

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
FACULDADE DE VETERINÁRIA
DISCIPLINA DE ESTÁGIO CURRICULAR EM MEDICINA VETERINÁRIA

USO DE SISTEMAS COM RECIRCULAÇÃO EM AQUICULTURA

Elaborado por: Maira Nesello Corso
Acadêmica de Medicina Veterinária

Porto Alegre
2010/2

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
FACULDADE DE VETERINÁRIA
DISCIPLINA DE ESTÁGIO CURRICULAR EM MEDICINA VETERINÁRIA

Uso de Sistemas com Recirculação em Aquicultura

Autor: Maira Nesello Corso

Monografia apresentada à Faculdade de Veterinária como requisito parcial para obtenção da Graduação em Medicina Veterinária.

Orientador: Prof. Danilo Pedro Streit Jr.

Co-orientador: Prof. Ender Rosana Oberst

PORTO ALEGRE

2010/2

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente aos meus pais, à minha mãe, Eda, pelo apoio incondicional durante os primeiros anos de faculdade e certamente mesmo estando ausente fisicamente, agradeço a ela por estar sempre ao meu lado em todas as etapas da minha vida; ao meu pai, Mario, agradeço pelo incentivo e pela cobrança quando necessária e também pelo apoio fornecido. Ao meu irmão, Tobias, por ter assumido papel por vezes de pai e por vezes de filho, mas sempre me aconselhando sobre a forma como deveria agir em momentos difíceis.

Aos meus amigos agradeço pelo companheirismo e pelas demonstrações de apoio nos momentos difíceis. Aos amigos conquistados no decorrer da faculdade, agradeço pelos ótimos momentos que me proporcionaram, das muitas risadas aos momentos sérios; ao lado de pessoas especiais como estas, sempre desfrutamos de momentos inesquecíveis. Aos novos amigos, muitos dos quais adquiridos na realização do estágio curricular, agradeço pelos bons momentos compartilhados e também pelo conhecimento transmitido. Aos amigos de infância agradeço por terem entendido por muitas vezes a minha ausência e mesmo assim terem mantido nossa amizade inalterada.

Aos professores que durante toda a faculdade me transmitiram conhecimento e aqueles que, além disso, me incentivaram no desenvolvimento acadêmico e pessoal, especialmente ao professor Danilo Streit Jr. e à professora Ender Oberst pela dedicação fornecida. Agradeço também as unidades concedentes de estágios pela oportunidade proporcionada.

RESUMO

A aquicultura mundial tem crescido intensamente nos últimos cinquenta anos (FAO, 2009). A aquicultura moderna envolve três componentes: a produção lucrativa, a preservação do meio ambiente e o desenvolvimento social (VALENTI, 2002). O intenso desenvolvimento da aquicultura tem gerado um aumento nos impactos ambientais (TACON; FOSTER, 2003).

As razões para iniciar a reutilização da água decorreram da falta de água, controle da poluição, riscos à saúde e prováveis ganhos econômicos. (EDING *et al.*, 2006). A recirculação é uma forma de cultivo na qual a água após passar pelos tanques de produção, segue para o tratamento em filtros mecânico e biológico, retornando ao sistema (CREPALDI *et al.*, 2006).

A única água nova que entra é quantidade necessária 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 (CREPALDI *et al.*, 2006). Através dos sistemas de recirculação aquícolas possibilita-se uma produtividade maior embora exija-se custos operacionais e de instalação maiores quando comparados aos outros sistemas de cultivo. (PAZ; DE LUCA; SINMA, 2005).

Palavras-chave:

Aquicultura sustentável, recirculação.

ABSTRACT

Aquaculture worldwide has increased dramatically over the past fifty years (FAO, 2009). The modern aquaculture involves three components: the profitable production, preservation of environment and social development (VALENTI, 2002). The intensive development of aquaculture has led to an increase in environmental impacts (TACON; FOSTER, 2003).

The reasons for starting the reuse of water emerging from the water shortage, pollution control, health risks and potential economic gains. (EDING et al., 2006). Recirculation is a cultivation technique in which the water after passing through the production tanks goes to the treatment of mechanical and biological filters, returning to the system (CREPALDI et al., 2006).

The only new water that enters in the system is the water needed to restore the amount that is lost during the treatment processes and evaporation. These losses should be around 5% of the total system volume per day (CREPALDI et al., 2006). By recirculating aquaculture systems to enable greater productivity while have an higher operation costs and installation when compared to other cropping systems. (PAZ; DE LUCA; SINMA., 2005).

Key-words:

Sustainable aquaculture, recirculation.

LISTA DE ABREVIATURAS

‰: Porcentagem

°C: Graus Celsius

g: Grama

GP: Ganho de peso

Kg: Quilograma

L: Litro

m²: Metro quadrado

m³: Metro cúbico

mg: Miligrama

TAN: Nitrogênio amoniacal total

TCE: Taxa de crescimento específico

UFRGS: Universidade Federal do Rio Grande do Sul

W: Watt

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1** *Pall-rings* utilizados na composição do filtro para o experimento de recirculação com tilápias do Nilo, no ano de 2008 por setenta dias..... 27
- Figura 2** Grânulos de polietileno de baixa densidade (*beads*), flutuam na água e servem como meio filtrante para a formação de biofilme. 28
- Figura 3** Filtro Biológico utilizado no experimento de recirculação. 29
- Figura 4** Laboratório com tanques de cultivo com e sem recirculação, no qual se evidenciam os componentes utilizados na recirculação. 29
- Figura 5** Gráfico do consumo de água, em litros, para a produção de 1 kg de peixe. CR: cultivo em tanque com recirculação; SR: cultivo em tanque sem recirculação. 31

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1** Média de peso das Tilápias-do-Nilo, em gramas, conforme o tempo decorrido de experimento. 30
- Tabela 2** Ganho de peso, em gramas, das Tilápias-do-Nilo cultivadas em tanques com e sem recirculação..... 30

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	9
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	10
2.1	Aquicultura	10
2.1.1	Aquicultura Atual.....	10
2.1.2	Aquicultura sustentável	13
2.2	Recirculação	14
2.2.1	Componentes do sistema de recirculação	17
2.2.2	Manejo de um sistema de recirculação	20
2.2.3	Manutenção da qualidade da água	24
3	EXPERIÊNCIA VIVENCIADA	26
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	30
5	CONCLUSÃO	33
	REFERÊNCIAS	34

1 INTRODUÇÃO

A aquicultura tem aumentado drasticamente nos últimos 50 anos, passando de uma produção de menos de um milhão de toneladas no início de 1950 para 51,7 milhões de toneladas em 2006. Destaca-se que o Brasil é o quarto país com maior taxa de crescimento anual na atividade citada (FAO, 2009). Além disso, o Brasil tem grande potencial de desenvolvimento devido aos seus reservatórios de água, clima favorável, terras e mão-de-obra disponíveis e ainda devido à demanda no mercado interno.

Em junho de 2009 ocorreu a criação do Ministério da Pesca e Aquicultura, através do qual estão previstas, entre outras, medidas de incentivo, a criação em cativeiro e também medidas de estímulo ao consumo de pescado. O Plano Mais Pesca e Aquicultura prevê que a produção de pescado deverá ter um aumento em torno de 40%, ou seja, a quantidade produzida deve passar de um milhão, produção atual, para uma produção futura de 1,4 milhão por ano.

O aumento desordenado da aquicultura traz consigo o aumento nos impactos ambientais. Para que seja possível conciliar o aumento da produção com um cultivo sustentável é necessário que se faça uso de tecnologias de produção. Dentre estas, encontra-se a recirculação. Através de sistemas de cultivo com uso de recirculação de água é possível produzir organismos aquáticos com liberação mínima de efluentes e utilizando-se apenas a reposição da quantidade de água que se perde por evaporação, que corresponde a aproximadamente 5% do volume total por dia (CREPALDI et al., 2006).

Esta monografia tem como objetivo fazer uma revisão bibliográfica e relatar um experimento realizado em laboratório sobre os sistemas de cultivo com recirculação, para dessa forma esclarecer dúvidas e fornecer informações sobre este sistema de produção.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Aquicultura

De acordo com o exposto por Roule em 1914 em seu “*Traité Raisonné de la Pisciculture et des Pêches*”, o homem utiliza a natureza, e dentre os múltiplos recursos que esta oferece, os recursos vivos aquáticos exercem fascínio sobre a humanidade no que diz respeito a sua exploração. A criação destes organismos se destaca historicamente, sendo experimentados, até os dias atuais, novos e antigos métodos de criação pelos povos de diversas localidades (TIAGO, 2007).

A prática da aquicultura é muito antiga. Pinturas egípcias mostram cenas de pesca e piscicultura; os romanos criavam organismos aquáticos em viveiros. Entretanto somente depois de séculos, nos países da Região Indo-Pacífica, primeiramente a China, ocorreu a expansão da aquicultura, como resposta à demanda alimentar causada pelo grande aumento demográfico e, também, de características hídricas propícias (TIAGO, 2007).

A aquicultura se caracteriza por três componentes: o organismo produzido deve ser aquático; deve existir um manejo para a produção; a criação deve ter um proprietário, ou seja, não é um bem coletivo como são as populações exploradas pela pesca. A aquicultura utiliza recursos naturais, manufaturados e humanos, tais como: terra, água, energia, ração, fertilizantes, equipamentos, mão-de-obra etc. (VALENTI, 2002).

2.1.1 Aquicultura Atual

A aquicultura mundial tem aumentado drasticamente nos últimos cinquenta anos, passando de uma produção de menos de um milhão de toneladas no início de 1950, para uma produção de 51,7 milhões de toneladas em 2006. A aquicultura está crescendo a uma taxa maior do que outros setores de produtos de origem animal (FAO, 2009).

O Brasil possui mais de 5 milhões de hectares de áreas alagadas em reservatório de hidrelétricas e uma costa de mais de 8.000 km. Segundo a Organização das Nações Unidas Para Agricultura e Alimento (FAO, 2009). O Brasil é um dos países de maior potencial para o desenvolvimento desse setor e é o quarto país com maior taxa de crescimento anual em aquicultura (DIDAQ, 2007).

Em consequência da falta de um programa nacional de apoio ao desenvolvimento da aquicultura, a atividade de cultivo não conseguiu suprir a redução de 1 milhão para 700 mil toneladas de pescado proveniente da atividade extrativista. Tal fato leva o Brasil a desembolsar anualmente mais de US\$ 350 milhões com a importação de pescado (QUEIROZ; LOURENÇO; KITAMURA, 2002).

Pode-se afirmar que o aproveitamento racional e otimizado do potencial da aquicultura no Brasil ainda é incipiente. Porém, mesmo com o baixo grau de desenvolvimento, a expansão dessa atividade tem gerado importantes mudanças sociais, econômicas e ambientais no meio rural brasileiro. Em contrapartida, tem causado diversos problemas de ordem técnica e ambiental. Evidencia-se claramente o potencial e os problemas da aquicultura brasileira, assim como a necessidade de organizar ações provenientes de diferentes segmentos visando o desenvolvimento sustentável do setor. (QUEIROZ et al., 2002).

A aquicultura moderna envolve três componentes: a produção lucrativa, a preservação do meio ambiente e o desenvolvimento social. Tais componentes são essenciais e indissociáveis para que a atividade seja duradoura (VALENTI, 2002).

O crescimento do número de empreendimentos de aquicultura no Brasil ocorre de maneira desordenada e nos mais variados corpos d'água. Levando, assim, a um descontrole ocasionado pela falta de políticas e instrumentos de gestão ambiental e de produção sustentada. Este fato é potencializado pelo excesso de normas legais sobrepostas em relação ao uso de recursos naturais e, também, aos espaços e ambientes essenciais ao desenvolvimento da aquicultura (TIAGO, 2007).

O intenso desenvolvimento da aquicultura tem sido acompanhado de um aumento nos impactos ambientais gerados por esta atividade. As descargas de efluentes provenientes da aquicultura que são ricos em nutrientes e matéria orgânica, e raramente tratados, quando liberadas em ecossistemas aquáticos podem levar a deterioração da qualidade ambiental além de trazer riscos de eutrofização (TACON; FOSTER, 2003).

De acordo com Tiago (2007), a prática da aquicultura apresenta alguns efeitos potências negativos, dentre eles:

- Enriquecimento orgânico do substrato e alteração da macrofauna;
- Enriquecimento de nutrientes e eutrofização;
- Efeitos nas comunidades de peixes nativos circundantes;
- Utilização de produtos químicos;
- Introdução de espécies exóticas e cruzamento entre populações cultivadas e nativas.

Como as demais indústrias, a aquicultura gera resíduos impactantes aos ambientes físico, químico e biológico. Com a expansão da atividade aquícola e avanços tecnológicos que permitiram a intensificação da produção, têm-se afirmando o fato de que tal atividade altera a estrutura e o funcionamento das comunidades naturais. Entretanto, um aspecto positivo da atividade, é que muitos desses efeitos potencialmente adversos podem ser amenizados ou eliminados utilizando-se de cuidados na localização e operação da atividade. Além destes cuidados, novas estratégias de cultivo podem ser utilizadas, amenizando ainda mais o impacto causado por esta atividade (TIAGO, 2007).

Motivado por tal problemática, a *Aquaculture Service and Conservation Service* – FAO/ONU – iniciou no ano de 2006 uma estratégia para o desenvolvimento e aplicação de uma “Abordagem Ecosistêmica da Aquicultura” (*Ecosystem Approach for Aquaculture*). Esta é uma estratégia para a integração da atividade no ecossistema mais amplo, para promover o desenvolvimento sustentável, a equidade e resiliência dos sistemas sociais e ecológicos interconectados (FAO, 2007).

Todas as formas de produção de alimentos, como qualquer outra atividade humana, afetam o meio ambiente (TIAGO, 2007). Reconhecendo-se a aquicultura como potencial causadora de impactos ambientais, pela utilização de recursos naturais, geração de poluição e interferências em níveis de biodiversidade, deve atentar-se à gestão ambiental dessa atividade, principalmente pelo seu desenvolvimento, atualmente acelerado, estar diretamente ligado a água, um recurso de múltiplos usos e essencial à qualidade de vida (TIAGO, 2007).

Frente à crescente exploração do meio ambiente e de seus recursos, e à necessidade de elaboração e implantação de políticas para um desenvolvimento sustentável, ressalta-se a necessidade de proteção e recuperação dos recursos hídricos, superficiais e subterrâneos, envolvendo a integração técnica, administrativa e política de setores que utilizam a água

diretamente como insumo, ou como corpo receptor dos despejos de suas atividades (TIAGO, 2007).

2.1.2 Aquicultura sustentável

A aquicultura depende fundamentalmente dos ecossistemas nos quais está inserida. É impossível produzir sem provocar alterações ambientais. No entanto, pode-se reduzir o impacto sobre o meio ambiente a um mínimo indispensável, de modo que não haja redução da biodiversidade, esgotamento e comprometimento dos recursos naturais e alterações significativas na estrutura e funcionamento dos ecossistemas (VALENTI, 2002).

Os impactos ambientais podem ocorrer durante a fase de implantação de um sistema de cultivo e durante a sua operação de acordo com VALENTI (2002). O mesmo autor ressalta que os principais impactos ambientais durante a fase de instalação do empreendimento são:

- Remoção da cobertura vegetal no local de construção dos viveiros;
- Remoção de mata ciliar para captação de água;
- Erosão com o carregamento de sedimento para cursos d'água naturais.

Já os principais impactos ambientais causados durante a fase de operação dos cultivos são:

Operação:

- Liberação de efluentes ricos em nutrientes (principalmente nitrogênio e fósforo) causando eutrofização de corpos d'água naturais;
- Liberação de efluentes ricos em matéria orgânica e sólidos em suspensão, aumentando a turbidez em corpos d'água naturais;
- Introdução de espécies exóticas e doenças no ambiente; introdução de substâncias tóxicas e drogas bio-acumulativas no ambiente.

Em países grandes produtores aquícola, PAZ; DE LUCA; SINMA (2005) destacam que entre os principais métodos empregados pelas autoridades para reduzir os efeitos ambientais negativos dos efluentes aquícolas, estão:

- Tratamento dos efluentes antes do lançamento, através do uso de bacias de sedimentação, dispositivos de filtração, sistemas de tratamento de águas residuárias, etc;
 - Limitação da concentração de materiais ou nutrientes dissolvidos/suspensos inorgânicos/orgânicos no efluente;
 - Restrição quantidade máxima de nutrientes específicos (nitrogênio ou fósforo);
- Uso banido ou regulamentado de determinados produtos químicos na atividade (pesticidas, herbicidas, antibióticos);
- Implantação de programas de monitoramento ambiental.

A sustentabilidade ambiental dos sistemas de produção pode ser melhorada por meio da implantação das boas práticas de manejo, ressalta VALENTI, (2002).

2.2 Recirculação

A aquicultura pode causar grandes impactos ambientais. Devido ao crescente desenvolvimento desta atividade, a repercussão dos impactos ambientais apresenta-se maximizada. Atualmente, evidencia-se grande interesse em reduzir tais impactos negativos, visando uma aquicultura sustentável. Um dos métodos mais promissores para a redução destes impactos ambientais é a utilização de sistemas de recirculação de água para diminuir a liberação de efluentes (ZELAYA et al., 2001).

No século passado, estudos microbiológicos evidenciaram grupos de bactérias capazes de reciclar alguns compostos nitrogenados que são prejudiciais aos organismos aquáticos. Baseadas nesses estudos, diversas equipes desenvolveram técnicas de filtração fazendo uso desse grupo de bactérias específicas, originando, assim, a filtração biológica (LOBÃO et al., 1999).

As razões para iniciar a reutilização da água decorreram da falta de água, controle da poluição, riscos à saúde e prováveis ganhos econômicos. Quando é feita a recirculação de água nos meios de cultivo, o oxigênio frequentemente é principal fator limitante dos

parâmetros de qualidade da água. No entanto, as concentrações de oxigênio podem ser facilmente restauradas com a utilização de aeração ou oxigenação (EDING et al., 2006).

Deve-se controlar também as concentrações de metabólitos, como nitrogênio amoniacal total ($TAN = NH_3-N + NH_4^+-N$), matéria orgânica suspensa e dissolvida e dióxido de carbono. Como NH_3-N é tóxica em níveis relativamente baixos, a eliminação de TAN é um dos principais objetivos na elaboração e exploração de um sistema de recirculação da aquicultura (EDING et al., 2006).

Devido ao fato de o metabolismo bacteriano requerer oxigênio, é necessário que o ar seja fornecido para o biofilme. Dessa forma, a medida que a água passa pelo filtro, vai sendo continuamente oxigenada, enquanto o dióxido de carbono vai sendo removido (EDING et al., 2006).

Grande variedade de filtros biológicos já foi descrita e desenvolvida, sendo a maioria baseada no mesmo processo, que consiste na mineralização de compostos orgânicos e desnitrificação através de atividade de bactérias, que vivem ou livres na água ou fixadas ao substrato do filtro, fazendo com que a principal função do filtro biológico seja possibilitar a oxidação da amônia para nitrito, através das Nitrossomonas e daí para nitrato, através da Nitrobacter (LOBÃO, 1999).

Para Eding et al. (2006) as vantagens dos filtros biológicos quando comparados com outros tipos de filtro usados na aquicultura são:

- Estabilidade do processo, devido a manter os níveis de oxigênio elevados;
- Remoção de CO_2 ;
- Disponibilidade de água fresca no verão
- Simples concepção, construção, operação e gestão.

Por outro lado, os mesmo autores apontam que as principais desvantagens dos filtros biológicos são:

- Derramamento de biofilme;
- Risco de entupimento, quando não devidamente projetados e operados.

Ressalta-se que para algumas espécies de peixes a remoção de sólidos adicional é necessária.

Sistemas fechados, ou seja, sem a liberação de efluentes, com tratamento e recirculação de água são comumente utilizados em laboratórios de pesquisa, grandes aquários

e no cultivo e manutenção de peixes ornamentais. A partir da década de 80, os estudos visando o uso de sistemas de recirculação se intensificaram no Japão, Estados Unidos, Israel e diversos países europeus (KUBITZA, 2006).

Sistemas pioneiros visando a recria e engorda de tilápias foram implementados no final da década de 90. Grande parte destes empreendimentos enfrentou problemas operacionais ou de viabilidade econômica que inviabilizaram a produção. Tal insucesso para Kubitzza (2006) é motivado por razões operacionais ou econômicas do sistema de recirculação, dentre as quais:

- Alto custo necessário para a implantação;
- Desconhecimento dos princípios básicos que regem o funcionamento do sistema;
- Falta de capacitação dos operadores e gerentes para compreender e atuar sobre as interações físicas, químicas e biológicas que determinam a integridade dos componentes do sistema;
- Uso de rações de baixa qualidade;
- Inadequado design do sistema ou a tentativa de operar com componentes inadequados;
- Incorreto dimensionamento, ou ausência de importantes componentes (filtros, biofiltros e sistemas de “backup”);
- Criação de espécies com preços de mercado que muitas vezes não conseguem remunerar o custo operacional e sequer são capazes de retornar o capital investido;
- Inadequado manejo sanitário e falta de conhecimento sobre boas práticas de manejo e de medidas profiláticas para evitar ocorrência de doenças.

Sistemas de recirculação em cultivos aquáticos demandam considerável investimento e capital operacional. Assim, deve-se cultivar espécies de bom valor de mercado e conduzir o cultivo de forma a otimizar o uso das instalações e a produção. Com isso é possível diluir importantes componentes de custo do empreendimento reduzindo os custos de produção e melhorando o retorno do capital investido (KUBITZA, 2006).

2.2.1 Componentes do sistema de recirculação

Um sistema de recirculação deve possuir seis componentes fundamentais. Processos e equipamentos adicionais podem ser inseridos para melhorar a eficiência de recomposição da qualidade da água e, assim, otimizar a produção do sistema (KUBITZA, 2006).

Os componentes básicos de um sistema de recirculação são: tanques de cultivo, decantadores e filtros, biofiltros, sistema de aeração/oxigenação, sistema de bombas e tubulações de drenagem e retorno e unidade de quarentena.

Embora tenha se empregado diversos formatos e designs de tanques de cultivo em sistemas de recirculação, os mais comuns ainda são os tanques circulares e octogonais, que facilitam a concentração dos resíduos sólidos no dreno central (KUBITZA, 2006). Porém de todos os aspectos da aquacultura moderna que foram estudados, nenhum determinou a forma e o tamanho ideal para os tanques de cultivo (BRAZ FILHO, 2000). Alguns sistemas usam tanques retangulares ou ovais, que possibilitam um melhor aproveitamento do espaço se comparados aos tanques circulares. A água de entrada é distribuída verticalmente na coluna d'água através de um tubo perfurado; entra em sentido tangencial à parede do tanque, sustentando uma corrente de água circular que facilita a concentração dos sólidos decantáveis no dreno central, que são conduzidos até o decantador ou cone por um tubo de pequeno calibre constantemente drenando os sólidos concentrados. O excesso de água geralmente sai do tanque por um dreno de superfície (KUBITZA, 2006).

Um dos principais problemas em um sistema de produção de pescado com recirculação de água é a remoção dos resíduos sólidos da água. Estes sólidos devem ser removidos, pois podem entupir o biofiltro, não fornecer oxigênio para as bactérias nitrificantes, além de reduzir o fluxo de água. Os sólidos podem ser removidos por sedimentação, por concentrador centrífugo ou por filtração mecânica. Uma vez retirados estes sólidos deverão ter um destino conveniente (BRAZ FILHO, 2000). Cones e decantadores podem ser usados para concentrar os sólidos decantáveis (partículas maiores que 100 micra ou 0,1mm). Filtros mecânicos com telas finas ou filtros fechados com meio filtrante de areia, cascalho ou esferas de plástico, filtros similares aos de de piscina, concentram e removem os sólidos em suspensão (partículas entre 40 e 100 micra). Sólidos dissolvidos (partículas menores que 40 micra) podem ser concentrados e removidos do sistema com o uso do

fracionador de espuma (KUBITZA, 2006). Os filtros mecânicos podem ser do tipo tambor, disco ou esteira (CREPALDI et al., 2006).

A filtração biológica é o processo pelo qual amônia é convertida primeiramente em nitrito e então para nitrato (BRAZ FILHO, 2000), dessa forma, os filtros biológicos são fundamentais para o bom funcionamento do sistema (KUBITZA, 2006). Geralmente consiste em uma caixa, tanque, cilindro, ou gaiola preenchida com um substrato que possibilite a fixação de bactérias nitrificadoras, que promovem a oxidação da amônia a nitrato (KUBITZA, 2006). Ou seja, consiste em um meio sólido contido em um recipiente no qual a água efluente é bombeada (BRAZ FILHO, 2000). Faz-se necessário dimensionar um biofiltro que remova o nitrogênio amoniacal e o nitrito com pouca manutenção e que esteja integrado no sistema no qual está operando (BRAZ FILHO, 2000). Diversos tipos de substratos podem ser utilizados nos biofiltros. Os mais comuns são areia grossa, cascalho, brita, esferas ou cilindros de plástico e flocos de isopor (KUBITZA, 2006).

O sistema de aeração/oxigenação deve fornecer a quantidade de oxigênio dissolvido na água necessário ao sistema (BRAZ FILHO, 2000). O sistema de aeração/oxigenação é composto por sopradores de ar e difusores, aeradores mecânicos de diversos tipos (aeradores de pá ou bombas de água), injeção direta de oxigênio gás e mesmo uma combinação entre dois ou mais tipos de aeração/oxigenação. Aeradores e difusores, quando inadequadamente dimensionados ou posicionados podem provocar excessiva agitação dentro dos tanques de cultivo, ressuspensão e fracionando os resíduos sólidos. Assim, é preferível concentrar a aeração em outros pontos do sistema, particularmente após a filtragem de sólidos em suspensão. O fracionador de espuma e o próprio biofiltro são pontos onde a aeração começa a ser aplicada. A maior parte da aeração geralmente é aplicada logo antes ou imediatamente após o biofiltro, reoxigenando a água que retornará aos tanques (KUBITZA, 2006). É importante que toda a tubulação de ar seja bem dimensionada, com o mínimo de curvas e divisões para que não haja perda de carga (BRAZ FILHO, 2000).

Em algum ponto do sistema é necessário instalar bombas para retornar a água tratada e reoxigenada para os tanques de criação. O dimensionamento de bombas e tubulações deve ser feito por profissionais com bom conhecimento em hidráulica, para evitar sub ou super dimensionamentos no sistema hidráulico do empreendimento (KUBITZA, 2006).

A unidade de quarentena deve ser fisicamente separada da unidade de produção, deve, também, contar com seus próprios tanques, filtros, biofiltros, sistema hidráulico e

equipamentos de aeração. Peixes recém chegados ao empreendimento devem permanecer em observação nesta unidade durante algumas semanas para certificar-se de que estão livres de organismos patogênicos. Durante a quarentena os peixes geralmente recebem tratamento profilático e terapêutico para eliminar potenciais parasitos ou tratar algum tipo de doença (KUBITZA, 2006).

Os sistemas de recirculação podem ser projetados sobre diferentes formas. Pode-se adotar um sistema com uma única linha de tratamento de água, este proporciona menor custo de implantação, porém, esta configuração apresenta alguns inconvenientes. Dentre estes inconvenientes, tem-se o risco de disseminação de alguma doença iniciada em um tanque para todos os demais tanques do sistema. O tratamento do sistema todo é mais oneroso e menos eficiente. Além disso, ainda há o risco dos produtos usados prejudicarem as bactérias do biofiltro. Também não é possível realizar vazios sanitários, a não ser que a produção seja paralisada por completo. Outro inconveniente é a necessidade de interferência em todos os tanques quando há necessidade de limpeza em biofiltros ou de reparo estrutural no sistema (KUBITZA, 2006).

Pode-se, também, adotar sistemas com todos os tanques isolados. Neste sistema cada tanque conta com seu próprio tratamento de água. Tal fato confere maior segurança quanto ao controle sanitário ou na necessidade de intervenções estruturais. No entanto, o investimento, a operação e a manutenção do sistema são mais onerosos, quando comparado aos demais sistemas. Por exemplo, são muitos filtros, biofiltros e bombas de pequeno calibre que necessitam de inspeção, manutenção e limpeza, aumentando a demanda por mão-de-obra. Essa concepção também dificulta o manejo diário, particularmente no que diz respeito ao monitoramento e correção da qualidade da água, que precisam ser personalizados para as condições de cada tanque (KUBITZA, 2006).

Um sistema que reúne diversos tanques em duas, três ou mais baterias com tratamento de água independente é uma situação mais equilibrada. Isso elimina muitos dos inconvenientes e, ao mesmo tempo, possibilita a manutenção de condições ambientais diferenciadas de acordo com a espécie ou grupo de espécies produzida em cada bateria, como temperatura e salinidade (KUBITZA, 2006).

2.2.2 Manejo de um sistema de recirculação

Alguns pontos são fundamentais para que o sistema de recirculação seja eficiente. Dentre tais pontos, tem-se: manutenção do bem estar dos peixes, manutenção da vazão de água e oxigênio, remoção dos resíduos sólidos, processo de nitrificação, restauração do oxigênio e eliminação do gás carbônico, fluxo de água, confiabilidade de funcionamento.

Os peixes devem ser alimentados com rações de alta qualidade, mantidos sob condições adequadas de qualidade de água e manejados corretamente para que se mantenha o bem estar desses animais e se tenha boa saúde, para que, dessa forma, expressem bem o seu potencial produtivo (KUBITZA, 2006).

As vazões de água e oxigênio devem ser mantidas para que se assegure um ambiente adequado para a produção de peixes, para isso é necessário que o funcionamento do sistema seja ininterrupto, para tal é importante que se tenha uma fonte reserva de energia. A principal causa da variação da vazão de água e oxigênio se deve a constrição que ocorre nas tubulações devido ao crescimento de algas, bactérias e fungos que proliferam em decorrência dos altos níveis de nutrientes e matéria orgânica existente na água. Tal alteração pode aumentar ou diminuir os níveis de água do tanque, reduzindo a eficiência da aeração e reduzindo a eficiência do biofiltro. Este problema pode ser amenizado como o correto dimensionamento da tubulação (MASSER; RAKOCY; LOSORDO, 1999).

A remoção de partículas sólidas é um dos principais problemas em recirculação (MASSER; RAKOCY; LOSORDO, 1999). Todos os contaminantes das águas residuais, exceto os gases dissolvidos, contribuem para aumentar a quantidade de resíduos sólidos (LAWSON, 2002), sendo que os sólidos gerados nos tanques de cultivo, como fezes e sobras de ração, são a principal fonte de resíduos orgânicos do sistema. Estes representam cerca de 20 a 30% da ração fornecida. O volume de sólidos gerados pode ser maior ou menor que tal valor, dependendo da qualidade da ração, do manejo alimentar adotado e da qualidade da água (KUBITZA, 2006).

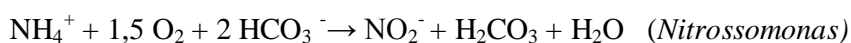
Os sólidos podem ser reunidos em três grupos :

- Decantáveis: são os de partículas maiores que 100 micra e representam cerca de 50% do total de sólidos. Estes sólidos são facilmente concentrados no dreno central no

fundo de tanques de formato circular e podem ser removidos do sistema utilizando cones ou tanques de decantação (KUBITZA, 2006).

- Em suspensão: partículas entre 100 e 40 micra, compõem cerca de 25% dos sólidos totais e saem dos tanques suspensos na coluna d'água. Estes sólidos somente podem ser removidos do sistema com o auxílio de filtros mecânicos, como filtros de tela, filtros de areia ou com meio filtrante de esferas de plástico (KUBITZA, 2006).
- Finos ou dissolvidos: incluem as partículas menores que 40 micra, grande parte abaixo de 20 micra, e diversas substâncias dissolvidas na água (aminoácidos, proteínas, carboidratos, entre outras). Parte destes sólidos somente podem ser retiradas do sistema com o auxílio de um equipamento denominado fracionador de espuma (KUBITZA, 2006).

Após removido o máximo possível dos sólidos, a água deve ser direcionada para os filtros biológicos ou biofiltros (KUBITZA, 2006). Sabe-se que a amônia é o principal resíduo nitrogenado liberado pelos peixes, resultando da digestão de proteínas (MASSER; RAKOCY; LOSORDO, 1999). O biofiltro é um substrato ao qual se fixam bactérias nitrificadoras do gênero *Nitrosomonas* (que realizam a oxidação da amônia a nitrito) e do gênero *Nitrobacter* (que oxida o nitrito a nitrato), ambas reações de oxidação ocorrem durante o percurso da água através do biofiltro. Durante a nitrificação são consumidos cerca de 4,6g de oxigênio para cada grama de amônia oxidada a nitrato. Além do consumo de oxigênio, ocorre a produção de gás carbônico e geração de acidez (íons H^+). O excesso de gás carbônico e a liberação de íons H^+ promovem uma gradual redução no pH e na alcalinidade total da água. Assim, além da recomposição do oxigênio e eliminação do excesso de gás carbônico através da aeração da água, após a passagem pelo biofiltro periodicamente faz-se necessária a aplicação controlada de calcário ou cal hidratada para recompor o pH e a alcalinidade da água do sistema (KUBITZA, 2006).



A eficiência da nitrificação depende de inúmeros fatores inerentes ao design e à construção do filtro biológico (KUBITZA, 2006). A adequada construção do filtro mostra-se de fundamental importância para o seu correto funcionamento, por exemplo, se o filtro não for bem construído pode ocorrer problemas relacionados as condições para o desenvolvimento bacteriano, dessa forma, como a conversão de amônia a nitrato é um processo aeróbico, e caso

se estabeleça uma condição anaeróbica, ocorrerá denitrificação, produzindo amônia através do nitrato existente (LAWSON, 2002). Além disso, deve-se manter condições ambientais favoráveis ao desenvolvimento e atividade das bactérias nitrificadoras. Estas condições devem ser continuamente monitoradas e, se necessário, corrigidas (KUBITZA, 2006).

O biofiltro deve ser adequadamente dimensionado para suportar a taxa de alimentação planejada para o sistema, de modo que a nitrificação ocorra a taxas mais rápidas ou no mínimo iguais a taxa de produção de amônia no sistema. Isso previne o acúmulo da amônia na água e seus consequentes prejuízos ao desempenho e a saúde dos peixes (KUBITZA, 2006).

Os biofiltros avaliados em sistemas de recirculação com peixes removem cerca de 0,2 a 0,6g de amônia/m² de área de contato do substrato no interior do biofiltro. Cada tipo de substrato possui uma superfície específica, que é a superfície de contato disponível para a fixação das bactérias (expressa em m²) para cada metro cúbico de volume do substrato. Por exemplo, um metro cúbico de areia fina possui uma superfície de contato equivalente a 5.000m², ou seja, a superfície específica da areia fina é de 5.000m²/m³. Para a areia grossa esse valor é de 2.300m²/m³. Esferas plásticas de 3mm possuem superfície específica próxima de 1.700m²/m³. Evidencia-se que quanto menor a partícula, maior é a superfície específica do substrato, porém seu uso é restrito pois há grande facilidade de entupimento, caso contrário, areia fina e grossa seriam excelentes substratos para os biofiltros. Alguns biofiltros sofisticados, como filtros com substratos fluidizados, mantêm as partículas de areia em suspensão, evitando o entupimento (KUBITZA, 2006).

Pode-se dizer que existem, basicamente, dois tipos de sistemas de recirculação: a completa e a verde. Sendo a recirculação completa muito comum na Europa, onde as pisciculturas são intensivas com altíssima produtividade e localizadas em galpões fechados, normalmente próximos aos centros consumidores, nessas utilizam-se biofiltros compactos que demandem pequenas áreas, nestes a água tratada é reintroduzida ao sistema praticamente pura (CREPALDI et al, 2006).

Já na recirculação verde, também chamada de sistema Deckel, o tratamento biológico da água ocorre em lagoas de tratamento a céu aberto, necessitando maiores áreas. Neste sistema ocorre uma grande proliferação de microorganismos, deixando a água com coloração verde. Esse plâncton pode ser utilizado como fonte de alimento vivo para os peixes (CREPALDI et al, 2006). Este sistema também pode ser usado para implantar a recirculação

em pisciculturas já existentes, ou mesmo em fazendas onde existem açudes, que podem utilizá-los como um grande filtro biológico (KUBITZA, 2006).

O sistema Deckel consiste em um sistema de recirculação que necessita de grandes lagoas de sedimentação e tratamento aeróbio para proporcionar uma eficiente retirada da matéria orgânica e dos compostos nitrogenados (CREPALDI et al, 2006). A melhoria na qualidade da água ocorre pois uma ampla comunidade de microorganismos é responsável por realizar a decomposição dos resíduos sólidos, enquanto que as bactérias nitrificadoras, as algas (fitoplâncton) e plantas aquáticas, tem a função de remover a amônia e o excesso de nutrientes da água que será retornada aos tanques de cultivo (KUBITZA, 2006).

Esse sistema permite a utilização de alimento natural pelos peixes, minimizando os custos de produção. Para isso, a espécie trabalhada deve ser eficiente no aproveitamento desse tipo de alimento, ou seja, espécies filtradoras, e que esteja em densidades não superiores a 20 kg/m³. Essa forma de recirculação é muito utilizada em pisciculturas de Israel e atualmente nos EUA (CREPALDI et al, 2006).

Após a passagem pelo biofiltro, a água deve ser aerada ou oxigenada de modo a recompor o oxigênio consumido e remover o gás carbônico gerado na respiração dos peixes, na decomposição de parte da matéria orgânica lançada no sistema e no processo de nitrificação. Em média, cada quilograma de ração fornecido resulta em consumo direto de 250g de O₂ pelos peixes e consumo indireto de até 140g de O₂ pelas bactérias do biofiltro, ou seja, 1 quilograma de ração gera um consumo aproximado de 400g de oxigênio no sistema. A restauração dos níveis de oxigênio é feita com o uso de sopradores de ar e difusores, sistemas de Venturi instalados em pontos do sistema onde há pressurização do fluxo de água, com aeradores mecânicos (propulsores, aeradores de pá, bombas de água, entre outros tipos) e também com a aplicação de gás oxigênio com o uso de equipamentos que possibilitem uma eficiente difusão deste gás na água do sistema (KUBITZA, 2006). A aeração é comumente realizada nos tanques de cultivo, este se apresenta como um local inadequado para tal, pois a concentração de oxigênio dissolvido pode aproximar-se da saturação o que é indesejável para o tanque de cultivo. Um local ideal para a realização da aeração da água é logo antes da reentrada da água no tanque de cultivo, neste local a concentração de oxigênio na água deverá estar em sua menor concentração, enquanto a concentração de dióxido de carbono deverá estar em seus níveis mais elevados (LOSORDO; MASSER; RAKOCY; 1998).

O fluxo de água através do sistema ocorre em parte por gravidade, em parte por bombeamento. A posição das bombas no sistema depende da distribuição vertical dos componentes do sistema e dos tipos de filtros e biofiltros utilizados. No momento do planejamento, o design do sistema deve ser concebido de modo a minimizar os pontos de bombeamento para reduzir as despesas com energia e manutenção, bem como os riscos decorrentes de falhas nos componentes do sistema (KUBITZA, 2006).

A operação do sistema demanda energia elétrica e a interrupção da mesma pode resultar em sérios problemas. Em cerca de 15 minutos à 1 hora a concentração de oxigênio na água pode cair para níveis letais. Desta forma, é preciso contar com um sistema de “backup” confiável. Geralmente são utilizados geradores, sistemas de alerta e até mesmo uma linha de distribuição e difusão de gás oxigênio diretamente em cada tanque (KUBITZA, 2006). O ideal é que estes sistemas de “backup” sejam ligados automaticamente em casos de falha (MASSER; RAKOCY; LOSORDO, 1999).

2.2.3 Manutenção da qualidade da água

Em sistemas de recirculação a qualidade da água deve ser mantida para o máximo crescimento dos peixes e para a máxima eficácia das bactérias no biofiltro (MASSER; RAKOCY; LOSORDO, 1999). Grande parte do sucesso na operação de um sistema de recirculação está na implementação de uma estratégia eficiente e econômica para o tratamento da água e na adoção de práticas adequadas de condução do cultivo (KUBITZA, 2006).

Para o sucesso do uso de recirculação, é fundamental que se utilize rações de boa qualidade. Isso se deve ao fato de o peixe depender inteiramente dos nutrientes fornecidos através da ração, já que a disponibilidade de alimento natural é mínima e não conseguiria suprir deficiências minerais e vitamínicas na ração. Além disso, o uso de ração com alta digestibilidade proporciona uma menor quantidade de resíduos sólidos, o que não gera sobrecargas nos componentes do sistema. Rações com adequado balanço energia/proteína e um bom equilíbrio em aminoácidos ajudam a reduzir a excreção de amônia pelos peixes, diminuindo o trabalho das bactérias nitrificadoras no biofiltro (KUBITZA, 2006).

Outro fato de fundamental importância para que se assegure a qualidade da água de cultivo é que deve se proceder a imediata retirada de sólidos do sistema, pois quanto maior for o tempo que esses sólidos permanecerem no sistema, maior será o consumo de oxigênio, a produção de amônia e de gás carbônico pelas bactérias e demais organismos responsáveis pela decomposição da matéria orgânica (KUBITZA, 2006). A rápida e eficiente remoção de partículas pode reduzir significativamente a demanda biológica que o biofiltro tem que suprir, melhorar a eficiência do biofiltro e, dessa forma, torna-se necessário um biofiltro menor, portanto através desse manejo é possível reduzir o tamanho total do biofiltro (MASSER; RAKOCY; LOSORDO, 1999), assim, do ponto de vista econômico é vantajoso que se realize a imediata retirada de sólidos do sistema, pois consegue-se economizar através da confecção de filtros menores (KUBITZA, 2006).

A nitrificação é um processo que gera acidez e consome oxigênio, dessa forma, a amônia gerada desnecessariamente dentro do sistema apresenta-se dispendiosa, pois aumenta os custos com aeração e, também, com o uso de corretivos da acidez /alcalinidade da água. As despesas tornam-se maiores caso haja ineficiência da remoção de sólidos. Tal fato leva ao aumento do consumo de oxigênio necessitando maior potência de aeração. Além disso, o acúmulo de matéria orgânica no sistema prejudica a operação dos filtros, fazendo necessário o uso de filtros de maior capacidade, retrolavagens e limpezas mais frequentes, ocasionando além de maior despesa, maior consumo de água. Além disso, o acúmulo de matéria orgânica cria condições para a proliferação de organismos patogênicos, impactando o bem-estar e saúde dos peixes, além de prejudicar o desempenho produtivo e a sobrevivência. (KUBITZA, 2006).

Faz-se necessário fornecer condições adequadas para a nitrificação, pois vários fatores ambientais prejudicam a função das bactérias que se encarregam dessa função (KUBITZA, 2006). Estas bactérias são gram-negativas e pertencentes à família Nitrobacteriaceae. A nitrificação é um processo predominantemente aeróbico, ocorrendo, dessa forma, somente nos locais onde há oxigênio disponível, que geralmente incluem a coluna de água e a superfície do sedimento (PEREIRA; MERCANTE, 2005). Deve-se atentar para os seguintes fatores ambientais: baixo oxigênio no interior do biofiltro, sendo o ideal acima de 4mg/L; baixo pH da água no biofiltro, o ideal é entre 7,0 e 8,0; acúmulo de matéria orgânica no biofiltro que favorece o desenvolvimento de bactérias heterotróficas e outros organismos que competem com as bactérias nitrificadoras (KUBITZA, 2006).

Para que o biofiltro seja eficiente deve-se fazer o correto dimensionamento, design e construção, para tal, é preciso que se atente para inúmeras informações, entre essas, as principais são: carga máxima de ração que será aplicada no sistema e a qualidade desta ração para saber quantos quilogramas de resíduos sólidos deverão ser gerados diariamente; qual a eficiência do sistema de remoção de sólidos; qual a taxa de remoção de amônia esperada das diferentes opções de biofiltro e para um substrato idêntico ou semelhante ao que se planeja usar; qual a taxa de passagem da água através do biofiltro e qual a disponibilidade de água para eventuais diluições (KUBITZA, 2006).

Quanto a qualidade da água alguns fatores devem ser monitorados, controlados e corrigidos quando houver necessidade. Dentre esses fatores, destacam-se: temperatura, oxigênio dissolvido, dióxido de carbono, pH, amônia, nitrito, nitrato, sólidos, alcalinidade e cloreto (MASSER; RAKOCY; LOSORDO, 1999).

Devem-se monitorar o nível e o fluxo de água nos tanques e filtros, comportamento, resposta alimentar e crescimento dos peixes; estado sanitário destes animais e os equipamentos que mantêm o sistema em operação (KUBITZA, 2006). Para situações de emergência, recomenda-se que o sistema tenha um reservatório de água, mantido com as mesmas características de temperatura e qualidade de água, para que seja possível realizar uma troca completa de água se essa for necessária (MASSER; RAKOCY; LOSORDO, 1999).

3 EXPERIÊNCIA VIVENCIADA

No ano 2008 realizou-se no Laboratório de Aquacultura do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS) um experimento, com duração de 70 dias, que teve como objetivo estudar o desempenho de um sistema de cultivo com recirculação, comparando-se este a um sistema de cultivo sem recirculação. Comparou-se o desempenho zootécnico dos peixes e a eficiência na economia de água entre os sistemas com e sem recirculação.

Para a realização do experimento utilizou-se materiais nacionais e de baixo custo. Desenvolveu-se o estudo em dois tanques de fibrocimento de 1000L que funcionavam paralelamente, representando situações de cultivo com e sem recirculação. Ambos os tanques

foram povoados com 50 Tilápias-do-Nilo (*Oreochromis niloticus*) que não sofreram reversão sexual. Cada tanque está equipado com dois aquecedores de 300W, regulados para a manutenção da temperatura da água entre 22°C e 26°C, por meio de um termostato.

O tanque com recirculação é conectado às unidades de tratamento por meio de uma tubulação associada a uma bomba hidráulica. A saída de água do tanque com recirculação ocorre através de uma estrutura denominada *stand-pipe*, que visa manter o nível de água no tanque. O *stand-pipe* foi construído objetivando a saída de água no fundo do tanque, para que sejam capturados os sólidos sedimentados no tanque.

A oxigenação da água no tanque com recirculação, necessária tanto aos peixes quanto aos microorganismos do sistema, é fornecida por duas colunas de aeração que funcionam paralelamente. Estas são estruturas construídas em cano PVC com 110 centímetros de altura e 20 centímetros de diâmetro, preenchidas com meios inertes de grande área superficial específica. Nestas colunas a água passa com fluxo descendente, favorecendo, assim, uma alta área de contato entre o ar atmosférico e a água de cultivo, oxigenando a água e liberando o excesso de dióxido de carbono. As colunas foram preenchidas por diferentes meios: em uma delas utilizou-se um material plástico específico para este tipo de uso, *pall-rings*, (**Figura 1**) e na outra foram utilizadas tampas de garrafas plásticas tipo PET.



Figura 1 - *Pall-rings* utilizados na composição do filtro para o experimento de recirculação com tilápias do Nilo, no ano de 2008 por setenta dias.

Construiu-se o filtro biológico de leito flutuante utilizado no sistema com recirculação com uma bombona plástica de 50L, preenchida com grânulos de polietileno de baixa

densidade derivados de reciclagem (**Figura 2**). Estes grânulos, também chamados de *beads*, flutuam na água e servem como meio filtrante para a formação de biofilme, que deve ter como função promover a nitrificação. Possuem dimensões médias de 5mm x 3mm x 2mm, apresentando alta área superficial específica. Internamente ao filtro, em sua parte inferior, foi instalada uma calha fabricada com acrílico, que tem como objetivo concentrar os sólidos sedimentados no interior do filtro durante sua retro-lavagem, reduzindo, assim, o volume útil do filtro para 48L.



Figura 2 - Grânulos de polietileno de baixa densidade (*beads*), flutuam na água e servem como meio filtrante para a formação de biofilme.

O filtro biológico possui fluxo ascendente, com uma entrada em sua parte inferior e uma saída em sua parte superior. Há ainda uma saída inferior para o escoamento do efluente da retro-lavagem. Todas as saídas e entradas do filtro são protegidas por uma tela de malha menor que as dimensões dos *beads*, para impedi-los de sair do filtro biológico (**Figura 3**).



Figura 3 – Filtro Biológico utilizado no experimento de recirculação.

No tanque sem recirculação realizavam-se trocas periódicas de água através de sifonamento e reposição, com o objetivo de manter a qualidade da água em níveis adequados. Durante o período de aclimação do filtro biológico também realizaram-se trocas periódicas de água de forma a evitar a deterioração da qualidade da água a níveis perigosos.

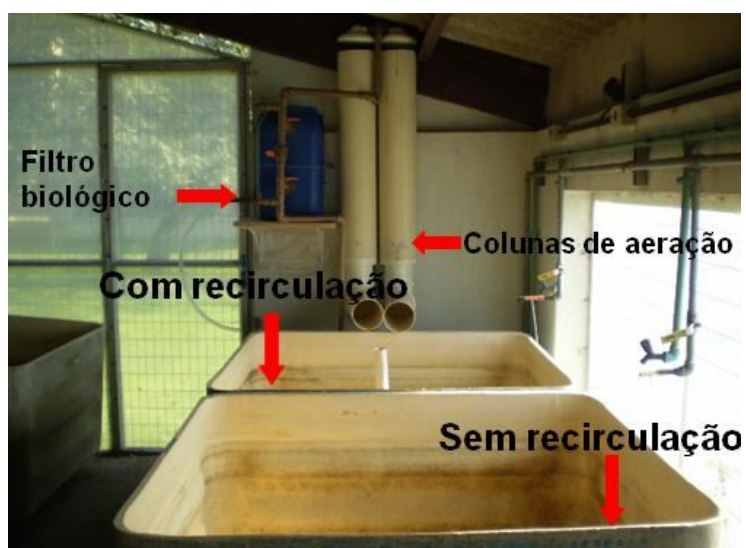


Figura 4 – Laboratório com tanques de cultivo com e sem recirculação, no qual se evidenciam os componentes utilizados na recirculação.

A reposição da água foi feita com água proveniente da rede de abastecimento urbano, sendo necessária a remoção do cloro residual. Este fato foi realizado utilizando uma solução de tiosulfato de sódio a 5% aplicada na dose de 0,11mL para cada litro de água repostada.

Monitorou-se a qualidade da água, diariamente aferiu-se a temperatura e o oxigênio dissolvido na água e semanalmente a concentração de nitrogênio amoniacal, alcalinidade e o pH.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O experimento relatado anteriormente obteve os seguintes resultados referentes ao peso dos peixes cultivados nos dois sistemas de cultivo:

Tabela 1 - Média de peso das Tilápias-do-Nilo, em gramas, conforme o tempo decorrido de experimento.

	Dia 0	Dia 35	Dia 70
Com recirculação	104,4	157,4	216,2
Sem recirculação	108,4	156,5	216,6

Através da utilização desses dados é possível conhecer a taxa de crescimento específico (TCE) obtido em cada um dos sistemas. Para isso utiliza-se a seguinte fórmula:

$$TCE(\%dia^{-1}) = \left(\frac{\ln W_f - \ln W_i}{t} \right) 100$$

em que: W_i = peso médio inicial (g); W_f = peso médio final (g); t = tempo de experimento (dias).

Dessa forma, a TCE obtida no sistema de cultivo com recirculação foi de 2,51% ao dia. Já a TCE obtida no sistema de cultivo sem recirculação foi de 2,39% ao dia.

Na **Tabela 2** estão os ganhos de peso (GP) obtidos no decorrer do experimento:

Tabela 2 - Ganho de peso, em gramas, das Tilápias-do-Nilo cultivadas em tanques com e sem recirculação.

	GP 0-35 dias	GP 35-70 dias	GP Total
Com recirculação	53	58,8	111,8
Sem recirculação	48,1	60,1	108,2

Conforme os dados apresentados anteriormente, não se evidenciou diferença no ganho de peso, taxa de crescimento específico e conversão alimentar aparente entre os sistemas com e sem recirculação ($P > 0,05$). Já o consumo de água necessário para a produção de 1 quilograma conforme cada sistema foi bem diferenciado. Enquanto o sistema de cultivo sem recirculação necessita de 3,58 m³ para produzir 1 Kg de peixe, o sistema de cultivo com recirculação necessita apenas 0,98 m³ de água para produzir a mesma quantidade, conforme evidenciado no gráfico:

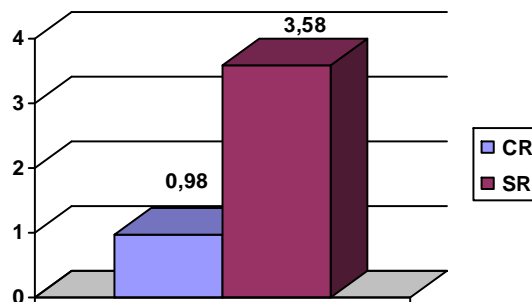


Figura 5 – Gráfico do consumo de água, em litros, para a produção de 1 kg de peixe. CR: cultivo em tanque com recirculação; SR: cultivo em tanque sem recirculação.

De acordo com os dados evidenciados no gráfico anterior, a economia de água nos diferentes sistemas de cultivo possui uma grande diferença. Ou seja, para produzir a mesma quantidade de peixe, o sistema com recirculação necessita apenas 27,5% do total de água necessário ao sistema sem recirculação.

Este fato justifica a importância de estudos como este, que mesmo não apresentando diferença significativa nos dados de produção, apresenta resultados positivos no que diz respeito à sustentabilidade da atividade. Fato este fundamental para a manutenção e o desenvolvimento da aquicultura na atualidade.

O sistema de recirculação possibilita economia hídrica, pois a única água nova que entra no sistema é a quantidade necessária para repor a água que se perde durante os processos de tratamento e por evaporação. Além disso, trata-se de um sistema mais seguro devido à diminuição ou ausência de liberação de efluentes. Dessa forma, a recirculação é um sistema economicamente viável e ecologicamente correto, tornando-o uma opção viável para a produção aquícola.

5 CONCLUSÃO

A recirculação é uma forma de cultivo na qual a água após passar pelos tanques de produção, segue para o tratamento em filtros mecânico e biológico, retornando ao sistema por bombeamento. A única água nova que entra é quantidade necessária 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 (CREPALDI et al., 2006).

Como se evidenciou no experimento descrito, o uso do sistema com recirculação foi vantajoso, pois proporcionou grande economia de água e menor liberação de efluentes no cultivo, causando menor impacto ambiental. Além disso, foi possível manter os mesmos índices zootécnicos nos dois sistemas de cultivo adotados.

A tecnologia para a produção de organismos aquáticos em sistemas fechados com tratamento e reuso de água já é uma realidade em diversos países e está disponível em literatura técnica e científica do setor (KUBITZA, 2006). Através dos sistemas de recirculação aquícolas possibilita-se uma produtividade maior embora exija-se custos operacionais e de instalação maiores quando comparados aos outros sistemas de cultivo. A recirculação necessita de mão-de-obra mais especializada e unidades de processo específicas para o tratamento da água, contribuindo para a sustentabilidade da atividade aquícola (PAZ; DE LUCA; SINMA, 2005).

Em poucos anos espera-se que o aprimoramento no *design*, nos equipamentos, na tecnologia de tratamento da água e nas estratégias de manejo da criação possibilite que a recirculação seja implantada e operada com menor custo e maior eficiência, resultando na produção de pescado a preço compatível com o obtido em outros sistemas de criação. Enquanto isso, decisões de investir nestes sistemas deve ser adotada com cautela (KUBITZA, 2006).

REFERÊNCIAS

- BRAZ FILHO, M. S. P. **Qualidade na Produção de Peixes em Sistema de Recirculação de Água**. São Paulo, 2000. p. 41
- CREPALDI, D. V., *et al.* Sistemas de produção na piscicultura. **Revista Brasileira Reprodução Animal**, Belo Horizonte, v.30, n.3/4, p.86-99, jul. 2006.
- DIDAO, Diretoria de Desenvolvimento da Aquicultura, 2007. Aquicultura. Disponível em: <<http://www.mpa.gov.br/mpa/seap/didaq/html2/index.html> >. Acesso em: 31 ago. 2010.
- EDING E. H., *et al.* Design and operation of nitrifying trickling filters in recirculating aquaculture: A review. **Aquacultural Engineering**, Wageningen, v. 34, p. 234–260, 2006.
- FAO, **El estado mundial de la pesca y la acuicultura 2008**. Departamento de Pesca y Acuicultura de la FAO. Roma, 2009. p. 196.
- FAO, Food and Agriculture Organization of the United Nations. **FAN - Aquaculture Newsletter**. Roma, n. 38, nov. 2007.
- KUBITZA, F. Sistemas de Recirculação: sistemas fechados com tratamento e reuso da água. **Panorama da Aquicultura**, Rio de Janeiro, v. 16, n. 95, p. 15-22, mai. 2006.
- LAWSON, T. B. **Fundamentals of Aquacultural Engineering**. 2 ed. Massachusetts: Kluwer Academic Publishers, 2002.
- LOBÃO, V. L., *et al.* Estudo comparativo entre quatro métodos de sistemas fechados de circulação em larvicultura de *Macrobrachium rosenbergii*. **Boletim do Instituto de Pesca**, São Paulo, v. 25, p. 101-109, 1999.
- LOSORDO, T. M., MASSER, M. P., RAKOCY, J. **Recirculating Aquaculture Tank Production Systems - An Overview of Critical Considerations. Revision**. Southern Regional Aquaculture Center, Mississippi, n. 451, 1998.
- MASSER, M.P., RAKOCY, J., LOSORDO, T. M. Recirculating Aquaculture Tank Production Systems - Management of Recirculating Systems. Revision. **Southern Regional Aquaculture Center**, Mississippi, n. 452, 1999.
- PAZ, M.F.; DE LUCA, S.J.; SINMA, E.A. Desenvolvimento sustentável e a qualidade das águas de efluentes de sistemas aquícolas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 23, 2005. **Anais**. Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental. Campo Grande, 2005.
- PEREIRA, L.P.F.; MERCANTE, C.T.J. A amônia nos sistemas de criação de peixes e seus efeitos sobre a qualidade da água. Revisão. **Boletim do Instituto de Pesca**, São Paulo, v. 31, n. 1, p. 81-85, 2005.

QUEIROZ, J.F.; LOURENÇO, J.N.P.; KITAMURA, P.C. **A Embrapa e a Aquicultura, Demandas e Prioridades de Pesquisa**. Embrapa Informação Tecnológica. Brasília, 2002.

TACON A.G.J.; FOSTER I.F. Aquafeeds and the environment: policy implications. **Aquaculture**. n. 226 , p. 181-189, 2003.

TIAGO, G.G. **Aquicultura, Meio Ambiente e Legislação**. 2 ed. São Paulo: Gláucio Gonçalves Tiago (Editor), 2007.

VALENTI, W.C. Aquicultura sustentável. In: CONGRESSO DE ZOOTECNIA, 12º, 2002, Vila Real, Portugal. **Anais**. Vila Real: Associação Portuguesa dos Engenheiros Zootécnicos, 2002. p. 111-118.

ZELAYA, O.; BOYD *et al.* Effects of Water Recirculation on Water Quality and Bottom Soil in Aquaculture Ponds. In: EIGHTEENTH ANNUAL TECHNICAL REPORT, POND DYNAMICS/AQUACULTURE CRSP. Oregon, 2001.