



Sistemas de produção na piscicultura

Fish culture production systems

Resumo

Devido ao grande número de fatores que determinam qual sistema de produção deve ser empregado, torna-se difícil generalizar quais serão mais eficientes. A infraestrutura das pisciculturas voltadas à reprodução irá variar de acordo com a espécie escolhida, temperatura e principalmente quantidade de água disponível. Com base nas tendências de produção correntes, uma variedade de sistemas será empregada, variando de extensivos até os altamente intensivos, em que a proximidade dos mercados e as altas densidades de estocagem irão compensar os maiores custos de produção. Entretanto, o acesso ao suprimento de água tornar-se-á o problema ambiental e econômico mais importante, tanto nos países em desenvolvimento quanto nos países industrializados, e os impactos ambientais causados pelos resíduos da aquicultura também serão alvos de debate.

Palavras-chave: reprodução, sistemas de produção, piscicultura.

Abstract

Due to the great number of variables that determine which production system must be used in each situation, are difficult to generalize which will be more efficient. The infrastructure of reproduction fish farm will vary in accordance with the chosen species, temperature and the amount of available water. A infraestrutura das pisciculturas voltadas à reprodução irá variar de acordo com a espécie escolhida, temperatura e principalmente quantidade de água disponível. Based in the current production trends, a variety of systems will be effective, varying of extensive until the highly intensive ones, where the proximity to the markets and high stock densities will compensate the biggest production costs. However, the water supply will become the major environmental and economic problem in both, developing and industrialized countries. The environmental impacts caused by aquaculture effluents will be also a debate subject.

Keywords: reproduction, production systems, fish culture.

Introdução

O processo de crescimento sustentável da economia rural e o incremento da qualidade de vida da população rural apresentam várias alternativas, sendo particularmente o desenvolvimento do setor agrícola o melhor instrumento, não só para

reduzir a pobreza e a fome, mas também para garantir a segurança alimentar de todos (Aquaculture, 2001).

Pobreza é uma das principais causas da insegurança alimentar, sendo o progresso sustentável como instrumento para a redução da pobreza é fundamental para incrementar o acesso da população à alimentação.

Redução da pobreza é o conceito central do desenvolvimento rural

Recentemente a FAO/Banco Mundial realizou um estudo em diversas regiões do mundo sobre sistemas rurais, enfatizando a importância de cinco principais estratégias para eliminar a pobreza, quais sejam: intensificação, diversificação, aumento do acesso à informação, aumento da renda fora da propriedade e êxito da agricultura.

A diversificação, que inclui a aquacultura, foi considerada como a única forma promissora de redução da pobreza rural nos próximos anos.

A aquacultura se torna um componente atraente e importante à população rural, em situações em que aumentam as pressões populacionais, a degradação ambiental e a redução das capturas por meio da pesca. Tal atividade traz benefícios para a saúde e a nutrição, geração de empregos, melhora a renda, reduz a vulnerabilidade das propriedades e a sustentabilidade destas. Entretanto, a aquacultura não deve ser vista como uma atividade isolada, mas sim como um aspecto preponderante do desenvolvimento rural. Abordagens interdisciplinares devem ser vistas como pré-requisitos essenciais para o esse desenvolvimento.

A atual tendência de aumento da produção da aquacultura deve ser mantida, seja intensificação ou pela expansão das áreas para produção aquícola. De um modo geral, tecnologias para intensificação dos sistemas de produção existem, sendo a questão socioeconômica e institucional os únicos limitantes para o aumento da contribuição da piscicultura para o desenvolvimento rural.

É importante assinalar que a aquacultura gera empregos, comprovadamente, a custos inferiores aos de outras alternativas. É um setor que se caracteriza por maximizar o uso da tecnologia e o emprego, ao contrário de outros que trocam emprego por tecnologia.

Considera-se a piscicultura uma atividade zootécnica e, como tal, de caráter econômico. Esse conceito implica o desenvolvimento da atividade sob aspectos empresariais, visando ao fornecimento de alimento à maior parte da população, gerando empregos, melhoria de renda, impostos e excedentes para exportação.

A piscicultura pode ser um ótimo investimento agropecuário. No entanto, assim como a avicultura, deve ser executada de forma industrial. Entende-se por industrial o fornecimento contínuo de produtos, com boa qualidade e com preços competitivos.

Quando se fala de sistemas de produção em piscicultura, é importante salientar que cada sistema será mais adequado para diferentes situações devendo-se ter em mente os objetivos do empreendimento, o mercado a ser atingido, a espécie de cultivo, a disponibilidade de água e energia elétrica, a área disponível, o custo dessa área, as características climáticas da região, os aspectos legais e socioculturais.

Sistemas voltados basicamente para a reprodução irão sofrer os efeitos de tais variações uma vez que o grande número de espécies utilizadas e as diferentes características entre elas irão refletir diretamente no manejo e conseqüentemente nos sistemas a serem empregados.

Devido ao grande número de sistemas e variáveis microeconômicas, é difícil generalizar que tipos de sistemas serão lucrativos. Com base nas tendências de produção correntes, uma variedade de sistemas serão, empregados, variando de extensivos até os altamente intensivos, em que a proximidade dos mercados e as altas densidades de

estocagem irão compensar os maiores custos de produção. Entretanto, o acesso ao suprimento de água tornar-se-á o problema ambiental e econômico mais importante, tanto nos países em desenvolvimento quanto nos países industrializados, e os impactos ambientais causados pelos resíduos da aquicultura também serão alvos de debate.

O objetivo deste artigo é a descrição dos métodos de produção e as novas tendências na criação de peixes no Brasil e no mundo. A seguir, são relacionados aspectos importantes na escolha do melhor sistema de criação de peixes.

Escolha da espécie

A escolha de uma espécie pressupõe alguns fatores, tais como: mercado, produção contínua de alevinos durante todo o ano, tecnologia de produção disponível e comprovada mundialmente, além de adaptável às condições brasileiras, rusticidade e crescimento rápido. Em verdade, existem poucas espécies de peixes no mundo capazes de serem adotadas em processos de criação industrial.

A espécie deve ser escolhida em função do mercado. No caso da produção de alimentos, devem-se buscar espécies que apresentem características de carne e carcaça favoráveis à indústria e ao consumidor. Já o mercado ligado ao lazer e entretenimento, como o da pesca esportiva e o de peixes ornamentais, procura outras características, como agressividade e beleza. Seja qual for o mercado a ser atingido, a escolha da espécie que tenha o perfil mais indicado para cada atividade é primordial para o sucesso do empreendimento.

Estudos e levantamentos sobre as exigências do consumidor quanto ao consumo de peixes verificaram alguns pontos que merecem destaque, quais sejam: a procura por um peixe de carne branca e macia, porém consistente, com pouco ou nenhum cheiro característico de peixe, sem espinhas, com pouca "gordura" e que oferecesse facilidades de processamento sob formas variadas (Miranda e Ribeiro, 1997).

Com o desenvolvimento da piscicultura nacional, espécies como a tilápia (*Oreochromis spp.*), o surubim (*Pseudoplatystoma spp.*) e a truta (*Oncorhynchus spp.*) têm se destacado em algumas das características supracitadas.

Escolha do local

A escolha do local para a implementação de uma piscicultura está intimamente relacionada à espécie escolhida e vice-versa, uma vez que as condições de clima são fundamentais para o sucesso do empreendimento, principalmente no que diz respeito à distribuição de temperaturas ao longo do ano, já que as diferentes espécies possuem distintas faixas de temperatura ótima para crescimento (Avault, 1996).

Outros aspectos importantes são a topografia, a qual deve favorecer a implementação da estrutura de produção, e a disponibilidade de água em qualidade e quantidade necessária.

Quanto ao abastecimento de água, devem-se sempre avaliar os riscos de futuras contaminações provenientes de investimentos de terceiros em outras atividades na região que possam interferir na bacia de contribuição da fonte de água em questão. Por exemplo, atividades agrícolas dependentes da utilização de defensivos agrícolas tóxicos aos peixes.

Na escolha do local, deve-se verificar a presença de restrições ambientais, a infraestrutura básica, a disponibilidade de mão-de-obra, de insumos e de serviços, o acesso ao mercado consumidor e, por último e não menos importante, os programas de incentivo fiscais e de crédito (Queiroz, 2003).

A instalação de um projeto deve ser precedida de uma verificação da existência de impedimentos legais para uso da área desejada para o desenvolvimento da atividade. No

caso da captação de água, é primordial a obtenção da outorga desta junto ao órgão competente - no Estado de Minas Gerais, o Instituto de Gestão das Águas (IGAM) – além das licenças ambientais, respeitando-se sempre as áreas de preservação permanente. Em reservatórios públicos, como os destinados à geração de energia, é necessária a obtenção da concessão de direito de uso que deve ser requerida junto à Secretaria Especial de Aquicultura e Pesca do Governo Federal.

A inevitável ligação entre a piscicultura e o meio ambiente acarreta a necessidade de desenvolver sistemas ambientalmente corretos, que gerem o menor impacto ambiental possível, uma vez que toda e qualquer ação antropogênica é por si impactante, devendo, então, desenvolver-se dentro de princípios éticos aceitáveis.

A questão da água

A piscicultura moderna enfrenta um problema mundial, a disponibilidade de água. Muitos países já se policiam a respeito da conservação e recuperação dos mananciais. O Brasil recentemente aprovou a lei nº 9.433 cuja Seção IV DA COBRANÇA DO USO DE RECURSOS HÍDRICOS Art. 21 diz: "Na fixação dos valores a serem cobrados pelo uso da água devem ser observados, dentre outros:

- I. nas derivações, captações e extrações de água, o volume retirado e seu regime de variação;
- II. nos lançamentos de esgotos e demais resíduos líquidos ou gasosos, o volume lançado e seu regime de variação e as características físico-químicas, biológicas e de toxicidade do afluente." (Brasil, 1997).

A piscicultura nacional, baseada na criação em viveiros de terra com fertilização orgânica para aumentar a produção primária e fornecer alimento para os peixes de cultivo, estará seriamente comprometida com esta lei de conservação, não pelo volume de água, mas pelo impacto ambiental causado pelos efluentes dessa piscicultura.

Já para os sistemas de fluxo contínuo (*Raceway*) comumente utilizados nas criações de trutas, o problema é mais grave, uma vez que, além de uma maior carga poluidora devido às altas densidades de estocagem, o volume de água utilizado é muito maior. Com isso, as pisciculturas que utilizam sistemas de uso contínuo de água estariam condenadas a um custo de produção muito alto, tornando inviável economicamente sua produção.

De acordo com a diretriz adotada por países que há muito tempo encaram a piscicultura como uma atividade empresarial, o tratamento de água é indispensável ao sucesso dessa atividade. Para evitar que se gaste muita água e/ou que os efluentes das pisciculturas sejam fontes poluidoras, a solução seria o tratamento dessa antes que retorne para os leitos dos rios ou a adoção de sistemas de recirculação de água para produção de peixes.

Gasto de água x Sistemas de produção

O Brasil, apesar do grande volume de água doce disponível para o cultivo de peixes, apresenta alguns problemas inerentes à melhor utilização dessa de forma coerente. O clima quente e as características de solo são fatores preponderantes na escolha de qual sistema deve ser empregado, principalmente quando se pensa em aproveitamento racional da água.

A capacidade de expansão e sustentabilidade da atividade depende de como e onde se pretende criar peixes. Pode-se exemplificar comparando-se os gastos com água em três distintos sistemas de produção.

No sistema de fluxo contínuo, comumente empregado na truticultura, necessita-se de 38.000 - 76.000 l de água para produzir 1 kg de peixes, mesmo usando oxigênio líquido (Hopkins e Mancini, 1992).

Com a tradicional técnica de criação em viveiros, que consiste no enchimento dos mesmos à estocagem e reposição de perdas por evaporação e infiltração, chega-se a um consumo de 12.000 - 38.000 l de água/ kg de peixe produzido, mesmo com aeração (Hopkins e Mancini, 1992).

Segundo dados da FAO (2003), em países de clima tropical, como o Brasil, o volume de água necessário para repor as perdas por evaporação e infiltração nesse tipo de sistema é de aproximadamente 70 litros / ha / min. Vale ressaltar que esses dados são apenas estimativas genéricas e que, de acordo a região escolhida, tais valores tendem a apresentar uma grande oscilação. Por exemplo, para o Norte do Estado de Minas Gerais, chega-se a aproximadamente 175 litros/ ha / min.

Já nos sistemas de recirculação de água, com descargas diárias que variam de 2% a, no máximo, 10%, estando o mais comum entre 2 - 5%, requer-se 38 - 76 l de água/kg de peixe, alimentado na proporção de 2,5% do peso vivo ao dia e com conversão alimentar entre 0,9 e 1,5 (Hopkins e Mancini, 1992).

Sistemas de produção

É conveniente lembrar que os sistemas de produção não funcionam da mesma maneira, muitos estão baseados em idéias tradicionais enquanto outros mesclam conceitos novos e alta tecnologia. Tais sistemas estão diretamente relacionados às condições climáticas e sociais de cada lugar.

Os sistemas podem ser classificados de várias maneiras, sendo cada um com suas particularidades, assim como vantagens e desvantagens.

Um dos critérios de classificação é a maneira como a água é utilizada, sendo os sistemas abertos aqueles em que o meio é utilizado como local de cultivo, sem a necessidade de bombeamento de água; os semi-fechados, em que a água é direcionada de uma fonte até um local com infra-estrutura designada para a produção, sendo parte da água parcialmente recirculada por meio de bombeamento; e os fechados, em que a água é totalmente reutilizada no sistema após uma série de tratamentos (Landau, 1992a).

No Brasil, a classificação por produtividade é a mais empregada. Nessa se encontram os sistemas extensivos ou de baixa produtividade por metro quadrado e os semi-intensivos e intensivos com altas densidades de estocagem.

Determinados sistemas de produção podem receber mais de uma classificação. Exemplos são os sistemas de recirculação de água, que são denominados fechados e intensivos; os sistemas de tanques-rede, que são abertos e intensivos; e os viveiros, que podem ser extensivos e semi-intensivos. Por esse motivo, a descrição de cada sistema isoladamente torna-se a maneira mais fácil de elucidar as dúvidas pertinentes à produção comercial empregada no Brasil.

Produção em viveiros

O cultivo de peixes em viveiro é o sistema produtivo mais antigo na aquacultura. Os viveiros são áreas escavadas sem qualquer revestimento interno, preenchidos com água (Fig.1).



Figura1: Sistema de produção em viveiros

Em países onde o custo da terra é baixo, a mão-de-obra é barata e a temperatura ambiental é propícia, estes são os sistemas mais empregados, sendo necessárias grandes áreas alagadas para a produção comercial de peixes.

O cultivo em viveiros é conduzido de forma extensiva e semi-intensiva, sendo variável o grau de tecnificação, o uso de equipamentos de suporte e aspectos construtivos que otimizem o manejo, como caixas de despesca e monges.

A forma extensiva é praticada tipicamente por famílias que consomem a maior parcela da produção e vendem o restante. Utilizam cultura de machos e fêmeas e, muitas vezes, espécies diferentes no mesmo viveiro com baixa densidade de estocagem (1000 a 2000 peixes/hectare com ganho de 300 para 700 kg/ha/colheita).

Nesse tipo de criação, necessita-se de água para o enchimento dos viveiros e para a reposição das perdas causadas por infiltrações e evaporação. Em muitos países em desenvolvimento, esse tipo de produção tem um baixo status sócio-econômico-cultural, além de acesso limitado à tecnologia, mercados e crédito (Queiroz, 2003).

Os métodos de cultura extensivos tradicionais estão sendo substituídos por sistemas de produção intensivos e semi-intensivos devido ao aumento da demanda pelo mercado consumidor, à expansão da indústria, além do desenvolvimento e emprego de novas tecnologias. Em países com fontes de terra e água abundantes como os da América do Sul e Central, a produção mais significativa advém de viveiros, utilizando técnicas de manejo que possibilitem a intensificação da produção. Tais técnicas incluem o uso de aeração artificial (Fig.2), controle da entrada e saída da água, retirada eficaz dos dejetos, programa nutricional adequado e controle da qualidade da água.



Figura 2: Sistema de produção em viveiros com aeradores

Uma das maneiras de se alcançar melhores índices econômicos nesse sistema é por meio da criação de espécies que utilizem o alimento natural presente na água, minimizando o gasto com ração que sabidamente engloba de 60 a 70% do custo produtivo. Em sistemas desse tipo, utilizam-se fertilizantes para aumentar a produção de alimento natural (produção primária) e compor o alimento dado ao peixe (Focken *et al.*, 2000).

Em sistemas de cultivo em viveiros, estes são fertilizados com o objetivo de aumentar a produção natural de alimento e compor o alimento dado ao peixe (Focken *et al.*, 2000), sendo o tipo de adubação de fundamental importância. Preferencialmente, deve-se utilizar a adubação inorgânica em detrimento da orgânica. Brunnett (2000) comparou a produção de fitoplâncton (clorofila *a*) e rotíferos, utilizando adubação inorgânica (fosfato diamônio mais uréia) e adubação orgânica (capim napier). A produção de clorofila e a de rotíferos foi, respectivamente, de 106,1 µg/l e 3042 organismos/L para adubação inorgânica e de 23,5 µg/l e 1075 organismos/L para adubação orgânica. Além disso, na adubação inorgânica, não foram observadas taxas de oxigênio dissolvido abaixo de 2,5ppm. Já na adubação orgânica, o oxigênio dissolvido chegou a 1ppm.

Um importante nutriente para a adubação é o fósforo. Shrestha e Lin (1996) testaram estratégias de fertilização com fósforo em viveiros com base no nível de saturação de fósforo no sedimento. Cinco níveis de saturação de P do sedimento com três níveis de fertilização mostraram que a concentração de fósforo solúvel reativo (SRP) na coluna d'água aumentou com o aumento da saturação do sedimento e da taxa de fertilização. A máxima produção de biomassa de peixe (NFY), $4,2 \pm 0,3$ g/m³/dia, foi obtida com a SRP de 0,3 mg/l. Altas concentrações não aumentaram a produção de peixe. Esses níveis de SRP e NFY foram alcançados com fertilização de 0,2g , 0,1g e 0,05g/m³/dia quando os níveis de saturação de P no sedimento foram abaixo de 10%, acima de 45% e acima de 60%, respectivamente.

A fertilização de fósforo deve ser baseada no nível de saturação de P no sedimento. Em geral, recomenda-se, em viveiros semi-intensivos, 0,2, 0,1 e 0,07g/m³/dia para viveiros com saturação de sedimento abaixo de 50%, 50-80% e acima de 80%, respectivamente.

Numerosas estratégias de manejo semi-intensivas foram testadas no Panamá e Honduras para tilápia do Nilo estocada em 0,1ha de viveiro com densidades de 10.000 a 30.000 peixes/ha. Foram utilizados implementos nutricionais, como fertilizantes orgânicos, inorgânicos e rações. As maiores produções alcançadas (5300 kg/ha/por 150 dias) foram

obtidas com ração; entretanto, uma combinação de fertilizantes orgânicos e inorgânicos alcançou produções acima de 3685 kg/ha, sendo tão rentável quanto a primeira (Watanabe *et al.*, 2002).

Contudo, para uma produção mais intensiva em um sistema de viveiros, faz-se necessária, obviamente, a utilização de ração além das fertilizações. Yi e Lin (2000) analisaram vários tipos de administração de nutrientes em viveiros, indo da fertilização orgânica até o fornecimento de ração e avaliando a lucratividade do sistema e o impacto ambiental. Observaram que a utilização de fertilizantes (preferencialmente inorgânicos) mais ração foi a melhor opção tanto para lucratividade quanto para o impacto ambiental. Neste último parâmetro, observou-se que viveiros que receberam ração tiveram marcadamente menor perda de nutrientes no efluente quando comparados com viveiros que receberam altas taxas de fertilizantes.

A avaliação e o controle da qualidade da água nesse tipo de sistema são fundamentais, uma vez que se trata de um sistema limnológico complexo em que as variações na água são oriundas do metabolismo dos peixes além dos microrganismos que colonizam esse ambiente (Tavares, 1994).

Parâmetros como oxigênio dissolvido, pH, alcalinidade, dureza, série nitrogenada, temperatura e transparência têm que ser acompanhados constantemente de forma a promover o melhor desempenho e harmonia de todo o sistema (Kubitza, 2000a).

Um dos maiores problemas de qualidade de água na piscicultura intensiva é a concentração do nitrogênio inorgânico (NH_4^+ e NO_2^-), sendo que seu controle pode ser feito pela manipulação das taxas de C/N. O controle do nitrogênio ocorre pelo fornecimento de corpos carbonáceos para a flora bacteriana existente no plâncton, tendo como consequência a ingestão do nitrogênio presente na água para formação de mais proteína microbiana. A relação entre adição de carboidratos, redução de amônia e produção de proteína microbiana depende do coeficiente de conversão microbiana, da relação C/N na biomassa microbiana e do conteúdo de carbono no material adicionado. A adição de substratos carbonáceos parece reduzir o nitrogênio inorgânico de viveiros comerciais de tilápia. Segundo Avnimelech (1999), a relação ótima de C/N é em torno de 4.

Outro manejo simples, porém necessário, é o controle de pH e alcalinidade por meio da calagem (aplicação de calcário), o que ajuda na manutenção do pH neutro, devido a seu efeito tampão, além de promover uma maior alcalinidade da água, tornando maior sua produtividade (Kubitza, 2000b).

Outro ponto importante a ser observado é o impacto ambiental causado no momento da despesca dos viveiros, visto que um grande volume de água rica em matéria orgânica será drenado de uma só vez. Uma provável solução é a utilização dessa água para a irrigação de lavouras, já que o efluente gerado é extremamente rico em matéria orgânica, nitrogênio e fósforo, que são ótimos nutrientes para as plantas. Lin e Yi (2003) observaram que 32% do nitrogênio e 24% do fósforo das águas de efluente de piscicultura ficaram retidos em culturas de arroz.

Sistemas de recirculação de água

A recirculação, como o nome diz, é uma forma de cultivo em que a água após passar pelos tanques de produção, segue para o tratamento em filtros mecânico e biológico, retornando ao sistema por bombeamento (Fig. 3). A única água nova que entra é aquela para repor a que se perde durante os processos de tratamento e por evaporação. Essas perdas devem ser em torno de 5% do volume total do sistema por dia, variando de 2 a 10%.

A temperatura da água, os níveis de oxigênio dissolvido, a amônia e o nitrito são controlados pela combinação de troca de água, aeração e biofiltração. Dessa forma, é

possível manter sempre um alto fluxo de água passando no sistema sem que seja necessário gasto de água nova e sem que os elementos poluidores sejam lançados para o meio ambiente. É possível conceber sistemas desse tipo com efluente zero. Portanto, trata-se de um sistema mais seguro e economicamente viável, além do principal; ser ecologicamente correto.

Na Europa, são produzidas enguias (*Anguilla anguilla*) em densidades de estocagem médias de 90kg/peixe/m³, alcançando 200kg/m³ com a injeção de oxigênio puro no sistema (Gousset, 1990). Nos sistemas de Ahrensburg, Alemanha, a densidade de estocagem de carpas chega a 1kg de peixe para 2 litros de água. O custo de produção das carpas em recirculação mostrou equivalência em relação ao cultivo desses peixes em viveiros tradicionais (Hilge, 1979).

Um aspecto importante sobre os sistemas de recirculação, além da economia significativa de água, é que eles permitem total controle do seu ambiente interno, o que determina a produção e reprodução constantes, facilitando o abastecimento contínuo exigido pelos melhores mercados consumidores (Cash, 1994). A possibilidade de isolamento da criação permite a exclusão de parasitas, predadores e competidores indesejáveis. A necessidade de pequenas áreas é outra característica interessante da recirculação. Em Taiwan, por exemplo, não se admite a implantação de novos sistemas de aquicultura que não utilizem a recirculação hídrica (Liao, 1992).

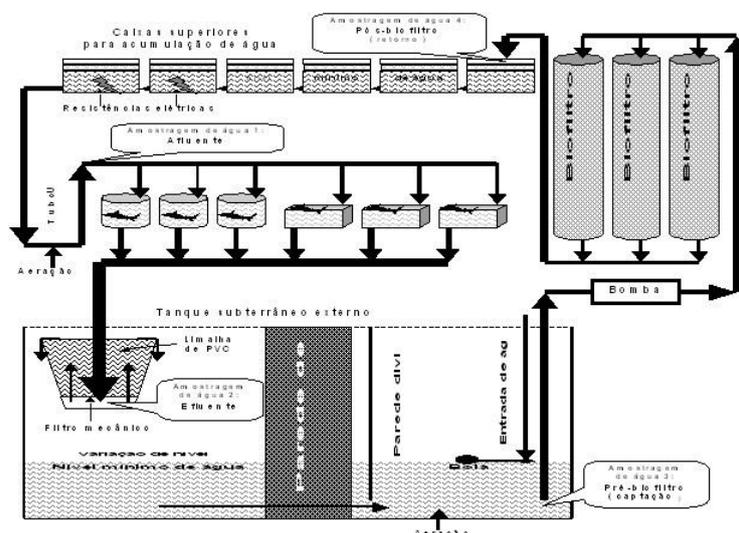


Figura 3: Esquema de um sistema de recirculação de água

Outra vantagem do sistema de recirculação é o de poder ser instalado em locais com pouca água superficial, em áreas muito valorizadas, como nas proximidades de regiões metropolitanas, ou seja, muito próximas a centros consumidores. Além disso, a utilização de estufas (Fig.4) e/ou galpões permite, ainda, a criação de espécies tropicais em regiões de temperaturas mais amenas, evitando, assim, a falta de regularidade de fornecimento e o prolongamento do ciclo produtivo.



Figura 4: Tanques circulares dentro de estufa em sistema de recirculação de água

O sistema de recirculação compreende basicamente as unidades de criação mais um conjunto de equipamentos, quais sejam:

- filtro mecânico: retirada de partículas maiores (geralmente $> 30\mu\text{m}$); ocupa pouco espaço e pode ser do tipo tambor (Fig.5), disco ou esteira;
- filtro biológico: retirada da amônia pela ação de bactérias autotróficas (Fig. 6) por processos de nitrificação e desnitrificação;
- flutuador: retirada de partículas menores;
- aeração: por meio de aeradores, difusores ou injetores de oxigênio; varia de acordo com a exigência da espécie e a densidade de estocagem;
- controle da temperatura: aquecimento, no caso de peixes de clima tropical;
- ozonificadores e ultravioleta: mais utilizados nos setores de incubação e larvicultura; têm como função a esterilização da água;
- bombas: responsáveis pelo retorno da água aos tanques de cultivo.

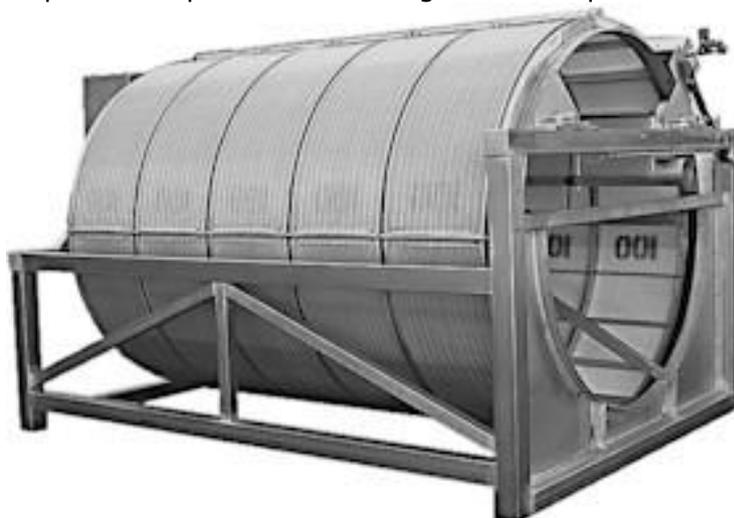


Figura 5: Filtro mecânico tipo tambor usado em sistema de recirculação de água



Figura 6: Colônias de bactérias autotróficas aderidas a pérolas de isopor

A fim de evitar a introdução de patógenos ao sistema, a água de abastecimento (água nova) deve ser filtrada, para retenção de partículas, e depois esterilizada. Com o mesmo objetivo, é imprescindível que se faça quarentena e tratamentos profiláticos em todo peixe a ser introduzido na recirculação.

Esse sistema pode mitigar a maioria dos impactos ambientais potenciais, reduzindo dramaticamente a quantidade de água utilizada e liberada. Os sólidos em suspensão que são retirados podem ser usados diretamente por distribuição no solo como ferti-irrigação, tratados em pequenas lagoas aeróbias, lançados diretamente na rede de esgoto (Losordo e Timmons, 1994), ou ainda desidratados e usados como adubo para floricultura, horticultura ou mesmo plantações domésticas.

Existem, basicamente, dois tipos de sistemas de recirculação: a completa e a verde. A completa é muito comum na Europa, onde as pisciculturas são intensivas com altíssima produtividade e localizadas em galpões fechados próximos aos centros consumidores, utilizando biofiltros compactos, ou seja, demanda pequenas áreas, sendo a água tratada reintroduzida ao sistema praticamente pura.

A recirculação verde, ou sistema *Deckel*, é assim chamada porque o tratamento biológico da água é realizado em lagoas de tratamento a céu aberto, o que conseqüentemente demanda maiores áreas. Isso ocasiona uma grande proliferação de microorganismos (produção primária), tornando característica a água com a coloração verde (Fig.7). Esse plâncton pode ser utilizado como fonte de alimento vivo para os peixes.



Figura 7: Sistema de recirculação em águas verdes (Deckel)

Sistema Deckel

O sistema *Deckel* consiste em um sistema de recirculação que necessita de grandes lagoas de sedimentação e tratamento aeróbio para que haja retirada eficiente da matéria orgânica e dos compostos nitrogenados e incorporação de microorganismos na água. Sendo assim, a área dispensada ao tratamento da água nesse sistema é maior que aquela encontrada em um sistema de recirculação completa, devendo ser instalada em áreas rurais ou de maior tamanho. Essa forma de recirculação é muito trabalhada em Israel (Fig. 8) e, atualmente, nos EUA.



Figura 8: Sistema *Deckel* em Israel

Esse sistema permite a utilização de alimento natural pelos peixes, minimizando os custos de produção desde que a espécie escolhida seja eficiente no aproveitamento desse

tipo de alimento (espécies filtradoras) e que esteja em densidades não superiores a 20kg/m³ (Ribeiro, 1997).

O Brasil tem grande potencial para se tornar um dos maiores produtores de carne de peixe do mundo. Falta apenas direcionamento na linha de trabalho da piscicultura nacional (Valenti *et al.*, 2000). O sistema *Deckel* pode ser a solução para vários problemas comuns no país, pois utiliza pouca água nova, podendo ser montado em regiões onde não existe abundância de água. Principalmente, é um sistema que não polui efluente nenhum. Sua água é toda reciclada e ainda fornece um suporte de alimento vivo para os peixes cultivados.

Tanque-rede

A produção em tanques-rede consiste no cultivo de peixes em gaiolas numa grande coleção de água o que possibilita uma eficiente troca de água e remoção dos dejetos (Fig.9 e 10).



Figura 9: Sistemas de tanques-rede e água doce



Figura 10: Sistemas de tanques-rede no mar

Os tanques são construídos em uma variedade de formas e materiais, tais como ferro, pvc e *nylon* e outros materiais sintéticos. As estruturas de suporte podem manter os tanques na superfície ou abaixo dela (Introduction..., 1999; Beveridge, 1996). Eles variam em tamanho de um a centenas de metros cúbicos e podem ter qualquer formato, tendo as formas quadrada, retangular ou cilíndrica como as mais típicas (Introduction..., 1999). Beveridge (1996) cita a existência de quatro tipos básicos de tanques-rede: fixos, flutuantes, submersíveis e submersos.

O cultivo nesse sistema representa cerca de 10% do peixe proveniente da aquicultura mundial sendo em águas marinhas ou salobras cerca de 700.000 toneladas ao ano. A produção do *Yellowtail* no Japão e do Salmão do Atlântico na Europa e Chile é quase exclusivamente baseada em tanques-rede (Beveridge, 1996). Para se ter uma idéia da importância do sistema neste país sul-americano, a produção aquícola chilena foi responsável por 25% da produção mundial, gerando 40.000 empregos diretos e indiretos e perfazendo um valor de US\$ 1 bilhão em exportações, com um crescimento de pelo menos 12% ao ano, de acordo com o Compêndio da Aquicultura Chilena – 1998 (Chile ..., 1998).

O Brasil reúne condições extremamente favoráveis para a aquicultura, em especial o seu grande potencial hídrico. São mais de 2,5 milhões de quilômetros quadrados em mar territorial e 5 milhões de hectares de água doce em reservatórios naturais e artificiais que poderão ser aproveitados na produção de organismos aquáticos. O cultivo de peixes nesse sistema é a alternativa de investimento de menor custo e maior rapidez de implantação, a qual possibilitaria um adequado aproveitamento desses recursos hídricos e a rápida expansão da piscicultura industrial no país. Existe um grande número de pesquisadores que indicam esse sistema como a alternativa mais realista para alavancar a piscicultura nacional.

Seguindo a orientação da Secretaria Especial de Aquicultura e Pesca do Governo Federal, cerca de 1% da área dos reservatórios de água doce pode ser utilizada, inicialmente, para a piscicultura sem que haja impacto ambiental. Sendo, então, 50000 hectares disponíveis correspondendo a 500 milhões de metros cúbicos, com uma produtividade média de 50kg/m³, obter-se-ia uma produção de aproximadamente 25 bilhões de toneladas por ciclo produtivo.

Em águas interiores, a espécie mais difundida é a tilápia. Vale destacar o trabalho realizado por cooperativas de produtores em reservatórios no médio e baixo São Francisco, como a barragem de Xingo e Paulo Afonso.

Uma grande vantagem do sistema de tanques-rede é a sua eficiência econômica. Comparações de produções intensivas de bagre-de-canal, nos EUA, entre tanques-rede e *raceways* confirmam que o capital inicial e o custo operacional para o cultivo em tanques-rede são menores do que em *raceways*. Como resultado, a lucratividade do sistema em gaiolas é mais alta (Beveridge, 1996; Collins e Delmendo, 1979). Outros estudos confirmam que a produção do bagre-de-canal em tanques-rede pode ser pelo menos tão lucrativo quanto em outros sistemas (Lowell *et al.*, 1982, citados por Beveridge, 1996).

Como os outros sistemas de cultivo, os tanques-rede usam diretamente os recursos aquáticos, promovendo impactos ambientais, assim como a introdução de patógenos. Além disso, os tanques ocupam espaço e podem dificultar a navegação, alterar as correntes e aumentar as taxas de sedimentação, em algumas regiões (Beveridge, 1996), portanto é necessário o acompanhamento das alterações ambientais, como forma de normatizar o desenvolvimento da atividade.

Esse sistema de cultivo apresenta grande vulnerabilidade. Os tanques geralmente estão situados em águas públicas ou corpos de água aproveitados por vários usuários, em que os produtores têm pouca ação para controle da poluição. Este é o maior problema, por exemplo, para os produtores do Japão (Tabira, 1980; Nose, 1985; Doi, 1991; citados por Beveridge, 1996), causando perdas de milhares de dólares por ano. Tal tipo de sistema também é mais susceptível a problemas com intempéries e é altamente vulnerável ao vandalismo e roubo (Beveridge, 1996; Webster *et al.*, 1996).

A escolha do local para o posicionamento dos tanques-rede deve considerar o acesso para o manejo diário e a renovação de água entre as gaiolas e o ambiente. Uma ótima condição de renovação de água está em torno de cinco renovações por minuto (1 a 10 renovações / min). Porém, os peixes não devem ser expostos a correntezas acima de 10 metros por minuto. Para aumentar a eficiência de troca de água no tanque-rede, deve-se direcioná-lo com a lateral de menor dimensão na direção da correnteza predominante (Schmittou, [199-?]).

A densidade de estocagem será reduzida com o aumento de volume dos tanques-rede devido à menor eficiência de troca de água em gaiolas maiores, no entanto a densidade de estocagem está intimamente associada à espécie e fase de cultivo.

Turra (2000) avaliou o desempenho do surubim (*Pseudoplatystoma* spp.) sob três densidades de estocagem, 20, 40 e 60kg/m³ em tanques-rede de 13,5m³ úteis, e concluiu que, com o aumento da densidade de estocagem, apesar de a taxa de ganho de peso ter decrescido, a conversão alimentar e a taxa de sobrevivência permaneceram constantes.

Barbosa *et al.* (2000) avaliaram o desempenho de tilápias (*Oreochromis* spp) sob três densidades de estocagem, 75, 125 e 175 peixes /m³ em tanques-rede de 4m³ úteis, e concluíram que, na maior densidade de estocagem, a conversão alimentar e a taxa de sobrevivência pioraram significativamente.

Sistemas de fluxo contínuo ou "Raceway"

Os sistemas de fluxo contínuo baseiam-se no abastecimento contínuo de água nos tanques de cultivo. São geralmente tanques retangulares (Fig. 11) ou circulares (Fig. 12) de concreto ou outro material que resistam ao atrito constante da água em suas paredes, são rasos e permitem uma grande densidade de estocagem .

A quantidade de entrada de água deve ser suficiente para promover a limpeza rápida dos tanques com máxima retirada de catabólitos, sem, contudo, exigir dos peixes um esforço exagerado para a natação, o que é extremamente desfavorável para seu pleno

desenvolvimento, uma vez que a energia que seria usada para seu crescimento estará direcionada para o exercício.

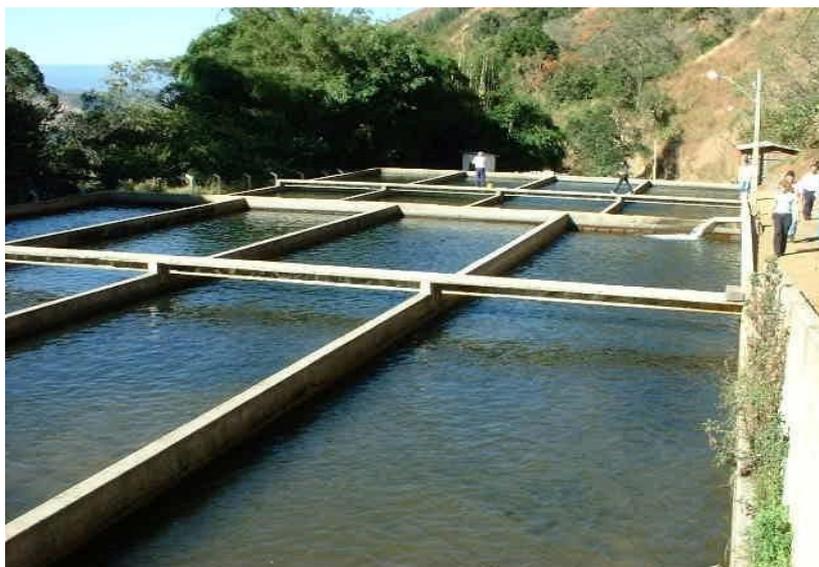


Figura 11: Sistemas de fluxo contínuo (*Raceway*) em tanques retangulares.

O fluxo ótimo de água nos tanques varia de acordo com a espécie e o estágio de vida, sendo recomendável 4 a 6 trocas de toda água dos tanques de cultivo em cada hora.

Salmonídeos são menos tolerantes a baixa qualidade de água, necessitando mais trocas que a tilápia e o *catfish*. Larvas e alevinos exigem menores velocidades, uma vez que essas ainda não têm força suficiente para o exercício de natação (Stickney, 1994).

À medida que a água passa pelos tanques, o oxigênio dissolvido diminui e a concentração de amônia aumenta devido a atividade metabólica dos peixes (Landau, 1992b).

Raceways podem ser sistemas abertos, ou seja, a água que entra não é reutilizada, ou fechados, em que a água pode ser reutilizada após tratamento e bombeamento, mas tal sistema pode se tornar inviável devido aos altos custos com energia (Avault, 1996).



Figura 12: Sistemas de fluxo contínuo (*Raceway*) em tanques circulares.

Como este sistema utiliza grandes volumes de água podem ser formadas baterias de até quatro tanques sucessivamente, onde a água passa do primeiro até o último, com cascadeamento entre eles para que haja reincorporação de oxigênio, otimizando, assim, o uso da água. Para tal, é desejável que o terreno apresente diferenças de nível maiores do que 6%, o que facilita a locação dos tanques de cultivo, assim como a maior eficiência na captação e drenagem dessa água. Vale ressaltar que a densidade de estocagem deve diminuir progressivamente do primeiro para o último tanque, uma vez que a água perde em qualidade à medida que passa por eles.

No Brasil, os truticultores utilizam basicamente o sistema de *raceway* aberto, já que necessitam de grandes volumes de água fria e de boa qualidade, sendo geralmente encontrados em terrenos com declividade favorável, o que ajuda na instalação do sistema.

Com a lei de cobrança sobre o uso e qualidade da água, os sistemas de *raceway* estão seriamente ameaçados, visto que o tratamento de um volume tão grande é técnica e economicamente inexecutável devido ao alto custo para bombeamento e reutilização dessa água.

Comparação entre sistemas de produção

Tabela 1. *Performance* comparativa entre sistemas de produção (200t /ano de enguias).

Características	<i>Raceway</i>	Viveiros	Recirculação
Volume total de água (m ³)	3.000	50.000	1.500
Entrada diária de água nova (m ³)	136.000	4.500	15
Superfície de terra necessário (m ²)	7.000	60.000	1.100
Densidade de estocagem média (kg/m ³)	35	2	200
Dias úteis para produção/ano	200	200	330
Ciclo de crescimento (10g - 130/140g)	16-20 meses	16-20 meses	9 -12 meses
Mão-de-obra necessária (pessoas)	5 - 6	6 -8	2 -3
Controle sobre a temperatura da água	zero	limitado	ótimo
Riscos de poluição por afluente/efluente	alto	alto	zero

Mão-de-obra necessária para classificação (homem - hora)	500	600	160
--	-----	-----	-----

Fonte: Ribeiro, 2004 (Comunicação pessoal; Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, MG).

A escolha do sistema de produção na piscicultura é totalmente dependente de fatores, como poder econômico, localização, espécie, mercado e ambiente, tendo cada um seu melhor custo-benefício em situações distintas.

O sucesso da aquicultura nos últimos anos em diversos países se deve ao emprego de tecnologia moderna, ao uso racional da água e a sustentabilidade econômica, não bastando preocupar-se com a intensificação dos sistemas produtivos, mas sim com a sua perpetuação.

Daniel V. Crepaldi^{1,5}, Edgar A. Teixeira¹, Paulo M.C. Faria², Lincoln P. Ribeiro³, Daniela C. Melo¹, Daniel Carvalho¹, Alexandre B. Sousa⁴, Helton M. Saturnino³

¹Doutorando em Ciência Animal, ² Mestrando em Zootecnia, ³Professor Adjunto Departamento de Zootecnia, Escola de Veterinária da UFMG, Belo Horizonte, MG, Brasil.

⁴Professor Adjunto, COLTEC-UFMG, Belo Horizonte, MG, Brasil.

⁵Correspondência: danielcrepaldi@hotmail.com

Referências

- Aquaculture** production statistics 1984 -1995. Roma: FAO Fisheries Circular, 2001.
- Avault JW**. Site selection and culture systems. In: Avault JW. *Fundamentals of aquaculture*. Baton Rouge: AVA, 1996. p.175-222.
- Avnimelech Y**. Carbon/nitrogen as a control element in aquaculture systems. *Aquaculture*, v.176, p.227-235, 1999.
- Barbosa ACA, Almeida LDV, Medeiros PAA, Fonseca BR**. Cultivo de tilápia nilótica em gaiolas flutuantes na Barragem do Assu, RN. In: International Symposium on Tilápia Aquaculture, 5, 2000, Rio de Janeiro.
- Proceedings ...* Rio de Janeiro: Panorama da Aquicultura, 2000. p. 400-407.
- Beveridge M**. *Cage aquaculture*. 2.ed. Oxford: Fishing News Books, 1996.
- Brasil**. Lei nº 9.433 de 08 de Jan. 1997. Dispõe sobre a política nacional de recursos hídricos. Brasília: *Diário Oficial da União*, Brasília, 8 de janeiro de 1997. Seção 4, art.21.
- Brummett RE**. Food organism availability and resource partitioning in organically inorganically fertilized Tilapia rearing ponds. *Aquaculture*, v.183, p.57-71, 2000.
- Cash G**. Understanding recirculation theory. *Austasia Aquacult*, v.8, p.92-112, 1994.
- Chile** set to boom: 500.000 tonnes by 2.000, says analysis. *Fish Farm Int*, v.25, p.5, 1998.
- Collins RA, Delmendo MN**. Comparative economics of aquaculture in cages, raceways e enclosures. In: Collins RA, Delmendo MN. *Advances in aquaculture*. Kyoto: FAO, 1979. p.72-477.
- FAO**. Inland Water Resources and Aquaculture Service, Fishery Resources Division. *Review of state of world aquaculture*. Rome: FAO, 2003. (Fisheries Circular).
- Focken U, Schleichriem C, Becker K**. Contribution of natural food and compound feed to the gut content of hybrid tilapia (*Oreochromis niloticus* x *Oreochromis aureus*) in pond culture. *Panor Aquacult*, v.1, p.157-162, 2000.
- Gousset B**. European eel (*Anguilla anguilla*) farming technologies in Europe and Japan: application of a comparative analysis. *Aquaculture*, v.87, p.209-235, 1990.

- Hilge V.** Biological and economics aspects of fish production in a closed warm-water system. In: Pillay, T.V.R., Dill, W.A. *Advances in aquaculture*. Farnham Royal, UK: Fishing New Books, 1979. p.505-508.
- Hopkins A, Mancini WE.** Aquaculture: opportunity now. *Aquacult Magaz*, v.18, p.44, 1992.
- Introduction** to intensive cage culture of warmwater fish. 1999. Disponível em: <www.ag.auburn.edu/dept/faa/cage.htm> Acesso em: 23 de abril de 2004.
- Kubitza F.** Adubação de viveiros e produção de tilápia. In: Kubitza F. *Tilápia: tecnologia e planejamento na produção comercial*. Jundiaí: Degaspari, 2000a. p.49-76.
- Kubitza F.** Qualidade de água na produção de tilápias. In: Kubitza F. *Tilápia: Tecnologia e planejamento na produção comercial*. Jundiaí: Degaspari, 2000b. p.19-27.
- Landau M.** Culture systems. In: Landau M. *Introduction to aquaculture*. New York: John Wiley, 1992a. p.112-118.
- Landau M.** Semiclosed systems. In: Landau M. *Introduction to aquaculture*. New York: John Wiley, 1992b. p. 154-161.
- Liao IC.** Aquaculture in Asia: status, constraints, strategies, and projects. In: *APO Symposium on Aquaculture*. Taiwan, 1992. *Proceedings ... Keelung*: Fisheries Research Institute, 1992. p.41-58.
- Lin CK, Yi Y.** Minimizing environmental impacts of freshwater aquaculture and reuse of pond effluents and mud. *Aquaculture*, v.226, p.57-68, 2003.
- Losordo TM, Timmons MB.** An introduction to water reuse systems. In: Losordo TM, Timmons MB. *Aquaculture water reuse systems: engineering design and management*. Amsterdam: Elsevier, 1994. p.1-6.
- Miranda MOT, Ribeiro LP.** Características zootécnicas do surubim *Pseudoplatystoma coruscans*. In: Miranda MOT. (Org.). *Surubim*. Belo Horizonte: IBAMA, 1997. p.43-56. (Coleção Meio Ambiente, Série Estudos Pesca, 19).
- Queiroz BM.** Produção de tilápias em viveiros, uma saída para piscicultura no Brasil? 2003. 11f. Seminário (Apresentado à disciplina Seminários de Zootecnia) - Escola de Veterinária, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte. 2003.
- Schmittou HR.** *Produção de peixes em alta densidade em tanques-rede de pequeno volume*. Campinas: Mogiana Alimentos, [199-?].
- Shrestha MK, Lin CK.** Phosphorus fertilization strategy in fish ponds based on sediment phosphorus saturation level. *Aquaculture*, v.142, p.207-219, 1996.
- Stickney RR.** Flowthrough Raceway Systems. In: Stickney RR. *Principles of aquaculture*. New York: John Wiley, 1994. p. 68-74.
- Ribeiro LP, Miranda, MOT.** Rendimentos do processamento do surubim *Pseudoplatystoma coruscans*. In: Miranda, M.O.T. (Org.). *Surubim*. Belo Horizonte: IBAMA, 1997. p. 101-111 (Coleção Meio Ambiente, Série Estudos Pesca, 19).
- Turra EM.** *Desempenho do surubim *Pseudoplatystoma spp.*, em tanques-rede, sob diferentes densidades de estocagem*. 2000. 31f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Escola de Veterinária, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte. 2000.
- Valenti WC, Poli CR, Pereira JÁ, Borghetti JR.** *Aqüicultura no Brasil, bases para um desenvolvimento sustentável*. Brasília: CNPq/Ministério da Ciência e Tecnologia, 2000. 399p.
- Watanabe WO, Losordo TM, Fitzsimmons K.** Tilapia production systems in the Americas: technological advances, trends, and challenges. *Rev Fish Sci*, v.10, p.465-498, 2002.
- Webster CD, Tidwell JH, Tiu LG, Yancey DH.** Culture, nutrition, and feeding of fish in cages. *Aquacult Magaz*, v.6, p.30-39, 1996.
- Yi Y, Lin CK.** Analyses of various inputs for pond culture of Nile tilapia: profitability and potential environmental impacts. *Panor Aquacult*. v.1, p.247-257, 2000.

Agradecimentos

Apoio financeiro da SEAP/PR.