

# IMPACTO DAS ATIVIDADES DE AQUICULTURA E SISTEMAS DE TRATAMENTO DE EFLUENTES COM MACRÓFITAS AQUÁTICAS - RELATO DE CASO\*

Gustavo Gonzaga HENRY-SILVA <sup>1</sup> e Antonio Fernando Monteiro CAMARGO <sup>2</sup>

## RESUMO

Os efluentes de aquicultura são ricos em nitrogênio, fósforo e matéria orgânica que contribuem para a eutrofização dos corpos de água receptores, além de ocasionarem redução ou alteração da biodiversidade. Para minimizar tais impactos é importante formular dietas com maior digestibilidade e com menor quantidade de nutrientes e efetuar o manejo correto das criações. Além disso, há a necessidade do tratamento dos efluentes visando atender a exigência das novas legislações e as pressões de órgãos ambientais e da própria sociedade. Esta revisão sobre as atividades de aquicultura e sobre os seus impactos ambientais está dividida em quatro partes principais. A primeira parte enfoca os efeitos da aquicultura sobre o ambiente, através do consumo de matéria e energia. A segunda é sobre como a aquicultura pode afetar diretamente o ambiente, principalmente através do lançamento de efluentes. A terceira aborda os sistemas de tratamento de efluentes de aquicultura com macrófitas aquáticas. A quarta demonstra como aquicultura pode ser desenvolvida de forma sustentável.

**Palavras-Chave:** aquicultura, poluição aquática, impacto ambiental, efluente, macrófitas aquáticas.

## AQUACULTURE IMPACT AND TREATMENT SYSTEMS OF EFFLUENTS WITH AQUATIC MACROPHYTES

### ABSTRACT

Aquaculture effluents are enriched by nitrogen, phosphorus and organic matter and contribute to increase eutrophication of the receiving water bodies and reduction or change in biodiversity. To reduce effluent loading is important to formulate highly digestible diets with lower nutrient levels. In addition, it is necessary to treat effluents to attend to new legislation demands and the pressure of environmentalist. This review of the aquaculture activities and its impacts on the environmental is divided into fourth main subjects. The first is the way in which aquaculture affects the environmental through the consumption of materials and energy. The second is how aquaculture can affect the environmental directly, particularly through the effluents. The third is on the systems for treatment of aquaculture effluents with aquatic macrophytes. The fourth part is how aquaculture can be developed of sustainable form is on the systems for treatment of aquaculture effluents with aquatic macrophytes.

**Key-Words:** aquaculture, aquatic pollution, environmental impact, effluent, aquatic macrophytes.

---

**Nota Científica:** Recebido em: 19/01/2007; Aprovado em: 22/08/2007

<sup>1</sup> Departamento de Ciências Animais; UFERSA/CAUNESP; BR 110, Km 110; 59625-900; Mossoró - RN - Brasil.  
E-mail: gustavo@ufersa.edu.br

<sup>2</sup> Departamento de Ecologia; UNESP/CAUNESP; C. P. 199; 13506-900; Rio Claro - SP - Brasil.  
E-mail: afmc@rc.unesp.br

\* Projeto financiado pela FAPESP (Processo: 02/04131-8).

## A AQUICULTURA COMO ECOSISTEMA

A aceitação dos sistemas de criação de organismos aquáticos como um ecossistema proporciona condições adequadas para o seu manejo e para a compreensão holística de suas interações com o ambiente. O ecossistema pode ser conceituado como qualquer unidade que engloba todos os organismos que funcionam em associação, interagindo com o ambiente físico de tal forma que o fluxo de energia produza estruturas bióticas claramente definidas e uma ciclagem de nutrientes entre as partes vivas e não vivas (ODUM, 1988).

Os agroecossistemas, incluindo a agricultura e a aquicultura, diferem dos ecossistemas naturais em três aspectos básicos. O primeiro aspecto diz respeito à existência de entrada de energia auxiliar, além da energia solar. Esta energia suplementar está sob controle do homem, consistindo em trabalho humano e animal, fertilizantes, ração, água de abastecimento, medicamentos e combustível para movimentar a maquinaria. O segundo aspecto refere-se à pequena diversidade de organismos aquáticos, objetivando maximizar a produção de apenas algumas espécies de maior valor comercial. O terceiro aspecto aborda a seleção artificiais a que as plantas e os animais cultivados geralmente são submetidos, também com o intuito de aumentar a produção e, conseqüentemente, o lucro obtido com a comercialização desses organismos.

A aquicultura, independente da intensidade de produção, pode ser classificada como um ecossistema que depende da energia solar, com subsídios antropogênicos. Os tanques, viveiros, aquários, lagos, açudes, e mesmo os próprios organismos cultivados nestes ecossistemas podem ser considerados sistemas termodinâmicos abertos, fora do equilíbrio, que trocam continuamente energia e matéria com o ambiente para diminuir a entropia interna. Para compreender melhor esta afirmação, é necessário analisar alguns conceitos fundamentais sobre a energia nos sistemas ecológicos. O comportamento da energia, que pode ser definida simplesmente como a capacidade de realizar trabalho, está subordinado as duas leis da termodinâmica. A primeira lei, ou a lei da conservação de energia define que a energia pode ser transformada de um tipo em outro, mas não pode ser criada nem destruída. Assim, quando é fornecida uma ração para o peixe, este alimento contém determinada quantidade de energia, geralmente expressa em quilocaloria (kcal), que pode

ser transformada em biomassa, em calor (respiração) ou mesmo eliminada ou armazenada. A segunda lei da termodinâmica expõe que nenhum processo que necessita da transformação de energia ocorrerá espontaneamente, a não ser que exista a degradação da energia de uma forma concentrada para outra mais dispersa. É importante ressaltar, que qualquer tipo de energia sempre irá se dispersar em energia térmica não disponível, assim sendo, aquela ração fornecida para o peixe não terá 100% de sua energia convertida em biomassa animal, visto que parte será utilizada na manutenção das atividades metabólicas básicas, enquanto que outra será eliminada caso não seja assimilada pelo organismo (ODUM, 1993).

As atividades de aquicultura, que são dependentes do aporte de nutrientes e de energia para a manutenção de sua produtividade, produzem resíduos e efluentes que necessitam ser removidos, no intuito de equilibrar o sistema e para evitar que o mesmo entre em declínio. Estes poluentes em potencial, não são resultantes exclusivamente da ineficiência do ser humano em explorar o ambiente, mas também resultado dos processos que sustentam a vida, assim como descrito pelas leis da termodinâmica. Desta forma, o manejo ambiental, incluindo a remoção dos poluentes, é um aspecto essencial para a sustentabilidade das próprias atividades de aquicultura (HENRY-SILVA and CAMARGO, 2006).

## IMPACTOS DOS EFLUENTES DE AQUICULTURA

A aquicultura pode ser implementada em vários níveis de produção, sendo que as características dos efluentes dependem basicamente da qualidade da água de abastecimento, da qualidade e da quantidade dos alimentos fornecidos, do tempo de residência do efluente dentro dos sistemas de criação, das espécies criadas, da densidade de estocagem e da biomassa dos organismos (SHILO e RIMON, 1982; BAIRD *et al.*, 1996). Em sistemas extensivos de criação, a característica do efluente gerado tende a ser semelhante da água captada para abastecimento de tanques e viveiros, especialmente quando o tempo de retenção da água é longo (STICKNEY, 1979). Entretanto, conforme a produção de organismos aquáticos aumenta, a tendência é que os impactos negativos sobre o ambiente também se intensifiquem. Segundo a Resolução CONAMA nº 001, de 23 de janeiro de 1986 existe a obrigatoriedade da elaboração de estudo de impacto ambiental e do relatório de impacto ambiental (RIMA) para as

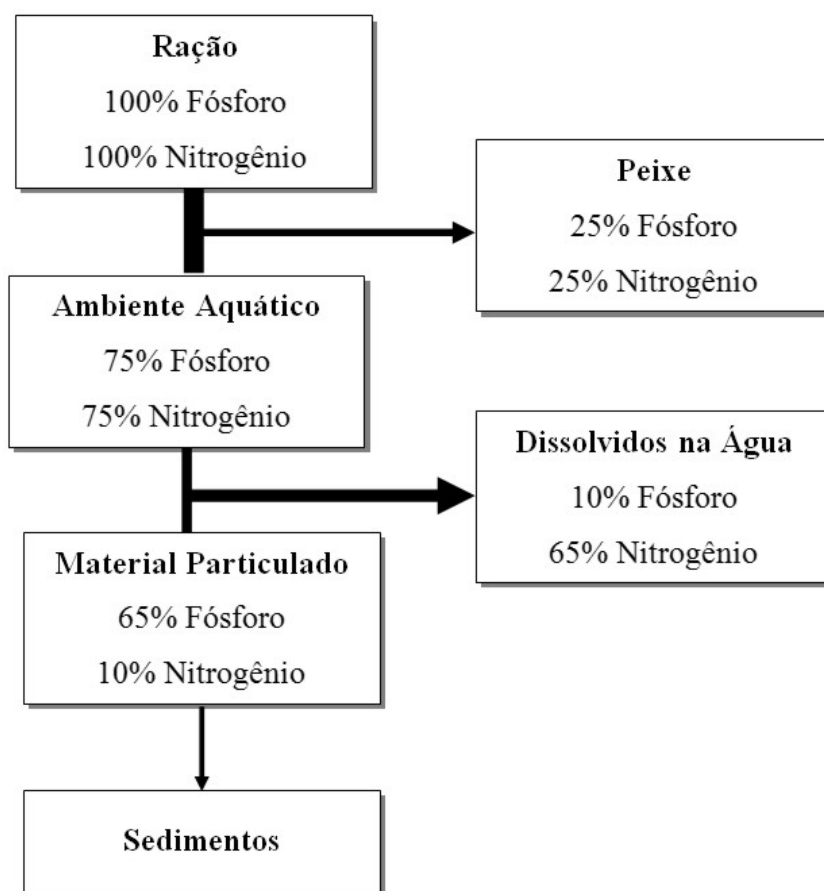
atividades modificadoras do meio ambiente, como por exemplo, a aqüicultura.

Os impactos da aqüicultura podem ser classificados como interno, local ou regional. Os impactos internos são aqueles que interferem no próprio sistema de criação, como por exemplo, a redução de oxigênio dissolvido em um viveiro de piscicultura. Já os impactos locais se estendem a um quilômetro à jusante da descarga dos efluentes. Os efeitos sobre os ambientes aquáticos, com uma escala espacial de vários quilômetros, são considerados impactos regionais (SILVERT, 1992).

Os principais impactos dos efluentes das atividades de aqüicultura sobre os ecossistemas aquáticos são: o aumento das concentrações de nitrogênio e fósforo na coluna d'água e o acúmulo de matéria orgânica nos sedimentos (MIREs, 1995; BARDACH, 1997; MIDLEN and REDDING, 1998). Essa disponibilidade de nutrientes nos ambientes límnicos tende a favorecer o aumento da comunidade fotoplancônica, alterando a dinâmica do oxigênio

dissolvido. Durante o dia a atividade fotossintética desses vegetais proporciona o acréscimo de oxigênio, que ao ultrapassar o equilíbrio de saturação pode ocasionar embolia gasosa nos organismos aquáticos. Por outro lado, durante a noite e no início da manhã a excessiva respiração do fitoplâncton pode ocasionar o consumo por completo do oxigênio dissolvido e, conseqüentemente, a morte da maioria dos organismos heterotróficos.

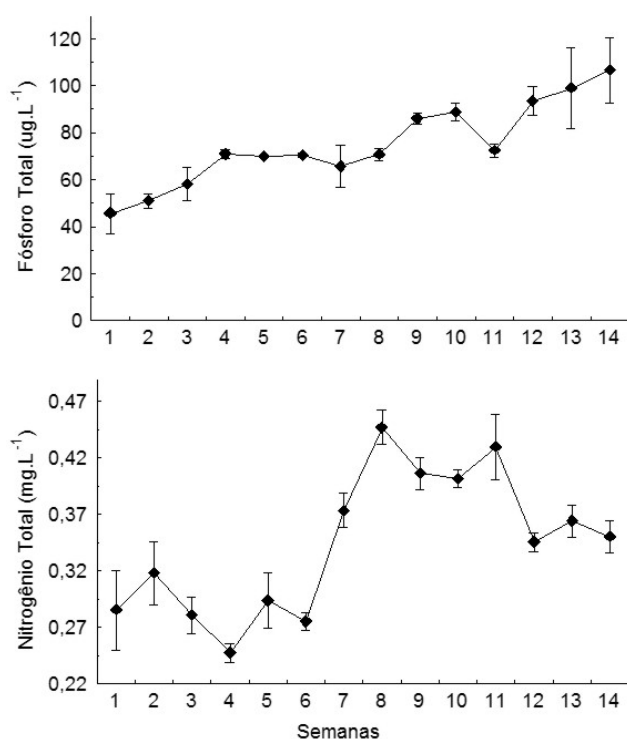
O nitrogênio dos efluentes das atividades de aqüicultura provém principalmente da proteína das rações, sendo que parte é excretada pelos organismos na forma de amônia, enquanto o restante é eliminado pelas fezes na forma de nitrogênio orgânico. Estimativas indicaram que as taxas de excreção de nutrientes por peixes mantidos por uma dieta com 35-40% de proteína e, com conversão alimentar de 1:1,5 são de aproximadamente 0,025 kg de nitrogênio e 0,033 kg de fósforo/kg de biomassa produzida (COCHAVA *et al.*, 1990). A Figura 1 mostra o fluxo de nitrogênio e fósforo da ração nos diferentes



**Figura 1.** Fluxo de bioelementos em tanques redes com salmonídeos. Baseado na taxa de conversão alimentar de 1,5 (matéria seca). Fonte: BERGHEIM *et al.* (1991).

compartimentos do ambiente aquático.

BACCARIN (2002), avaliando o impacto ambiental da produção de tilápia do Nilo sob diferentes manejos alimentares, verificou que com o incremento da biomassa dos peixes ocorreu uma redução gradativa dos teores de oxigênio dissolvido e o aumento dos valores de turbidez e de material em suspensão do efluente, independente da dieta fornecida. Este fato foi associado ao aumento do arraçoamento, ao aumento dos dejetos e à decomposição da matéria orgânica. HENRY-SILVA (2001) também observou que o aumento do fornecimento de ração associado ao crescimento dos peixes incrementou as concentrações de nutrientes



**Figura 2.** Valores médios e desvios padrão de nutrientes no efluente de criação de tilápia do Nilo (*O. niloticus*) durante 14 semanas. O peso médio inicial das tilápias foi de 24 g/indivíduo, atingindo ao final do experimento o peso médio de 290 g/indivíduo e com o ganho de peso total de 580 kg (Fonte: HENRY-SILVA, 2001).

no efluente gerado (Figura 2).

PERSSON (1991), ao analisar o impacto da implantação de tanques-redes com truta arco-íris em um lago da Suécia, constatou que os efluentes e os resíduos originários desta atividade proporcionaram uma considerável degradação do ambiente aquático, tornando o hipolimnion anóxico em decorrência da

decomposição da matéria orgânica. A agravante é que sob estas condições o fosfato, antes imobilizado nos sedimentos em função da barreira proporcionada pela camada oxidada, tornou-se disponível na coluna d'água, aumentando a produção primária do fitoplâncton.

CAMARGO (1992), avaliando o impacto de efluentes de fazendas de criação de trutas sobre o rio Tajuña (Espanha), constatou que os efeitos foram significativos sobre a qualidade da água do rio, visto que a um km do lançamento dos efluentes os valores de nutrientes ainda eram elevados. Este autor também observou alterações nas assembléias de invertebrados bentônicos. Nos pontos a jusante do lançamento de efluentes, as espécies adaptadas a ambientes com concentrações altas de oxigênio dissolvido e taxas de sedimentação baixas praticamente desapareceram, sendo substituídas por espécies, especialmente de quironomídeos que são adaptadas a ambientes com teores de oxigênio baixos e com taxas elevadas de sedimentação. LOCH *et al.* (1996), investigando o efeito dos efluentes de viveiros de criação de truta (*Oncorhynchus mykiss*) sobre a riqueza de macroinvertebrados bentônicos, também verificaram uma diminuição da diversidade de espécies de efemerópteros, plecópteros e trichópteros nos rios onde os efluentes eram despejados. MENEZES e BEYRUTH (2003), analisando os impactos de tanques-rede com tilápia do Nilo sobre a comunidade bentônica da represa de Guarapiranga (SP), observaram maiores porcentagens de Oligochaetas no sedimento a baixo dos tanques-rede, provavelmente em decorrência do aumento dos teores de matéria orgânica e de nutrientes provenientes das excretas dos peixes.

TOVAR *et al.* (2000), investigando os impactos da aqüicultura intensiva sobre um ecossistema lótico na Espanha, observaram que três pisciculturas com uma produção total de 1000 toneladas/ano de *Sparus aurata* utilizavam diariamente cerca de 240.000 m<sup>3</sup> de água do rio San Pedro e lançavam um volume semelhante de efluentes neste ambiente aquático. Os autores constataram um padrão para as concentrações de nutrientes e de sólidos em suspensão ao longo do rio. No trecho inferior, a jusante das pisciculturas e próximo do estuário, os teores de nitrogênio, fósforo e matéria orgânica foram menores, provavelmente em decorrência dos processos de autodepuração e pela diluição causada pela entrada de água do mar. Já no trecho superior, onde eram desenvolvidas as atividades de aqüicultura, os teores destas variáveis foram maiores, especialmente em decorrência do



despejo de efluentes dos viveiros de criação de *S. aurata*.

PISTORI (2005) verificou maior produção primária da macrófita aquática flutuante *Salvinia molesta* em uma represa impactada pelo lançamento de efluentes de aquíicultura quando comparadas com as taxas de crescimento desta mesma espécie em uma represa não impactada. BOAVENTURA *et al.* (1997) observaram que os efeitos dos efluentes de fazendas de criação de truta arco íris (*O. mykiss*) foram notados 12 km a jusante do ponto de seu lançamento, acarretando no aumento do número de bactérias. MACEDO (2004) constatou maiores densidades de coliformes fecais em um ambiente aquático que recebia fluxo intenso de efluentes de aquíicultura, sugerindo a necessidade do tratamento desses efluentes antes do lançamento no corpo d'água receptor. Na bacia hidrográfica do rio Ribeira de Iguape (SP) observou-se que as pisciculturas intensivas e semi-intensivas são as mais eutrofizadas, causando alterações nas características físicas e químicas dos ecossistemas lóticos em que seus efluentes são lançados (CASTELLANI e BARRELA, 2006).

Em ambientes aquáticos da Tailândia foram constatados problemas relacionados a grande quantidade de nutrientes e de matéria orgânica produzidos pelas atividades de carcinicultura. A descarga destes poluentes gerou problemas não somente aos ecossistemas estuarinos, mas também afetou a produtividade das próprias fazendas de criação de camarão (CHUA *et al.*, 1989). Estima-se que anualmente as carciniculturas da região de Banguecoque despejem aproximadamente 1500 t de nitrogênio e 146 t de fósforo nos ecossistemas estuarinos, proporcionando *blooms* de algas, morte de organismos coralíneos e alterações nas comunidades de áreas alagáveis (CHUA *et al.*, 1989; HOPKINS *et al.*, 1995).

#### SISTEMAS DE TRATAMENTO DE EFLUENTES DE AQUÍCULTURA COM MACRÓFITAS AQUÁTICAS (CONSTRUCTED WETLANDS/ALAGADOS ARTIFICIAIS)

Os "constructed wetlands" ou alagados artificiais podem ser considerados filtros biológicos nos quais os microorganismos (aeróbios e anaeróbios) e as macrófitas aquáticas são os principais responsáveis pela purificação da água (WOOD, 1995). Estes alagados foram desenvolvidos para efetuarem o tratamento de efluentes domésticos e industriais, visando a decomposição da matéria orgânica e a

remoção/transformação de nitrogênio e fósforo (COOPER e FINDLATER, 1990).

Nos alagados artificiais, o formato, as características hidráulicas e as espécies vegetais visam imitar os processos que ocorrem em um alagado natural (GOPAL, 1999). Entretanto, nos alagados naturais a complexidade é extremamente alta, sendo estruturalmente e funcionalmente dominados por uma ampla variedade de microorganismos, especialmente bactérias e fungos, e por macrófitas aquáticas de diferentes grupos ecológicos, além de colonizados uma ampla diversidade de animais vertebrados e invertebrados (HAMER and BASTIAN, 1989). Os alagados artificiais podem ser classificados de acordo com o grupo ecológico da macrófita aquática predominante (Figura 3), sendo que as espécies mais utilizadas são as flutuantes, emersas e submersas (Tabela 1). No entanto, embora exista uma enorme variedade de macrófitas aquáticas que podem ser utilizadas no tratamento de efluentes, alguns aspectos devem ser observados em relação a estes vegetais, tais como: adaptabilidade ao clima local, alta taxa fotossintética, alta capacidade de transporte de oxigênio, capacidade de assimilação de poluentes, resistência a pragas e doenças e sistema radicular bem desenvolvido (REDDY and DEBUSK, 1987; VYMAZAL, 1998).

A utilização dos alagados artificiais e das macrófitas no tratamento de efluentes de aquíicultura ainda é recente e com enfoque experimental. É importante destacar que, apesar de diversos trabalhos comprovarem a eficiência das plantas aquáticas no tratamento de efluentes domésticos (KARPISCAK *et al.*, 1996; ENNABILI *et al.*, 1998; FARAHBAKSHAZAD *et al.*, 2000), estudos sobre o uso desses vegetais no tratamento de efluentes de aquíicultura ainda são escassos.

Dentre estes trabalhos, destacam-se os experimentos desenvolvidos por:

a) NG *et al.* (1990) que verificaram que *Elodea densa*, cultivada em um sistema com volume de 11,4 m<sup>3</sup>, removeu aproximadamente 25% das formas nitrogenadas (N-amoniaco, N-nitrito e N-nitrato) presentes nos efluentes provenientes de uma criação de peixes ornamentais.

b) SCHWARTZ e BOYD (1995) que analisaram a eficiência de um sistema composto por macrófitas aquáticas emersas no tratamento de efluentes de *Ictalurus punctatus* (bagre de canal). O sistema consistiu de dois alagados arranjados em série, onde foram plantadas as macrófitas aquáticas emersas

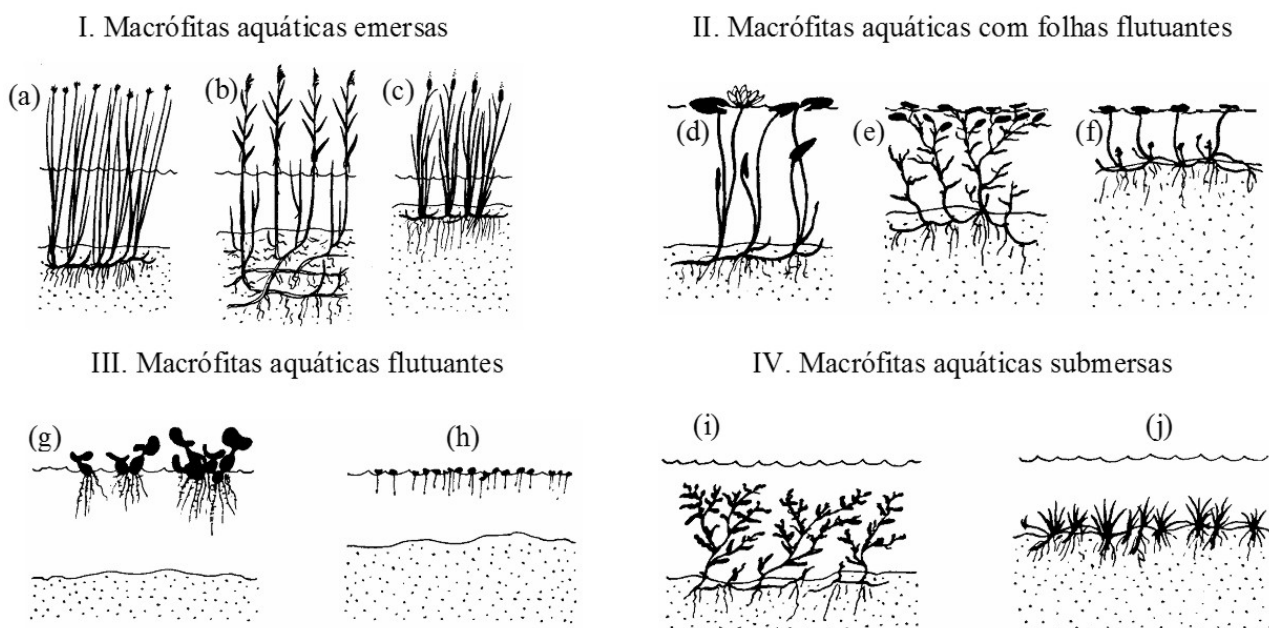
*Scirpus californicus*, *Zizaniopsis miliacea* e *Panicum hemitomon*. O sistema como um todo removeu de 1-81% de N-amoniaco; 43-98% de N-nitrito; 51-75% do nitrogênio total; 45-61% do fósforo total e 75-87% dos sólidos em suspensão.

c) REDDING *et al.* (1997) que verificaram a capacidade de macrófitas aquáticas de diferentes grupos ecológicos (*Rorippa nasturtium-aquaticum*, *Azolla filiculoides* e *Elodea nuttalli*) na remoção de nutrientes de efluentes da criação de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). As maiores remoções de nitrogênio e fósforo foram efetuadas pelo sistema

composto por *R. nasturtium-aquaticum*.

d) BROW *et al.* (1999) que analisaram a capacidade das macrófitas aquáticas *Suaeda esteroa*, *Salicornia bigelovii* e *Atriplex barclayana* (halófitas) em remover nutrientes de efluentes salinos de aqüicultura.

e) HENRY-SILVA and CAMARGO (2006) que testaram a eficiência das macrófitas aquáticas flutuantes no tratamento de efluentes de um viveiro de criação de *O. niloticus*. Os autores constataram que *E. crassipes* e *P. stratiotes* foram mais eficientes na remoção de fósforo total (82,0 e 83,3%, respectivamente) e nitrogênio orgânico total (46,1 e 43,9%, respectivamente) que

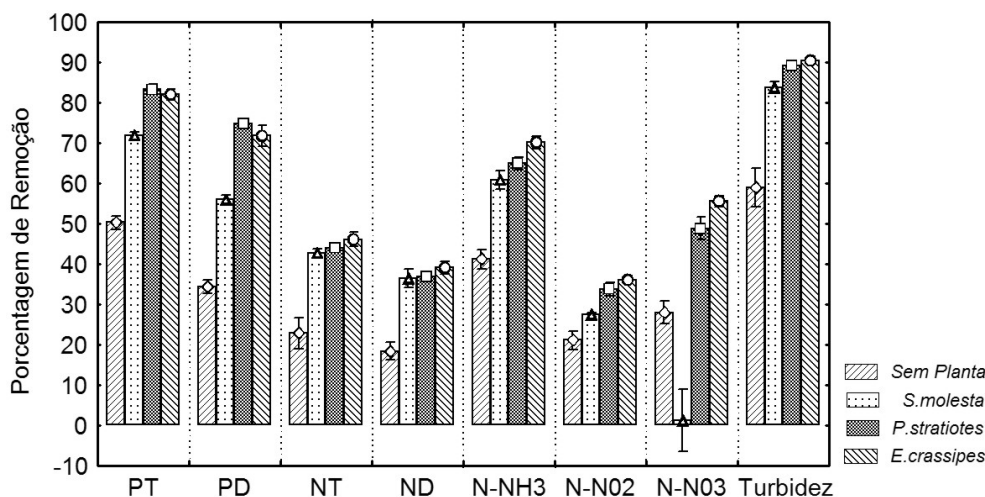


**Figura 3.** Tipos ecológicos de macrófitas aquáticas utilizadas em alagados artificiais. (a) *Scirpus lacustris*, (b) *Phragmites australis*, (c) *Typha latifolia*, (d) *Nymphaea alba*, (e) *Potamogeton gramineus*, (f) *Hydrocotyle vulgaris*, (g) *Eichhornia crassipes*, (h) *Lemna minor*, (i) *Potamogeton crispus* e (j) *Littorella uniflora*. (Fonte: BRIX and SCHIERUP, 1989).

**Tabela 1.** Principais espécies de macrófitas aquáticas utilizadas no tratamento de efluentes.

<b>Flutuantes</b>	<i>Hydrocotyle umbellata</i>	<i>Gyneria maxima</i>
<i>Eichhornia crassipes</i>	<i>Lemna gibba</i>	<i>Eleocharis sphacelata</i>
<i>Azolla caroliniana</i>	<b>Emersas</b>	<i>Iris pseudacorus</i>
<i>Pistia stratiotes</i>	<i>Scirpus lacustris</i>	<i>Colocasia esculenta</i>
<i>Lemna minor</i>	<i>Phragmites australis</i>	<b>Submersas</b>
<i>Lagorosiphon major</i>	<i>Typha domingensis</i>	<i>Egeria densa</i>
<i>Salvinia rotundifolia</i>	<i>Typha latifolia</i>	<i>Ceratophyllum demersum</i>
<i>Spirodela polyrhiza</i>	<i>Typha orientalis</i>	<i>Elodea nuttallii</i>
<i>Wolffia arrhiza</i>	<i>Canana flaccida</i>	<i>Myriophyllum aquaticum</i>

Fonte: GUNTENSPERGEN *et al.* (1989).



**Figura 4.** Porcentagens médias e desvios padrão de remoção de fósforo total (PT), fósforo dissolvido (PD), nitrogênio orgânico total (NT), nitrogênio orgânico dissolvido (ND), N-amoniaco (N-NH<sub>3</sub>), N-nitrito (N-NO<sub>2</sub>), N-nitrato (N-NO<sub>3</sub>) e turbidez pelos sistemas de tratamento de efluentes (Fonte: HENRY-SILVA and CAMARGO, 2006).

*Salvinia molesta* (72,1% de fósforo total e 42,7% de nitrogênio orgânico total) (Figura 4).

#### AQÜICULTURA E O DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL

O conceito de desenvolvimento sustentável, originado em 1968 na Conferência da Biosfera em Paris, preconiza que o desenvolvimento deve levar em consideração, além dos fatores econômicos, aqueles de caráter social e ecológico. No intuito de adaptar o conceito de sustentabilidade com a realidade da agricultura e da aqüicultura, a FAO (1988) definiu o desenvolvimento sustentável como sendo o manejo e a conservação dos recursos naturais, associados a uma mudança tecnológica e institucional, no intuito de assegurar a satisfação continuada das necessidades humanas presentes e das futuras gerações. Este desenvolvimento deve necessariamente conservar a terra, a água, os recursos genéticos animais e vegetais, ser ambientalmente não degradador, tecnologicamente apropriado, economicamente viável e socialmente aceitável.

Os impactos socioambientais ocasionados pela aqüicultura têm estimulado o desenvolvimento da chamada aqüicultura sustentável, que pode ser entendida como o conjunto de procedimentos alternativos que almejam reverter os impactos ocasionados pelo "mal desenvolvimento". De acordo com este enfoque, a aqüicultura deve almejar lucro, e ao mesmo tempo, privilegiar o desenvolvimento social e a minimização dos impactos ambientais (VALENTI, 2000; VINATEA, 2000; TIAGO, 2002). Segundo a FAO (1994), para que a aqüicultura

produza benefícios reais e permanentes, esta terá que encontrar formas de se desenvolver, aumentando os seus rendimentos e diminuindo os seus efeitos adversos. Para tanto, será necessário identificar formas adequadas de apoio comercial e técnico, além de um cuidado especial na gestão dos recursos e na avaliação social e ecológica das regiões com potencial aqüícola.

O conceito de sustentabilidade deve constituir a base do ordenamento pesqueiro e aqüícola, além de compreender não somente a sustentabilidade dos recursos biológicos, mas também o valor e os benefícios sociais que são gerados. Embora seja difícil associar estes três pilares (econômico, social e ambiental) que fundamentam o desenvolvimento sustentável, os empreendedores do setor de aqüicultura devem implementar esforços para que o mesmo seja efetivado, visando assegurar de forma duradoura os ganhos com suas atividades (BOYD, 1999; PILLAY, 1992).

Um exemplo deste tipo de desenvolvimento foi desenvolvido na Índia, onde efluentes urbanos da cidade de Cuttack foram tratados em tanques contendo lentilha d'água (macrófita aquática flutuante da família Lemnaceae), carpas e camarões de água doce. Após o tratamento a água era utilizada na agricultura e o pescado, sem contaminação por coliformes fecais, era vendido e a renda repassada para as pessoas que trabalharam na despesca (VINATEA, 2000). Desta forma, os preceitos do desenvolvimento sustentável foram atendidos, ou seja, houve: (i) o ganho financeiro com a venda do pescado e com a produção agrícola, (ii) o atendimento



das demandas sociais, através de fornecimento de emprego para as pessoas que vivem na região e (ii) o não comprometimento dos ecossistemas aquáticos onde possivelmente os efluentes domésticos seriam lançados. Vale ressaltar, no entanto, que este caso não deve ser seguido como um modelo, mas sim com um exemplo bem sucedido, visto que em circunstâncias diversas, outros fatores podem inviabilizar este tipo de iniciativa, tais como a contaminação da água por metais pesados ou a poluição com outras substâncias que comprometam a saúde humana.

#### DOCUMENTOS QUE TRATAM DO DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL EM AQUICULTURA

O Código Internacional de Conduta para a Pesca Responsável e a Declaração de Banguocoque são dois documentos internacionais que devem ser destacados, quando se tem como meta o estabelecimento de princípios e normas aplicáveis a conservação, a ordenação e ao desenvolvimento das atividades de aquicultura.

##### *a) Código Internacional de Conduta para a Pesca Responsável (FAO, 1997)*

O Código de Conduta formulado pela Organização para a Alimentação e Agricultura das Nações Unidas (FAO) foi adotado por unanimidade em 31 de outubro de 1995 durante a Conferência da FAO, proporcionando um marco de extrema relevância para que, no âmbito das iniciativas nacionais e internacionais, seja assegurada a exploração sustentável dos organismos aquáticos. Nele foram estabelecidos princípios e normas internacionais para a aplicação de práticas responsáveis com o intuito de assegurar a conservação, a gestão e o desenvolvimento eficazes dos recursos aquáticos, com o devido respeito ao ecossistema e a biodiversidade. O Código reconhece também a importância nutricional, econômica, social, cultural e ambiental da pesca e os interesses de todos aqueles que se relacionam com o setor aquícola.

Em seu artigo 9 sobre o desenvolvimento da aquicultura, o Código aborda alguns aspectos relacionados a temática ambiental, tais como: a necessidade de avaliação prévia dos efeitos do desenvolvimento das atividades de aquicultura sobre a diversidade genética e sobre a integridade dos ecossistemas; a importância do desenvolvimento ecologicamente sustentável da aquicultura, permitindo o uso racional dos recursos compartilhados por esta e por outras atividades; a redução ao mínimo das alterações ecoló-

gicas prejudiciais originadas da extração de água, da utilização da terra, da eliminação de efluentes e do emprego de medicamentos e substâncias químicas.

##### *b) A Declaração de Banguocoque (NACA/FAO, 2000)*

No ano de 2000, 66 países participaram da Conferência sobre Aquicultura do Terceiro Milênio na cidade de Banguocoque (Tailândia). Esta conferência foi organizada pela rede de Centros de Aquicultura da Ásia-Pacífico (NACA) e pela FAO, sendo que como produto final deste evento foi elaborado um documento intitulado "A Declaração de Banguocoque e Estratégia para o Desenvolvimento da Aquicultura para além de 2000".

O objetivo primordial desta Declaração foi elaborar prioridades e estratégias para o desenvolvimento sustentável da aquicultura, abordando de forma viável os aspectos econômicos, sociais e ambientais inerentes desta atividade. A Declaração almeja estimular os estados, os setores privados e as organizações não governamentais a adotarem estas estratégias para o desenvolvimento da aquicultura sustentável em nível mundial.

No que tange as questões ambientais, a Declaração ressalta que a contribuição da aquicultura no desenvolvimento humano e nas capacidades sociais não será efetivada sem políticas responsáveis e sem o estabelecimento de metas que encorajem o desenvolvimento sustentável, sendo que as regulamentações referentes à aquicultura devem promover explorações técnicas economicamente viáveis, ambientalmente responsáveis e socialmente aceitáveis. Em relação aos elementos-chaves para o desenvolvimento ambientalmente responsável da aquicultura, a Declaração destaca a necessidade de melhoramentos da sustentabilidade ambiental e da nutrição em aquicultura.

A sustentabilidade ambiental pode ser alcançada, através do estabelecimento de códigos para a prática adequada da aquicultura, suportado por regulamentações e políticas eficientes; de melhorias no aproveitamento dos recursos naturais; da preocupação em verificar se o desenvolvimento das atividades está dentro das capacidades de suporte locais e regionais; e da promoção das atividades de aquicultura em locais onde estas sejam prioridade, no intuito de aumentar a qualidade ambiental e uso dos recursos.

A nutrição de organismos aquáticos, que segundo a Declaração, é fator central no desenvolvimento sustentável da aquicultura, deve visar a utilização



eficiente de recursos disponíveis e minimizar as perdas de matéria orgânica e nutrientes para o ambiente. Estas metas podem ser alcançadas através: 1) do conhecimento das necessidades nutricionais das espécies em suas diferentes fases de vida, associado a melhoria do manejo das criações; 2) do aumento do conhecimento dos sistemas de produção agrícola e das potenciais perdas ou ganhos para o ambiente; 3) da maior utilização de produtos subsidiários da agricultura e da pesca, utilizando ingredientes de recursos alimentares renováveis; 4) do aumento do conhecimento sobre a bio-disponibilidade dos nutrientes e a interação dos ingredientes alimentares utilizados e 5) da promoção de práticas adequadas na confecção das rações, no intuito de minimizar ao máximo as perdas. Neste contexto, verifica-se que a preocupação em desenvolver uma aqüicultura ambientalmente correta e que almeje desenvolvimento sustentável começa bem antes do tratamento dos efluentes originados por esta atividade.

### CONSIDERAÇÕES FINAIS

À medida que as normas ambientais se tornam mais rigorosas, a administração e a eliminação dos resíduos será cada vez mais importante nas atividades de aqüicultura. Desta forma, uma estratégia apropriada de manejo dos resíduos torna-se indispensável para manter a legalidade, a rentabilidade e a sustentabilidade de qualquer empreendimento. É importante ressaltar que o desenvolvimento da aqüicultura em todo mundo tem estimulado a aplicação de Boas Práticas de Manejo. Neste contexto, o *Southern Regional Aquaculture Center* (SRAC, 1998) recomenda as seguintes práticas para minimizar os impactos dos efluentes de aqüicultura: (1) utilização de rações com alta qualidade; (2) arrazoamento eficiente; (3) adequada aeração e circulação da água de tanques e viveiros; (4) reutilização do efluente, quando possível, na própria atividade aqüícola; (5) reutilização do efluente para outros propósitos, tais como irrigação de plantações e hidroponia; (6) armazenamento da água da chuva para ser utilizada no abastecimento dos sistemas de criação; (7) tratamento dos efluentes através de alagados artificiais.

As espécies utilizadas também devem ser adaptadas às características do local de criação, no intuito de aperfeiçoar a produção e evitar ao máximo o uso de medicamentos, muitas vezes poluentes, no tratamento de enfermidades. No que diz respeito ao

manejo alimentar, deve ser priorizado a utilização de alimentos de fácil aceitabilidade e elevada digestibilidade pelos organismos aquáticos, com o objetivo de diminuir os resíduos gerados, especialmente de matéria orgânica e de nutrientes que contribuem para o aumento da eutrofização nos ambientes límnicos. Para finalizar, é de relevância a implementação do tratamento do efluente gerado pelas atividades de aqüicultura, especialmente para minimizar os impactos sobre os ecossistemas aquáticos.

### AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao Prof. Dr. Wagner Cotroni Valenti do Centro de Aqüicultura da UNESP pelas valiosas sugestões e à FAPESP pelo suporte financeiro (Processo: 02/04131-8).

### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BACCARIN, A.E. 2002 *Impacto ambiental e parâmetros zootécnicos da produção de tilápia do Nilo (Oreochromis niloticus) sob diferentes manejos alimentares*. Jaboticabal. 56p. (Tese de Doutorado. Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal).
- BAIRD, D.J.; BEVERIDGE, M.C.M.; KELLY, L.A.; MUIS, J.F. 1996 *Aquaculture and waters resource management*. London: Blackwell Science Ltd. 219p.
- BARDACH, J.E. 1997 *Sustainable Aquaculture*. New York: John Wiley & Sons, Inc. 251p.
- BERGHEIM, A.; AABEL, J.B.; SEYMOUR, E.A. 1991 Past and present approaches to aquaculture waste management in Norwegian net pen culture operations. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON NUTRITIONAL STRATEGIES IN MANAGEMENT OF AQUACULTURE WASTE, 1, Ontario. *Anais...*p. 88-95.
- BOAVENTURA, R.; PEDRO, A.M.; COIMBRA, J.; LENCASTRE, E. 1997 Trout farm effluents: characterization and impact on the receiving streams. *Environmental Pollution*, 95(3): 379-387.
- BOYD, C.E. 1999 Aquaculture sustainable and environmental issues. *World Aquaculture*, 30(2): 10-13/71-72.
- BRIX, H. and SCHIERUP, H.H. 1989 The use of aquatic macrophytes in water - pollution control. *Ambio*, 15: 100-107.

- BROW, J. J.; GLENN, E. P.; FITZSIMMONS, K.M.; SMITH, S.E. 1999 Halophytes for the treatment of saline aquaculture effluent. *Aquaculture*, 175: 255-268.
- CAMARGO, J.A. 1992 Temporal and spatial variations in dominance, diversity and biotic indices along a limestone stream receiving a trout farm effluent. *Water, Air and Soil Pollution*, 63: 343-359.
- CASTELLANI, D.E BARRELA, W. 2006 Impactos da atividade de piscicultura na Bacia do Rio Ribeira de Iguape. *B. Inst. Pesca*, 32(2): 161-171.
- CHUA, T.E.; PAW, J.N.; GUARIAN, F.Y. 1989 The environmental impact of aquaculture and the effects of pollution on coastal aquaculture development in Southeast Asia. *Marine Pollution Bulletin*, 20: 335-343.
- COCHAVA, M.; DIAB, S.; AVNIMELECH, Y. MIREs, D.; AMIT, Y. 1990 Intensive growth of fish with minimal water exchange. *Fish. Fish-breeding Israel*, 23(4): 174-181.
- COOPER, P.F. e FINDLATER, B.C. 1990 *Constructed Wetlands in Water Pollution Control*, Oxford: Pergamon Press.
- ENNABILI, A.; ATER, M.; RADOUX, M. 1998 Biomass production and NPK retention in macrophytes from wetlands of the Tingitan Peninsula. *Aquatic Botany*, 62: 45-56.
- FAO 1988 *Aspects of FAO's policies, programs, budget and activities aimed at contributing to sustainable development*. Rome: FAO.
- FAO 1994 *Diagnóstico sobre el estado de la acuicultura e América Latina y el Caribe. Documento de Campo* n. 11. México: FAO.
- FAO 1997 *Aquaculture development. Technical Guidelines for Responsible Fisheries*. n. 5, Rome: FAO.
- FARAHBAKSHAZAD, N.; MORISON, G.M.; SALATI, E.F. 2000 Nutrient removal in a vertical upflow wetland in Piracicaba, Brazil. *Ambio*, 29: 74-77.
- GOPAL, B. 1999 Natural and constructed wetlands for wastewater treatment: potential and problems. *Water Science Technology*, 40(3): 27-35.
- GUNTENSPERGEN, F.; STEARNS, F.; KADLEC, J.A. 1989 Wetland vegetation. In: HAMER, D.A. *Constructed wetlands for wastewater treatments*, Michigan, Lewis Publishers. p.73-88.
- HAMER, D.A. and BASTIAN, R.K. 1989 *Wetlands ecosystems: natural water purifiers?* New York: Lewis Publishers.
- HENRY-SILVA, G.G. 2001 *Utilização de macrófitas aquáticas flutuantes (Eichhornia crassipes, Pistia stratiotes e Salvinia molesta) no tratamento de efluentes de piscicultura e possibilidades de aproveitamento da biomassa vegetal*. Jaboticabal. 79p. (Dissertação de Mestrado. Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal).
- HENRY-SILVA, G.G. and CAMARGO, A.F.M. 2006 Efficiency of aquatic macrophytes to treat Nile tilapia pond effluents. *Scientia Agricola*, 63(5): 417-513.
- HOPKINS, J.S; BRADY, C.L.; HAMILTON, R.D.; HEFFERNAN, J.A. 1995 The effect on low-rate sand filtration and modified feed management on effluent quality, pond water quality and production of intensive shrimp ponds. *Estuaries*, 18: 116-123.
- KARPISCAK, M.M.; GERBA, C.P.; WATT, P.M.; FOSTER, K.E.; FALABI, J.A. 1996 Multi - species plant systems for wastewater quality improvements and habitat enhancement. *Water Science Technology*, 33: 231-236.
- LOCH, D.D.; WEST, J.L.; PERLMUTTER, D.G. 1996 The effects of trout farm effluent on the taxa richness of benthic macroinvertebrates. *Aquaculture*, 147: 37-55.
- MACEDO, C.F. 2004 *Qualidade da água em viveiros de criação de peixes com sistema de fluxo contínuo*. Jaboticabal. 136p. (Tese de Doutorado. Universidade Estadual Paulista).
- MENEZES, L.C.B. e BEYRUTH, Z. 2003 Impactos da aqüicultura em tanques-rede sobre a comunidade bentônica da represa de Guarapiranga - São Paulo - SP. *Bol. Inst. de Pesca*, 29:(1): 77-86.
- MIDLEN, A. and REDDING, T. 1998 *Environmental Management for Aquaculture*. Netherlands: Kluwer Academic Publishers.
- MIREs, D. 1995 *Aquaculture and the aquatic environment: mutual impact and preventive*

- management. *The Israeli Journal of Aquaculture - Bamidgeh*, 47: 163-172.
- NACA/FAO. 2000 *Desenvolvimento da Aqüicultura para Além de 2000: A Declaração de Banguecoque e Estratégia*. Conferência sobre Aqüicultura no Terceiro Milênio, 20-25 de fevereiro de 2000, Banguecoque Tailândia.
- NG, W.J.; SIM, T.S.; ONG, K.K. 1990 The effect of *Elodea densa* on aquaculture water quality. *Aquaculture*, 87: 267-276.
- ODUM, E.P. 1993 *Ecology: our endangered life-support systems*. Massachusetts: Sinauer Associates.
- ODUM, E.P. 1989 *Ecologia*. Rio de Janeiro: Editora Guanabara, 1988.
- PERSSON, G. 1991 Eutrophication resulting from salmonid fish culture in fresh and salt waters: Scandinavian experiences. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON NUTRITIONAL STRATEGIES IN MANAGEMENT OF AQUACULTURE WASTE, 1, 1991, Ontario. *Anais...* p.130-136.
- PILLAY, T.V.R. 1992 *Aquaculture and the environment*. Londres: Fishing News Books, 1989p.
- PISTORI, R.E.T. 2005 *Crescimento da macrófita aquática flutuante *Salvinia molesta* crescendo em duas represas submetidas a diferentes níveis de impactos*. Jaboticabal. 45p. (Dissertação de Mestrado. Universidade Estadual Paulista).
- REDDING, T.; TODD, S.; MIDLEN, A. 1997 The treatment of aquaculture wastewater - A botanical approach. *Journal of Environmental Management*, 50: 283-299.
- REDDY, K.R. and DEBUSK, T.A. 1987 State of the art utilization of aquatic plants in water pollution control. *Water Science and Technology*, 19: 61-79.
- SCHWARTZ, M.F.; BOYD, C.E. 1995 Constructed wetlands for treatment of channel catfish pond effluents. *The Progressive Fish-Culturist*, 57: 255-266.
- SHILO, M. e RIMON, A. 1982 Factors which effect the intensification of fish breeding in Israel. 2. Ammonia transformation in intensive fish ponds. *Bamidgeh*, 34(3): 101-114.
- SILVERT, W. 1992 Assessing environmental impact of finfish aquaculture in marine waters. *Aquaculture*, 107: 67-79.
- SRAC. 1998 *Characterization and management of effluents from aquaculture ponds in the southeastern United States*. New York: Pub. 600.
- STICKNEY, R.R. 1979 *Principles of warm water aquaculture*. New York: John Wiley & Sons, Inc.
- TIAGO, G.G. 2002 *Aqüicultura, meio Ambiente e legislação*. São Paulo: Editora Annablume, 162p.
- TOVAR, A.; MORENO, C.; MÁNUEL-VEZ, M. P.; GARCÍA-VARGAS, M. 2000 Environmental impacts of intensive aquaculture in marine waters. *Water Resource*, 34(1): 334-342.
- VALENTI, W.C. 2000 *Aquaculture for sustainable development*. In: VALENTI, W.C.; POLI, C.R.; PEREIRA, J.A.; BORGHETTI, J.R. *Aqüicultura no Brasil: bases para um desenvolvimento sustentável*. Brasília: CNPq/Ministério da Ciência e Tecnologia.
- VINATEA, L.A.A. 2000 *Modos de apropriação e gestão patrimonial de recursos costeiros*. Florianópolis. 250p. (Tese de Doutorado em Ciências. Universidade Federal de Santa Catarina).
- VYMAZAL, J. 1998 Types of constructed wetlands for wastewater treatment. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON WETLAND SYSTEMS FOR WATER POLLUTION CONTROL, 6, 1998, Águas de São Pedro. *Anais...*p.150-166.
- WOOD, A. 1995 Constructed wetlands in water pollution control: fundamentals to their understanding. *Water Science and Technology*, 32(3): 21-29.