonte de proteína em tanques de piscicultura, uso como meio de cultura para algas, produção de biogás, uso na alimentação



de ruminantes ou na formulação de rações, produção de papel, fertilização de solos, entre outros (SIPAÚBA-TAVARES, 2000; HENRY-SILVA e CAMARGO, 2002).

As análises ecotoxicológicas também são bastante eficientes para detectar os efeitos de vários poluentes comumente lançados no meio aquático durante o manejo dos viveiros de aquicultura, fornecendo subsídios para estudos de avaliações de risco (BAZANTE-YAMAGISHI *et al.*, 2009; MOREIRA *et al.*, 2010).

Além das técnicas acima citadas para melhorar as condições de qualidade da água nos sistemas de criação de peixes, respostas satisfatórias podem ser obtidas através da aplicação de práticas adequadas de manejo. Além disso, diversos estudos abordam a importância de conhecer a dinâmica de funcionamento do sistema de criação de peixes através de uma visão integrada de meio ambiente e manejo ecológico (UNEP-IECT, 2001; MERCANTE *et al.*, 2006). A partir desse conhecimento, o desenvolvimento sustentável possibilitará o manejo e conservação dos recursos naturais, embasados em normas que assegurem a satisfação das necessidades humanas e segurança em relação à saúde pública para as gerações futuras (MISHRA e RATH, 1999), objetivando a preservação da biodiversidade em todos os ecossistemas aquáticos, aliada à produção sustentável da aquicultura.

Apesar de VALENTI (2008) demonstrar, através de indicadores, que a aquicultura brasileira não é sustentável, os efeitos ambientais podem ser minimizados, sendo necessário averiguar a capacidade de suporte dos viveiros utilizados para produção de peixes, monitorando, controlando e aplicando técnicas de manejo compatíveis ao tipo de produção e visando estabilidade das condições ambientais. Recomendações para uma aquicultura racional, avaliando a limnologia, aspectos sanitários e manejo do meio aquático são abordagens imprescindíveis na aquicultura moderna para a produção rentável, sem prejuízo ao meio ambiente.

## CONCLUSÃO

O crescimento da aquicultura tem acelerado o processo de eutrofização e gerado a necessidade de estudos dos efluentes provenientes da criação

de peixes e técnicas de manejo voltadas para aspectos ecológicos e específicos destes sistemas. Existem diversas técnicas, como tratamento de efluentes, além da aplicação de práticas adequadas de manejo para melhorar as condições de qualidade da água nos sistemas de criação de peixes, visando à obtenção de respostas satisfatórias. Normas e procedimentos adequados também possibilitam a regulamentação do uso de substâncias químicas na água e favorecem um menor impacto dos efluentes nos corpos d'água receptores.

É impossível produzir sem causar impacto ambiental, por isso, sustentabilidade depende do uso de técnicas que minimizem o impacto da atividade mantendo a biodiversidade, a estrutura e funcionamento dos ecossistemas adjacentes. Como boas práticas de manejo não determinam uma sustentabilidade perene, deve-se buscar uma preservação da biodiversidade e uso racional dos recursos naturais sem degradação dos ecossistemas aquáticos.

## REFERÊNCIAS

- ALAM, R. e HOCH, H.V. 1999 Better ricefield water management will increase wild fish. *Aquaculture Asia*, Tailândia, 4: 37-39.
- ALDON, E. e BUENDIA, R. 1998 Environment friendly practices in the aquafarm, SEAFDEC. *Asian Aquaculture*, Tailândia, 20(2): 22-27.
- AVNIMELECH, Y. 1999 Carbon/nitrogen ratio as a control element in aquaculture systems. *Aquaculture*, Amsterdam, 176: 227-235.
- AZEVEDO, S.M.F.O.; EVANS, W.R.; CARMICHAEL, W.W.; NAMIKOSHI, M. 1994 First report of Microcystins from a Brazilian isolate of the Cyanobacterium *Microcystis aeruginosa*. *Journal of Applied Physiology*, Bethesda, 6: 261-265.
- 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.
- BARG, V.; BARTLEY, D.; KAPETSKY, J.; PEDINI, M.; SATIA, B.; WILLMANN, R.;

- ANDWITKSTROM, V. 1999 Integrated resource management for sustainable inland fish production. *FAO Aquaculture Newsletter, Itália, 1*: 23-25.
- BAZANTE-YAMAGUISHI, R.; LOMBARDI, J.V.; MERCANTE, C.T.J.; CARUSO, N.P.P.; Moreira, L.E.B.; PEREIRA, J.S. 2009 Análise ecotoxicológica em viveiro de produção de tilápia (*Oreochromis niloticus*), utilizando o cladóceros *Ceriodaphnia dubia* como organismo teste. *Journal of the Brazilian Society of Ecotoxicology, São Paulo, 4*: 55-64.
- BEARDMORE, J.A.; MAIR, G.E.; LEWIS, R.J. 1997 Biodiversity in aquatic systems in relation to aquaculture. *Aquaculture Research, Oxford, 28*: 829-839.
- BEVERIDGE, M.C.M.; PHILLIPS, M.J.; CLARKE, R.M. 1991 A quantitative and qualitative assessment of wastes from aquatic animal production. In: BRUNE, D.E. e TOMASSO, J.R. (eds.) *Aquaculture and water quality*, Clemson University, USA. p.506-533.
- BORGHETTI, J.R. e OSTRENSKY, A. 1999 Pesca e aquicultura de água doce no Brasil. In: REBOUÇAS, A. da C. e TUNDISI, J.G. (eds.) *Águas doces no Brasil: Capital ecológico, uso e conservação*. São Paulo: Escrituras Editora. p.451-474.
- BOYD, C.E. 1982 *Water quality management for pond fish culture. Developments in Aquaculture and Fisheries Science, 9*. Amsterdam: Elsevier Science Publishers B. 317p.
- BOYD, C.E. 1986 Comments on the development of techniques for management of environmental quality in aquaculture. *Aquacultural Engineering, London, 5*: 135-146.
- BOYD, C.E. 1990 *Water Quality in Ponds for Aquaculture*. Alabama: Birmingham Publishing Co. 482p.
- BOYD, C.E. 2000 Farm effluent during draining for harvest. *Global Aquaculture Advocate, USA, 3(4)*: 26-27.
- BOYD, C.E. 2006 Sustainable Aquaculture Practices: Phytoplankton Dynamics in Aquaculture ponds. *Global Aquaculture Advocate, USA, Nov./Dec.*: 67-68.
- BOYD, C.E. e GROSS, A. 2000 Water use and conservation for inland aquaculture ponds. *Fisheries Management and Ecology, USA, 7*: 55-63.
- BOYD, C.E. e QUEIROZ, J. 1997 *Manejo do solo e da qualidade da água em viveiro para aquicultura*. Trad. Eduardo Ono. Campinas: ASA. Pond Bottom Soil and Water Quality Management for Pond Aquaculture. 55p.
- BOYD, C.E. e QUEIROZ, J. 2001 Feasibility of retention structure, settling basins and best management practices in effluent regulation for Alabama Channel Catfish Farming. *Reviews in Fisheries Science, Boca Raton, 9(2)*: 43-67.
- BOYD, C.E. e SCHIMITTOU, H.R. 1999 Achievement of sustainable aquaculture through environmental management. *Aquaculture Economics e Management, Philadelphia, 3(1)*: 59-69.
- BOYD, C.E. e TUCKER, C.S. 1998 *Pond aquaculture water quality management*. Massachusetts: Kluwer Academic Publishers. 700p.
- BROOKS, J.L. e DODSON, S.I. 1965 Predation, body size, and composition of plankton. *Science, Washington, 150*: 28-35.
- CALIJURI, M.C.; DEBERDT, G.L.B.; MINOTI, R.T. 1999 A produtividade primária pelo fitoplâncton na represa de Salto Grande. In: HENRY, R. (ed.) *Ecologia de reservatórios: estrutura, função e aspectos sociais*. FUNDIBIO/FAPESP, Botucatu. p.109-148.
- CAO, L.; WANG, W.; YANG, Y.; YANG, C.; YUAN Z.; XIONG, S.; DIANA, J. 2007 Environmental Impact of Aquaculture and Countermeasures to Aquaculture Pollution in China. *Environmental Sciences Pollution Research, Landsberg, 14(7)*: 452-462.
- CARPENTER, S.R.; KITCHELL, J.F.; HODGSON, J.R. 1985 Cascating trophic interactions and lake productivity. *BioScience, Uberlândia, 35(10)*: 634-39.
- CARPENTER, S.R.; KITCHELL, J.F.; HODGSON, J.R.; COCHRAN, P.A.; ELSE, J.J.; ELSE, M.M.; LODGE, D.M.; KRETCHMER, D.; HE, X. 1987 Regulation of lake primary

- productivity by food web structure. *Ecology*, New York, 68(6): 1863-76.
- CASTAGNOLLI, N. 1992 *Piscicultura de água doce*. Jaboticabal: Funep. 189 p.
- CASTELLANI, D.; CAMARGO, A.F.M.; ABIMORAD, E.G. 2009 Aquaponia: aproveitamento do efluente do berçário secundário do Camarão-da-Amazônia (*Macrobrachium amazonicum*) para produção de alface (*Lactuca sativa*) e agrião (*Rorippa nasturtium aquaticum*) hidropônicos. *Bioikos*, Campinas, 23: 67-75.
- CASTRO, P.M.G.; MARUYAMA, L.S.; MERCANTE, C.T.J.; MENEZES, L.C.B. 2006 Perspectivas da atividade de pesqueiros no alto Tietê: contribuição à gestão de usos múltiplos da água. *Boletim do Instituto de Pesca*, São Paulo, 32(1): 1-14.
- CONAMA - CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. 1997 Licenciamento ambiental. Resolução n.237, de 19 de dezembro de 1997.
- CONAMA - CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. 2005 Classificação das águas doces, salobras e salinas do território Nacional. Resolução n.357, de 17 de março de 2005.
- CONAMA - CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. 2009 Licenciamento ambiental da aquicultura. Resolução n.413, de 26 de junho de 2009.
- DATTA, S. e JANA, B.B. 1998 Control of bloom in a tropical Lake: grazing efficiency of some herbivorous fishes. *Journal of Fish Biology*, United Kingdom, 53: 12-34.
- DOMINGOS, M.D. 1993 *Heterogeneidade espacial (Horizontal) da Represa do Guarapiranga (São Paulo) e a distribuição da comunidade zooplancônica*. São Carlos. 155p. (Dissertação de Mestrado. Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo).
- DONINI, C.A.; GERMANO, M.I.S.; MIGUEL, O.; GERMANO, P.M.L. 1993 Pescado, cólera e Saúde Pública. *Comunidade Científica Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade de São Paulo*, São Paulo, 17(1/2): 25-32.
- ELER, M.N. 1996 *A influência do Pacu (Piaractus mesopotamicus Holmberg, 1887) e fluxo de água contínuo sobre características limnológicas de tanques de peixes*. São Carlos. 158p. (Dissertação de Mestrado. Escola de Engenharia, Universidade de São Paulo).
- ELER, M.N.O.; 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.
- ESTEVES, F.A. 1998 *Fundamentos de Limnologia*. Rio de Janeiro: Interciência. 575p.
- FAO - Food and Agriculture Organization 1997 *Aquaculture development*. Roma. 40p.
- FAO - Food and Agriculture Organization 2009 Fisheries and Aquaculture Department Statistics. Disponível em: <<http://www.fao.org/fishery/statistics/en>> Acesso em: 15 nov. 2009.
- GIANI, A. 1994 Limnology in Pampulha Reservoir: some general observations with emphasis on the phytoplankton community. In: PINTO-COELHO, R.M.; GIANI, A.; SPERLING, E. (eds.) *Ecology and human impact on lakes and reservoirs in Minas Gerais with special reference to future development and management strategies*. Belo Horizonte, UFMG/ SEGRAC. p.151-63.
- GREENBERG, A.E.; CLESCERI, L.S.; EATON, A.D. 1992 *Standart methods for examination of water and wastewater*. 18ª ed. Washington: American Public Health Association. 1.217p.
- HAMBREY, J. 2000 Environmental management of aquaculture development. *INFOFISH International*, Malaysia, 5: 25-29.
- HARDY, R.W. 1999 Collaborative opportunities between fish nutrition and other disciplines in aquaculture: an overview. *Aquaculture*, Amsterdam, 177: 217-230.
- HENRY-SILVA, G.H. e CAMARGO, A.F.M. 2002 Valor nutritivo de macrófitas aquáticas flutuantes (*Eichhornia crassipes*, *Pistia stratiotes*

- e *Salvinia molesta*) utilizadas no tratamento de efluentes de aquicultura. *Acta Scientiarum*, Maringá, 24(2): 519-526.
- HENRY-SILVA, G.G. e CAMARGO, A.F.M. 2008a Impacto das Atividades de Aquicultura e Sistemas de Tratamento de Efluentes com Macrófitas Aquáticas. *Boletim do Instituto de Pesca*, São Paulo, 34: 165-175.
- HENRY-SILVA, G.G. e CAMARGO, A.F.M. 2008b Tratamento de efluentes de carcinicultura por macrófitas aquáticas flutuantes. *Revista Brasileira de Zootecnia / Brazilian Journal of Animal Science*, Viçosa, 37: 181-188.
- HOODA, P.S.; EDWARDS, A.C.; ANDERSON, H.A.; MILLER, A. 2000 A review of water quality concerns in livestock farming areas. *Science of the total Environment*, USA, 250(1-3): 143-167.
- HONDA, Y.R.; MERCANTE, C.T.J.; VIEIRA, J.M.S.; ESTEVES, K.E.; CABIANCA, M.A.A.; AZEVEDO, M.T.P. 2006 Cianotoxinas em pesqueiros da região metropolitana de São Paulo. In: ESTEVES, E.K. e SANT'ANNA, C.L. *Pesqueiros sob uma visão integrada de meio ambiente, saúde pública e manejo: um estudo na região metropolitana*. São Carlos: Rima. p.105-120.
- HUTCHINSON, G.E. 1957 *A Treatise on Limnology: Geography Physics and Chemistry*. v.1, New York: John Wiley & Sons. 1.015p.
- HUTCHINSON, G.E. 1975 *A Treatise on Limnology: Limnological Botany*. v.3. New York: John Wiley & Sons. 660p.
- JAMA, D. e PIEDRAHITA, R.H. 1995 Aquaculture pond modeling for the analysis of integrated aquaculture/Agriculture Systems. *Thirteenth Annual Technican Report*, USA, 1: 142-147.
- KARABIN, A.; EJSMONT-KARABIN, J.; KORATOWSKA, R. 1997 Eutrophication process in a shallow, macrophyte-dominated lake- factors influencing zooplankton structure and density in Lake Luknajno (Poland). *Hydrobiologia*, Netherlands, 342-343: 401-409.
- KARJALAINEN, J.; HOLOPAINEN, A.; HUTTUNEN, P. 1996 Spacial patterns and relationships between phytoplankton, zooplankton and water quality in the Saimaa lake system. *Hydrobiologia*, Netherlands, 322: 267-76.
- KUBITZA, F. 1998 Qualidade da água na produção de peixes. *Panorama da Aquicultura*, Rio de Janeiro, 8(46): 35-41.
- KUBITZA, F. 2000 Tilápias: Qualidade da água, sistemas de cultivo, planejamento da produção, manejo nutricional e alimentar e sanidade. *Panorama da Aquicultura*, Rio de Janeiro, 10(59): 44-53.
- LAMPERT, W. e TAYLOR, B.E. 1985 Zooplankton grazing in a eutrophic lake: implications of diel vertical migration. *Ecology*, California, 66(1): 68-82
- LATONA, N. 2002 Fertilizing Sport Fish Ponds. *Southern Ponds e Wildlife*, USA, 1(2): 28-31.
- LEHMAN, J.T. 1984 Grazing, nutrient release, and their impacts on the structure of phytoplankton communities. In: MEYERS, D.G. e STRICKLER, J.R. *Trophic interactions within aquatic ecosystems*. AAAS Selected Symp. USA. p.49-72.
- LUSK, B. 2002 Get the angle on algae. *Pond Boss*, Texas, 1: 6-9.
- MACEDO, C.F. e SIPAÚBA-TAVARES, L.H. 2005 Comunidade planctônica em viveiros de criação de peixes com distribuição sequencial. *Boletim do Instituto de Pesca*, São Paulo, 31(1): 21-27.
- 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*, Maringá, 25(2): 323-328.
- MARGALEF, R. 1983 *Limnologia*. Barcelona: Omega. 1010p.
- MATSUMURA-TUNDISI, T. 1999 Diversidade de zooplâncton em represas do Brasil. In: HENRY, R. (ed.) *Ecologia de reseratórios: estrutura, função e aspectos sociais*. FUNDIBIO/FAPESP, Botucatu. p. 39-54799p.
- 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 Brasiliensia*, Botucatu, 16(1): 95-102.
- MERCANTE, C.T.J.; SILVA, D.; COSTA, S.V. 2006 Avaliação da qualidade da água de pesqueiros da região metropolitana de São Paulo por meio do uso de variáveis abióticas e da clorofila a. In: ESTEVES, E.K. e SANT'ANNA, C.L. *Pesqueiros sob uma visão integrada de meio ambiente, saúde pública e manejo: um estudo na região metropolitana*. São Carlos: Rima. p.37-48.
- 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.
- McINTOSH, R.P. 2000 Changing paradigms in shrimp farming: Low protein feeds and feeding strategies. *Global Aquaculture Advocate*, USA, 2: 48-50.
- MISHRA, S. e RATH, S.C. 1999 Environmental Implications of Aquaculture. *Aquaculture Asia*, Tailândia, 4: 33-36.
- MITCHELL, A.J. 1996 Blue-green algae. *Aquaculture Magazine*, Asheville, 2: 79-83.
- MOREIRA, L.; LOMBARDI, J.V.; MERCANTE, C.T.J.; BAZANTE-YAMAGUSHI, R. 2010 Análise ecotoxicológica em viveiro de carcinicultura de água doce, utilizando o cladóceros *Ceriodaphnia dubia* como organismo-teste. *Boletim do Instituto de Pesca*, São Paulo, 36(1): 25-38.
- PÁDUA, H.B. de 2000 Principais variáveis físicas e químicas da água na aquicultura. In: WORKSHOP SOBRE QUALIDADE DE ÁGUA NA AQUICULTURA, 1., Pirassununga, 28-30/ago./2000. *Anais...* v.1, p. 17-23.
- PAERL, H.W. e TUCKER, C.S. 1995 Ecology of bluegreen algae in aquaculture ponds. *Journal of the Aquaculture Society*, Baton Rouge, 26(2): 109-131.
- PEDRALLI, P. e TEIXEIRA, M. do C. 2003 Macrófitas aquáticas como agentes filtradores de materiais particulados, sedimentos e nutrientes. In: HENRY, R. *Ecótonos nas interfaces dos ecossistemas aquáticos*, Rima, São Carlos. p.177-198.
- PERSCHBACHER, P.W.; MILLER, D.; CONTE, E.D. 1996 Algal off-flavors in reservoirs. *American Fisheries Society Symposium*, USA, 16: 67-72.
- PILLAY, T.V.R. 1992 Nature of environmental impacts. In: PILLAY, T.V.R. *Aquaculture and the environment*. Fishing News Books, England. p.6-20.
- PINTO-COELHO, R.M. 1998 Effects of eutrophication on seasonal patterns of mesozooplankton in a tropical reservoir: a 4-year study in Pampulha Lake, Brazil. *Freshwater Biology*, London, 40: 159-173.
- PLOEG, M. e BOYD, C.E. 1991 Geosmin production by cyanobacteria (Blue-green Algae) in fish ponds at Auburn, Alabama. *Journal of the World Aquaculture Society*, Baton Rouge, 22(4): 207-215.
- QUEIROZ, J.F. e KITAMURA, P.C. 2001 Desenvolvimento de Códigos de Conduta para uma Aquicultura Responsável. *Panorama da Aquicultura*, Rio de Janeiro, 3: 38-39.
- REYNOLDS, C.S. 1998 What factors influence the species composition of phytoplankton in lakes of different trophic status? *Hydrobiologia*, Netherlands, 369/370: 11-26.
- ROUBACH, R.; CORREIA, E.S.; ZAIDEN, S.; MARTINO, R.C.; CAVALLI, R.O. 2003 Aquicultura Brasileira. *Panorama da Aquicultura*, Rio de Janeiro, 2: 47-57.
- SAMPAIO, E.V.; ROCHA, O.; MATSUMURA-TUNDISI, T.; TUNDISI, J.G. 2002 Composition and abundance of zooplankton in the limnetic zone of seven reservoirs of the Paranapanema River, Brazil. *Brazilian Journal of Biology*, São Carlos, 62(3): 525-545.
- SCHIEWER, U. 1998 30 years' eutrophication in shallow brackish waters - lessons to be learned. *Hydrobiologia*, Netherlands, 363: 73-79.

- SHILO, M. e SARIG, S. 1989 *Fish culture in warm water systems: Problems and trends*. CRC press, Florida. 259 p.
- SIPAÚBA-TAVARES, L.H. 2000 Utilização de biofiltros em sistemas de cultivo de peixes. *Informe Agropecuário*, Belo Horizonte, 21: 238-243.
- SIPAÚBA-TAVARES, L.H. 2006 Aspectos limnológicos de um viveiro utilizado como abastecimento de água para sistemas de aquicultura. *Boletim Técnico do CEPTA*, Pirassununga, 19: 59-64.
- SIPAÚBA-TAVARES, L.H. e BRAGA, F.M.S. 1999 Study on feeding habits of *Piaractus mesopotamicus* (Pacu) Larvae in fish ponds. *Naga: the ICLARM Quarterly*, Philippines, 22(1): 24-30.
- SIPAÚBA-TAVARES, L.H. e BRAGA, F.M. de S. 2007 The feeding activity of *Colossoma macropomum* larvae (tambaqui) in fish ponds with water hyacinth (*Eichhornia crassipes*) fertilizer. *Brazilian Journal of Biology*, São Carlos, 67(3): 459-466.
- SIPAÚBA-TAVARES, L.H. e BRAGA, F.M. de S. 2008 Constructed wetland in waste-water treatment. *Acta Scientiarum. Biological Sciences*, Maringá, 30(3): 261-265.
- SIPAÚBA-TAVARES, L.H. e COLUS, D.S. de O. 1997 Estrutura da comunidade fitoplanctônica e zooplanctônica em dois viveiros de cultivo semi-intensivo de peixes (Jaboticabal, São Paulo, Brasil). *Boletim do Laboratório de Hidrobiologia*, Maranhão, 10: 51-64.
- SIPAÚBA-TAVARES, L.H.; BACCARIN, A.E.; BRAGA, F.M. de S. 2006 Limnological parameters and plankton community responses in Nile tilapia ponds under chicken dung and NPK (4-14-8) fertilizers. *Acta Limnologica Brasiliensia*, Rio Claro, 18(3): 335-346.
- SIPAÚBA-TAVARES, L.H.; DURIGAN, J.G.; LIGEIRO, S.R. 1994 Caracterização de algumas variáveis limnológicas em um viveiro de piscicultura em dois períodos do dia. *Revista Unimar*, Maringá, 16 (Suplemento 3): 217-227.
- SIPAÚBA-TAVARES, L.H.; FÁVERO, E.C.; BRAGA, F.M. de S. 2002 Utilization of macrophyte biofilter in effluent from aquaculture: I Floating Plant. *Brazilian Journal of Biology*, São Carlos, 62(3): 1-11.
- SURESH, V. e ZENDEJAS, J. 2000 Environmentally friendly feeds: Trends and Recent Developments. *Global Aquaculture Advocate*, USA, 3: 39-42.
- TALAMONI, J.L.B. e OKANO, W.Y. 1997 Limnological characterization and plankton community structure in aquatic systems of different trophic state. *Verh International Verein Limnology*, Stuttgart, 26: 629-636.
- TALBOT, C. e HOLE, R. 1994 Fish diets and the control of eutrophication resulting from aquaculture. *Journal of Applied Ichthyology*, Germany, 10: 258-270.
- THOMAZ, S.M. e BINI, L.M. 1999 A expansão das macrófitas aquáticas e implicações para o manejo de reservatórios: um estudo na Represa de Itaipu. In: HENRY, R. *Ecologia de Reservatórios: Estrutura, Função e Aspectos Sociais*. FUNDIBIO:FAPESP. São Paulo. p.597-626.
- THONTON, K.W; KIMMEL, B.L.; PAYNE, F.E. 1990 *Reservoir limnology: ecological perspectives*. John Wiley e Sons, New York. 256p.
- TUNDISI, J.G. 2003 A crise da água: eutrofização e suas consequências. In. TUNDISI, J.G. *Água no século XXI: enfrentando a escassez*. Rima, IIE, São Carlos. 247p.
- UNEP-IECT 2001 *Planejamento e gerenciamento de lagos e represa: uma abordagem integrada ao problema de eutrofização*. São Carlos: Rima. 385p.
- VALENTI, W.C. 2008 A aquicultura brasileira é sustentável? In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL DE AQUICULTURA, MARICULTURA E PESCA, AQUAFAIR 2008, 4., Florianópolis, 13-15/mai./2008. *Anais eletrônicos...* p.1-11. Disponível em: <<http://www.avesui.com/anais>> Acesso em: 10 jul. 2010.
- VYMAZAL, J. 1999 Removal of bod<sub>5</sub> in constructed wetlands with horizontal sub-

- surface flow: Czech experience. *American Fisheries Society Symposium, USA*, 2: 1-8.
- WETZEL, R.G. 1983 *Limnology*. EUA: W. B. Saunders Company. 743p.
- YOO, K.H. e BOYD, C.E. 1994 Water requirements for aquacultural ponds. In: YOO, K.H. e BOYD, C.E. *Hydrology and water supply for pond aquaculture*. Chapman e Hall, London. p.37-48.
- YOO, K.H.; MASSER, M.P.; HAWCROFT, B.A. 1995 An in pond raceway system incorporating removal of fish wastes. *Aquacultural Engineering, London*, 14: 175-187.
- ZANIBONI-FILHO, E. 1997 O desenvolvimento da piscicultura brasileira sem a deterioração da qualidade de água. *Revista Brasileira de Biologia, São Carlos*, 57(1): 3-9.
- ZANIBONI-FILHO, E. 1999 O impacto ambiental de efluentes da piscicultura. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO E NUTRIÇÃO DE PEIXES, Campinas, 3/out./1999. *Anais...* p.1-14.