

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS – UFAL
INSTITUTO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E DA SAÚDE
Programa de Pós-Graduação em Diversidade Biológica e Conservação nos
Trópicos/PPG-DIBICT

ALINNE DUÉ

QUALIDADE DA ÁGUA EM CANAIS DE ABASTECIMENTO COM CULTIVO DE
COLOSSOMA MACROPOMUM (CUVIER, 1816)

MACEIÓ
2011

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS – UFAL
INSTITUTO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E DA SAÚDE
Programa de Pós-Graduação em Diversidade Biológica e Conservação nos
Trópicos/PPG-DIBICT

ALINNE DUÉ

QUALIDADE DA ÁGUA EM CANAIS DE ABASTECIMENTO COM CULTIVO DE
***COLOSSOMA MACROPOMUM* (CUVIER, 1816)**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Diversidade Biológica e Conservação nos Trópicos, Instituto de Ciências Biológicas e da Saúde. Universidade Federal de Alagoas, como requisito para obtenção do título de Mestre em CIÊNCIAS BIOLÓGICAS, área de concentração em Conservação da Biodiversidade Tropical.

Orientador: Prof. Dr. Emerson Carlos Soares
e Silva

MACEIÓ
2011

Catálogo na fonte
Universidade Federal de Alagoas
Biblioteca Central
Divisão de Tratamento Técnico

Bibliotecária: Helena Cristina Pimentel do Vale

- D852q Dué, Alinne.
Qualidade da água em canais de abastecimento com cultivo de *Colossoma macropomum* (Cuvier, 1816) / Alinne Dué. – 2011.
71 f. : il.
- Orientador: Emerson Carlos Soares e Silva.
Dissertação (mestrado em Diversidade Biológica e Conservação) – Universidade Federal de Alagoas. Instituto de Ciências Biológicas e da Saúde. Maceió, 2011.
- Inclui bibliografia e apêndices.
1. Piscicultura. 2. Tambaqui. 3. *Eichhonia crassipes*. 4. *Colossoma macropomum*. I Título.

CDU: 597

DEDICATÓRIA

À infinita bondade do meu pai celestial.

*Ao meu paiinho Cícero Dué da Silva, pelo suporte que me proporcionou. O senhor está
sempre no meu coração.*

À minha amada e paciente mainha, Maria de Fátima Ramos da Silva.

Aos meus queridos irmãos, Ana Cecília e Arthur Dué.

À minha família pelo apoio incondicional.

AGRADECIMENTOS

Agradeço em primeiro lugar a Deus por ter me dado força e sabedoria para a realização deste trabalho e pelas oportunidades que me propicia diariamente, afim de que concretize os meus ideais.

A meus pais: Cícero Dué da Silva (in memoriam) e Maria de Fátima Ramos da Silva pelo incentivo e por ter sempre me mostrado o grande valor dos estudos na formação do ser humano.

Aos meus avós paternos: José Dué da Silva (in memoriam) e Aurelita Leandro da Silva; aos meus avós maternos: Expedito Ferreira da Silva (in memoriam) e Maria de Lourdes Ramos da Silva (in memoriam) que plantaram e cultivaram em mim a semente da solidariedade, compaixão e amor.

Aos meus irmãos: Ana Cecília Ramos Ferreira da Silva e Arthur Amorim Dué que sirva de exemplo. Aos meus familiares, por entender o meu isolamento no campo e no computador, sem o qual este trabalho não poderia ser concluído.

Ao Profº Drº Emerson Carlos Soares e Silva, meu orientador, quem sempre transmitiu confiança e sabedoria. Principalmente agradeço, pelos incentivos e, por ter acreditado em mim para o pleito de um trabalho que exige muita dedicação. Foi uma honra tê-lo como orientador. Muito Obrigada!

Aos meus amados amigos Mônica Carnaúba, Bárbara Laine, Eline Deise, Carmem Barros, Leila Patrícia, Jânio Pereira, Geraldo Slatter, Jabson Arruda, Manuel Jerónimo (Seu Saraiva), Jorge Barros e Nikolas Barros pelo grande incentivo e momentos de descontração.

Ao Miguel Ângelo Coordenador dos arranjos produtivos locais do governo de alagoas, pelo interesse na concretização deste trabalho e pela obtenção de recurso para o projeto.

Ao Adeildo Júnior aluno do curso de Química da UFAL, pela colaboração nas análises química da água.

Ao Profº Drº José Milton Barbosa, da UFRPE, pelas valiosas sugestões.

A Profª Drª Edma Carvalho de Miranda, do Instituto de Química e Biotecnologia da UFAL, por ceder o seu laboratório para a execução das análises química da água.

Aos alunos do curso de Engenharia de Pesca da UFAL/Penedo, pelos acompanhamentos nos experimentos e pelas observações feitas para o enriquecimento do trabalho.

Ao PPG-DIBICT/UFAL (Coordenadores, Professores e Funcionários), pelo desenvolvimento do curso, colaboração e apoio.

A todos os meus colegas do curso de mestrado, especialmente a Juliana Braga (Júris), Maria Lilian (Lili), Victor Cedro e Cristiano Melo, pela troca de experiências científicas, aos bons momentos de amizade, companheirismo e inesquecíveis momentos de descontração e alegria que fizeram parte do nosso dia a dia em sala de aula.

A Ana Helena Chefe e Engenheira de Pesca da CODEVASF/Estação de Piscicultura de Betume pela atenção, apoio, confiança, compreensão, desprendimento e valiosa orientação.

Aos meus amigos recentes Rafael Santos (Barreiro), Michael Anderson (Xarope), Gilmar, Galego (segurança) e Vado (segurança) da CODEVASF/Estação de Piscicultura de Betume pela amizade, atenção, colaboração e apoio. Aos funcionários da CODEVASF/Estação de Piscicultura de Betume, Júlio Neto, Zé côco, Galego, Juveno, Juvandi, Zé Punça, Miúdo, Márcio, seu Manoel Serrão, Vander, seu Batista, seu Orlando, Gabi, Zé pôpo e Nido, cujo saber, paciência, companheirismo e, sobretudo, desprendimento em repassar seus conhecimentos, contribuíram para a realização deste trabalho.

Enfim, a todos aqueles aqui não declinados nominalmente, que com seus conhecimentos, comentários, sugestões e apoio tornaram possível a realização deste trabalho.

“É preciso ousar, aprender a ousar, para dizer NÃO à burocratização da mente a que nos expomos diariamente”. “É preciso ousar para jamais dicotomizar o cognitivo do emocional. Não deixe que o medo do difícil paralise você”.

Paulo Freire

RESUMO

A atividade de criação de organismos aquáticos é bastante promissora e necessita de certos cuidados a fim de produzir alimento de melhor qualidade, com menor custo e em áreas onde se emprega as boas práticas de manejo. Com o intuito de diminuir as lacunas existentes entre o setor produtivo do pescado em relação ao meio de cultivo ambientalmente sustentável, o presente trabalho tratou de avaliar e proporcionar uma melhor qualidade de água em canais de abastecimento com cultivo de tambaqui (*Colossoma macropomum*). Inicialmente foi utilizado um canal com 35 metros de extensão, que apresenta um formato trapezoidal, seccionado com telas de arame revestido por zinco e PVC. Os estudos foram conduzidos em duas etapas; o experimento inicial determinou as taxas de densidade de estocagem do tambaqui com duração de 40 dias. Em etapa posterior, foi testada a inclusão de biofiltros contendo *E. crassipes* com intuito de caracterizar o efluente decorrente do cultivo, este último com duração de 60 dias. Em ambos experimentos, foram monitoradas as variáveis físico-química da água. No primeiro experimento as análises realizadas por meio de uma ANOVA e teste de Tukey ($p < 0,05$) comprovaram que a qualidade de água nos canais de abastecimento não foram influenciadas pelas densidades de cultivo, tão pouco ocorreram mudanças nos parâmetros corpóreos dos peixes nos diferentes tratamentos do estudo. Enquanto que o segundo experimento foi constatadas diferenças significativas ($p < 0,05$) entre a amônia, alcalinidade e dureza do efluente dos dois sistemas de tratamento, contudo foi comprovado a eficiência do aguapé na remoção de nutrientes como o fósforo, sendo recomendado, o seu uso em sistemas de criação.

Palavras-chave: Tambaqui. Densidade de estocagem. Biofiltro de aguapé.

ABSTRACT

Title: Water quality in supply channels with cultured *Colossoma macropomum* (Cuvier, 1816)

The activity of creation of aquatic organisms in the country is hopeful and caring for the environment provide the best quality production. The objective this study was to evaluate water quality in supply channels with cultured tambaqui (*Colossoma macropomum*). We used a supply channel 35 meters long, which has a trapezoidal shape, cut with wire mesh and PVC coated zinc. Two studies, the initial experiment determined the rates of stocking density on tambaqui culture system (duration of 40 days), then the characterization of the effluent arising from the cultivation of tambaqui in channels using biofilters containing *E. crassipes* lasting 60 days. In both experiments, were monitored physico-chemical water. In the first experiment, the analysis performed by an ANOVA and Tukey test ($p < 0.05$) showed that water quality in the supply channels were not influenced by planting densities, so little tangible changes have occurred in the parameters of fish in different treatments of the study. While the second experiment for significant differences ($p < 0.05$) between ammonia, alkalinity and hardness of the effluent treatment systems of the two, however it was proven the efficiency of water hyacinth in the removal of nutrients such as phosphorus, which recommended the its use in farming systems.

Key-word: Tambaqui. Stocking density. Macrophyte biofilter.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Estrutura esquematizada do canal de abastecimento e distribuição das densidades e área de alívio.....	38
Figura 2 – Vista parcial do canal de abastecimento com detalhe das áreas seccionadas. Áreas de alívio (A).....	38
Figura 3 – A: <i>Flavobacterium columnare</i> encontrado no raspado do corpo dos exemplares de tambaqui. B: Platelmintos monogenéticos fixados às lamelas branquiais.....	39
Figura 4 – Esquema das seções do canal. A - primeira e terceira quinzena com presença de peixe e aguapé. B – segunda e quarta quinzena - presença de peixe e ausência de aguapé (Vz-vazio).....	56
Figura 5 – Níveis de fósforo e amônia nos tratamentos com presença e sem presença de aguapé.....	62

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Valores médio±desvio-padrão das variáveis de qualidade de água durante o cultivo de tambaqui em canais de abastecimento, nos diferentes blocos em 40 dias de experimento.....	41
Tabela 2 - Valores médio±desvio padrão das variáveis de qualidade de água durante o cultivo de tambaqui em canais de abastecimento, em diferentes horários e semanas do período experimental.....	42
Tabela 3 - Valores médio±desvio padrão das variáveis de qualidade de água durante o cultivo de tambaqui em canais de abastecimento, em diferentes densidades de estocagem e semanas do período experimental.....	44
Tabela 4 - Valores médio±desvio das variáveis de qualidade de água durante o cultivo de tambaqui em canais de abastecimento, em diferentes períodos do experimento.....	47
Tabela 5 - Valores médio±desvio dos parâmetros de desempenho de tambaqui cultivados em canais de abastecimento, em diferentes densidades.....	47
Tabela 6 - Valores médio±desvio padrão das características limnológicas da água do efluente tratado com e sem presença de aguapé durante o período estudado.....	58
Tabela 7 - Produção de biomassa do aguapé em cada etapa experimental.....	63

LISTA DE ABREVIATURAS E SIMBOLOS

m^3	metro cúbico
m^2	metro quadrado
g	grama
NH_3	Amônia não Ionizada
$NH_3 + NH_4^+$	Amônia Total
NO_2	Nitrito
mg/L	Miligrama por Litro
mL	Mililitro
μL	Microlitro
mg	Miligrama
μS	MicroSiemens
OD	Oxigênio Dissolvido
Kg	Quilograma
CAA	Taxa de Conversão Alimentar Aparente
CMFI	Consumo Médio no Final do Experimento
GP	Ganho de Peso
TS	Taxa de Sobrevivência
TCE	Taxa de Comprimento Específico
pH	Potencial Hidrogeniônico
Ln	Logaritmo natural
°C	Graus Celsius
L	Litro
CEP	Crescimento Específico em Peso
TDS	Total de Sólidos Dissolvidos
DBO	Demanda Bioquímica de Oxigênio

SUMÁRIO

1 Apresentação.....	14
Referências	15
2 Revisão da literatura	17
2.1 Piscicultura e Meio Ambiente	17
2.2 Piscicultura em canais	17
2.3 O tambaqui: biologia e cultivo	19
2.4 Qualidade da água na piscicultura.....	20
2.5 O uso de macrófitas aquáticas no tratamento de efluentes da aquicultura.....	23
Referências	25
3 Características limnológicas de canais com cultivo de tambaqui em diferentes densidades de estocagem.....	31
Resumo.....	31
Abstract.....	31
3.1 Introdução	32
3.2 Material e Métodos	34
3.2 Resultados e Discussão	36
Referências	46
4 Eficiência do aguapé na qualidade da água em canais de abastecimento utilizado em piscicultura	49
Resumo	49
Abstract.....	49
4.1 Introdução	50
4.2 Material e Métodos	51
4.3 Resultados e Discussão	54
Referências	62
5 Conclusões	65

1 Apresentação

As diferentes formas de uso da água muitas vezes são conflitantes e resultam em perda de qualidade ambiental e conseqüentemente, de valores ecológicos, econômicos, recreacionais e turísticos. Entre os conflitos deste recurso, destacam-se a prática de extrapolar os limites máximos de tolerância para contaminantes em águas superficiais que alteram os padrões limnológicos, bem como, índices de DBO. A forma de utilização dos corpos límnicos e suas prioridades, a prática da pesca para subsistência nos mesmos ambientes com poluentes, atividades como o abastecimento urbano, geração de energia, irrigação de culturas e pecuária, também implicam em uma série conflitos e contribuem para desestabilizar a integridade do ambiente.

A piscicultura pode gerar impactos positivos tais como produção de alimento, emprego e renda (Valenti, 2000; Santos et al., 2007), por outro lado, como qualquer outra atividade produtiva gera impactos negativos devido à descarga de resíduos e nutrientes, como fósforo e nitrogênio provenientes das sobras das rações e das excretas dos peixes (Kubtiza, 2000; Valenti, 2000; Hussar et al., 2005). Dessa forma, é de extrema importância o monitoramento das principais variáveis bióticas e abióticas como também a busca por modelos que melhorem a qualidade da água e permitam a multiplicidade de seu uso, pois através destas informações é possível a detecção dos principais pontos negativos, a fim de mitigar os impactos a médios e longo prazo.

Uma alternativa é o cultivo de peixes em canais, pois quando comparado com outros sistemas de criação apresenta vantagens como diminuição dos custos de produção e promoção de um ambiente salutar, com ótima qualidade da água e limpo, já que os peixes têm a função de limpeza das paredes do canal, contudo, ainda carecem de pesquisas, visando melhorar a aplicabilidade deste sistema com relação ao desempenho zootécnico em peixes.

Nesta dissertação foram verificadas as características limnológicas do efluente do cultivo de tambaqui (*Colossoma macropomum*) em canais de abastecimento com diferentes densidades. Além disso, foi avaliada a eficiência de *Echhornia crassipes* na remoção de efluentes da água produzidas durante o cultivo.

Na construção deste trabalho, a revisão de literatura retrata os problemas gerados pela piscicultura, bem como técnicas que podem ser usadas para mitigar os problemas com os efluentes em cultivos intensivos.

O capítulo I avalia a melhor densidade de estocagem com o desenvolvimento zootécnico do tambaqui e a qualidade da água.

No capítulo II caracteriza a qualidade da água, através da eficiência de remoção das macrófitas aquáticas.

Este trabalho apresentou aspectos positivos no desenvolvimento do tambaqui cultivado em canais como também na eficiência de remoção dos efluentes da piscicultura pelo aguapé, permitindo dessa forma a manutenção da qualidade ambiental e da integridade dos ecossistemas.

Referências

HUSSAR, G.J.; PARADELA, A.L.; JONAS, T.C.; GOMES, J.P.R. Tratamento da água de escoamento de tanque de piscicultura através de leitos cultivados de vazão subperifical: análise da qualidade física e química. **Engenharia Ambiental**, v.2, n.1, p.46-59, 2005.

KUBITZA, F. **Tilápia: Technology and planning in the commercial production.** Jundiaí: Fernando Kubitza, 2000. 289p.

SANTOS, L.S.; OLIVEIRA FILHO, D.R.; SANTOS, S.S.; SANTOS NETO, M.A.; LOPES, J.P. Prolifidade da tilápia-do-nilo, variedade chitralada, de diferentes padrões de desenvolvimento. **Revista Brasileira de Engenharia de Pesca**, v.2, p.26-34, 2007.

VALENTI, W.C. Introdução. In: VALENTI, W.C. et al. **Aqüicultura no Brasil: bases para o desenvolvimento sustentável.** Brasília: CNPq/Ministério da Ciência e Tecnologia, 2000. p. 25-32.

2 Revisão da literatura

2.1 Piscicultura e Meio Ambiente

A intensificação da piscicultura demanda o aumento expressivo de insumos e uso de ambientes densamente povoados, agravando a qualidade de água e ultrapassando a capacidade de suporte (Sumagayasay, 2003; Bock et al., 2006).

Por outro lado, a ampliação da demanda por recursos hídricos pode gerar sérios conflitos, dado a multiplicidade de uso deste recurso para outros fins; como abastecimento de municípios, geração de energia elétrica, irrigação e desedentação de animais, temas estes, envolvidos com questões ambientais. Sendo assim é imprescindível buscar formas que maximizem o uso de águas continentais sem causar deterioração ambiental nem problemas sociais e econômicos e de forma especial na região semi-árida onde os recursos hídricos são limitados até mesmo para a população (Somlyody & Varis, 2006; Lima et al., 2008; Tundisi, 2008)

O maior desafio da piscicultura é encontrar alternativas que atendam tanto os interesses econômicos como os ambientais. Como por exemplo, o código de Boas Práticas de Manejo, proposto com finalidade de melhorar a qualidade e reduzir o volume do efluente da piscicultura, ou a utilização de plantas aquáticas na redução de cargas do efluente, dentre outras (Sipaúba-Tavares et al., 2003; Crema, 2005; Gentelini et al., 2008). No tocante aos modelos de exploração, pode-se dizer que a piscicultura em canais atende os preceitos de atividades que promovem uma melhor qualidade ambiental.

2.2 Piscicultura em canais

Utilizar as águas dos canais de irrigação para a criação de peixes é uma idéia que vem sendo aceita pelos produtores brasileiros. O Brasil também apresenta potencial para a área irrigada e aquicultura. No período de 1996 a 2006 houve um crescimento de aproximadamente 50% de área irrigada (ANA 2009) enquanto que o crescimento relativo da aquicultura, nos anos de 2007 a 2009, foi de 43,8% (MPA, 2010).

O sistema de criação em canais, quando comparado com outros sistemas, possui construção de fácil execução e baixo custo, reduz o impacto ambiental, apresenta

grande produtividade de peixe por área, possui facilidade de manuseio, captura e monitoramento das condições gerais dos organismos (Lima et al., 2008), adicionalmente, nestes ambientes, geralmente existe pouca proliferação de mosquito e excelente aspecto visual.

A água resultante da piscicultura em canais aporta nutrientes (fósforo, nitrogênio, potássio e magnésio), reduzindo assim possíveis deficiências nutricionais do solo, o uso de adubos químicos e aumentando a produtividade no cultivo de plantas (Schmittou, s.d.). Além destes fatores positivos, os peixes também têm a função de "limpar" o canal.

Apesar dos déficits hídricos, há distritos de irrigação nas regiões semi-áridas (Baixo São Francisco, por exemplo), com possibilidade de ser aproveitado para intensificar as atividades piscícolas sem prejudicar o seu uso em decorrência da agricultura. Este sistema pode ser considerado um importante aliado na forma de maximizar a exploração sustentável e eficiente do recurso hídrico em prol do desenvolvimento de ambientes áridos do sertão nordestino. Além disso, este modelo poderá promover o incremento na oferta de trabalhos, renda e, certamente a qualidade de vida das comunidades que habitam em áreas circundantes a estas estruturas (Lima et al., 2008).

No Brasil, experimentos com matrinxã *Bycon Cephalus* Günther, (1869), tilápia nilótica *Oreochromis niloticus* Linnaeus, (1758) e tambaqui *Colossoma macropomum* Cuvier, (1816) em canais apresentaram resultados satisfatórios como um bom desempenho zootécnico das espécies e uma boa qualidade de água (Arbeláez-Rojas et. al., 2002; Lima et al., 2008). Contudo, informações referentes ao manejo alimentar, densidade de cultivo, melhor espécie, variáveis de desempenho das espécies, condições de fluxo, vazão e qualidade da água, bem como, tamanho e espaço ideal destinado ao cultivo neste tipo de ambiente, divide opiniões entre técnicos, pesquisadores e produtores (Coates, 1984), possivelmente, devido à carência de dados seguros, dificultando a sua aplicabilidade com fins aquícolas.

Neste sentido estudar todos esses fatores poderá ajudar no estabelecimento de uma estratégia de manejo adequado, consolidando uma estrutura existente com a atividade piscícola que vem crescendo a uma taxa média de 10% ao ano (MPA, 2010).

2.3 O tambaqui: biologia e cultivo

O tambaqui é um peixe pertencente à família Characidae, subfamília Serrasalminae. É uma espécie nativa da Bacia Amazônica, do Orinoco e seus rios afluentes, e constitui-se num dos maiores peixes de valor econômico da região. É o segundo maior peixe de escamas do rio Solimões/Amazonas que, no ambiente natural, pode chegar até 100 cm de comprimento e 30 kg de peso, perdendo em porte somente para o pirarucu *Arapaima gigas* Schinz, (1822) (Araujo-Lima, & Gomes, 2005; Santos, et. al., 2006). Foi introduzido no Nordeste brasileiro pelo Departamento Nacional de Obras Contra as Secas (DNOCS), no início da década de 70, visando utilizá-lo para povoamento de açudes e estocagem em viveiros de engorda (Molle & Cadier, 1992). Quanto a seu hábito alimentar, consome zooplâncton, frutos, algas filamentosas, insetos aquáticos, caramujos e outros moluscos; aceitando também as rações comerciais (Nunes et al., 2006).

Por apresentar características como adaptação ao cativeiro, rusticidade, ótimo sabor e rápido crescimento o tambaqui está entre os peixes mais cultivados no Brasil (Araujo-Lima, & Goulding, 1998; Araújo-Lima & Gomes, 2005), assumindo assim o segundo lugar no ranking (produção de 800 t) (IBAMA, 2009) e sendo economicamente importante para a região do São Francisco (uma das regiões mais prospera para o cultivo intensivo).

Quanto ao seu desempenho, Brandão et al. (2004), avaliando distintas densidades de estocagem durante a recria em tanques-rede constataram que a produção por área é maior com o aumento da densidade e que aspectos preponderantes como qualidade de água e sanidade dos exemplares não foram afetados, pois, a densidade de estocagem não atingiu a capacidade de suporte dos ambientes de cultivo.

Afirmação semelhante apresentaram Oliveira et al. (2007) quando analisaram o efeito das densidades de 33, 43 e 53 alevinos/m² durante a segunda alevinagem sobre qualidade da água e observaram que apenas o teor de oxigênio dissolvido mostrou tendência para diminuir nas maiores densidades, recomendando, inclusive que ocorra um incremento desta variável para a criação de segunda alevinagem do tambaqui.

Por outro lado, Arbeláez-Rojas et al. (2002) analisando a composição corporal do *C. macropomum* e *Brycon cephalus* em sistemas de cultivo em canal de igarapé e em viveiros relatam que o *C. macropomum* apresenta uma menor concentração de gordura e uma melhor qualidade nutritiva da carne.

2.4 Qualidade da água na piscicultura

A qualidade da água é elemento essencial em sistemas confinados, e pode ser influenciada por vários fatores como, a origem da fonte de abastecimento, manejo alimentar, densidade de estocagem, diferenças ambientais, tamanho dos locais de cultivo, profundidade e vazão. O sucesso da piscicultura, atividade esta geradora de metabólitos, está intimamente relacionada ao monitoramento das variáveis físico-químicas da água.

Todas as atividades dos peixes estão ligadas à temperatura da água, e depende da biologia da espécie e fase de desenvolvimento em que este se encontra. Peixes tropicais normalmente apresentam ótimo crescimento à temperatura de 28 a 32°C (Sipaúba-Tavares, 1994) Sendo assim, quanto maior a temperatura, maior será a atividade metabólica e o consumo de oxigênio e alimento. O inverso ocorre quando a temperatura diminui (Vinatea-Arana, 1997). Esta afirmação foi comprovada por Silva e Araujo-Lima (2003) onde relatam que em temperaturas mais altas a taxa de evacuação gástrica é mais rápida, isto implica em alterações significativas no metabolismo e no ritmo diário de alimentação.

A transparência da água, composta por material inorgânico e fitoplâncton pode indicar o estado trófico da água e está associada com os fatores bióticos e abióticos, excesso de alimento não digerido e com o tempo de residência hídrica (Sipaúba-Tavares, 1994). Baixa transparência pode resultar em oscilações e problemas na água, como baixo nível de oxigênio dissolvido no período noturno; elevados valores de pH, principalmente à tarde, aumentando o potencial tóxico da amônia ou prejudicando sua excreção pelos peixes e aumentando o risco de auto-intoxicação (Kubitzka, 1999).

O oxigênio dissolvido (OD) é o fator mais limitante na produtividade dos sistemas de cultivo de peixes. Peixes tropicais exigem concentrações de OD acima de 5 mg/L. Condições inferiores a 1mg/L ocasionam mortalidade; entre 2 e 3 mg/L situa-se um nível

estressante sendo considerado entre 4 a 6 mg/L como faixa ideal de sobrevivência (Proença & Bittencourt, 1994). Baixos teores de OD podem gerar menor consumo de ração, levar à morte dos animais e ainda aumentar as concentrações de nitrito que é considerado de alta toxicidade para os peixes (Oliveira et al., 2010). Por outro lado, altas taxas também podem ser prejudiciais, por causarem mortes por embolia gasosa (Castagnolli, 1992).

O gás carbônico (CO_2) é produzido, principalmente, pelo processo de respiração. A doação do CO_2 da respiração ou a retirada dele pelo processo de fotossíntese, resulta em uma alteração no pH, levando à formação de carbonatos ou bicarbonatos. A distribuição do CO_2 na massa de água é exatamente oposta à do OD (Moreira et al., 2001). Sipaúba-Tavares (1994) relata que, embora o CO_2 seja necessário à vida aquática, em altas concentrações este pode se tornar extremamente perigoso para os peixes.

Valores de pH entre 6,5 e 9,0 são adequados para criação de peixes, em pH mais alcalino ocorre maior transformação do íon amônio (NH_4) em amônia livre e gasosa (NH_3), tóxica aos peixes (Pereira & Mercante, 2005), enquanto que em meio ácidos (pH 4) peixes como o tambaqui apresentam uma melhor taxa de crescimento específico, haja vista em pH alcalino apresentar variações arteriais graves (Aride, 2007).

A alcalinidade indica a presença de sais minerais dissolvidos na água tais como os carbonatos (CaCO_3) e bicarbonatos (HCO_3). Sua manutenção em níveis acima de 20 mg/L e o manejo adequado dos sistemas de criação de peixes podem estabilizar as condições de qualidade da água (Sipaúba-Tavares et al., 2006). Enquanto que valores de 0 a 75 mg/L de CaCO_3 caracteriza a água como mole, o que é indicado para peixes de água doce (Sipaúba-Tavares, 1994). Diminuições dos níveis de CaCO_3 podem estar associadas à presença de alguns tipos de algas, moluscos e crustáceos, pois os mesmos necessitam de cálcio e magnésio para formação do exoesqueleto (Gurgel & Vinatea, 2010).

A condutividade elétrica indica a capacidade da água de conduzir eletricidade, podendo ser usada para detectar fontes poluidoras em sistemas aquáticos, desta forma, quanto maior a taxa de decomposição na água, maior será a quantidade de sais dissolvidos e, conseqüentemente, a sua condutividade (Moreira et al., 2001). Por outro

lado, quanto mais baixos forem os valores deste parâmetro, mais acentuada será a produção primária (Sipaúba-Tavares, 1994). A condutividade também está correlacionada com a dureza e alcalinidade, de forma que esta variável é diretamente proporcional a dureza (Castagnolli, 1992).

Sólidos dissolvidos totais é o conjunto de todas as substâncias orgânicas e inorgânicas contidas na água sob formas moleculares ou ionizadas. É um parâmetro de determinação da qualidade da água, responsável pelo peso total dos constituintes minerais presentes por unidade de volume. As substâncias dissolvidas envolvem principalmente carbonatos, bicarbonatos, cloretos, sulfatos, fosfatos, nitratos, cálcio, magnésio sódio. Contudo, quando presentes em elevadas concentrações, podem ser prejudiciais (Brian Oram, 2010; Zimbres, 2010). A Resolução CONAMA 357/2005 recomenda valores de até 500 mg/L para o lançamento em rios de classe II.

Os Compostos nitrogenados (amônia ionizada (NH_4^+) e não ionizada (NH_3), nitrito (NO_2^-) e nitrato (NO_3^-)) incorporados ao meio aquático são provenientes da alimentação. As quantidades desses compostos determinam a produtividade e a qualidade do sistema de criação (Sipaúba-Tavares, 1998). A amônia é o principal resíduo nitrogenado excretado pelos peixes e pode influenciar negativamente no crescimento e desenvolvimento destes animais, aumento da incidência de doenças e até mesmo causar a morte por intoxicação (Vinatea-Arana, 1997; Kubitza, 1999). O nitrito (NO_2^-) é o produto intermediário da amônia e suas concentrações estão relacionadas à decomposição de componentes das proteínas da matéria orgânica (Vinatea-Arana, 1997). Em águas doces concentrações maiores que 4 mg/L pode causar mortalidade (Piedras et al., 2006), enquanto que o nitrato (NO_3^-), produto final da oxidação da amônia, praticamente não é tóxico para os peixes, mesmo em elevadas concentrações, todavia pode ser prejudicial em sistemas de recirculação de água (Vinatea-Arana, 1997; Ostrensky & Boeger, 1998).

No meio aquático os compostos fosfatados (ortofosfatos, polifosfatos e fósforo orgânico) são os principais fatores limitantes da produtividade e auxiliam no desenvolvimento zootécnico e saúde dos peixes (Azim et. al., 2004). Deve ser fornecido em quantidades necessárias (< 0,5 mg/L), pois o excedente é excretado pelas fezes e

urina (Borlongan & Satoh, (2001), resultando na diminuição da qualidade da água (Macedo & Sipaúba-Tavares, 2010).

Do ponto de vista limnológico, o fósforo e nitrogênio são elementos a serem sempre monitorados, constituindo-se em ótimo indicador da qualidade da água. O controle do lançamento do fósforo e nitrogênio evita impactos nos corpos d'água que recebem o efluente gerado pelo empreendimento. A Resolução CONAMA 357/2005 recomenda, para ambientes lênticos, valores de até 0,03 mg/L para o fósforo e de 3,5 mg/L de nitrogênio amoniacal total ambientes com $\text{pH} \leq 7,5$.

O sistema de fluxo contínuo tem por finalidade reduzir os teores das formas nitrogenadas e fosfatadas da água, por diluição e carreamento. Este processo causa ligeira agitação na coluna de água, favorecendo o processo de nitrificação, diminuindo, assim, a concentração de nitrito e aumentando a de amônia e nitrato, que é assimilado por macrófitas e algas (Sipaúba-Tavares et al., 2008), sendo assim, modifica a estrutura das comunidades e os processos internos do sistema (Pereira et al., 2004).

2.5 O uso de macrófitas aquáticas no tratamento de efluentes da aquicultura

O lançamento direto e continuo dos efluentes de aquicultura no ambiente aquático pode resultar em acumulação crônica, levando ao processo de eutrofização artificial, com consequências ecológicas negativas sobre o ambiente (Macedo & Sipaúba-Tavares, 2010). Desse modo, há a necessidade da busca por alternativas que auxiliem na diminuição do impacto sobre o meio ambiente, para que não ocorra redução na biodiversidade e esgotamento ou comprometimento negativo de qualquer recurso natural (Valenti, 2000).

Uma alternativa para o tratamento e minimização da produção de efluentes que vem sendo proposta por vários autores é a utilização de biofiltros com macrófitas aquáticas (Zaniboni-Filho et al., 1997; Tripathi et al., 1990; Shutes, 2001; Lin et al., 2002; Sipaúba-Tavares et al., 2002; Sipaúba-Tavares et al., 2003; Crema, 2005; Hussar et al., 2005; Klomjek & Nitisoravut, 2005; Henry-Silva & Camargo, 2006 e 2008; Ferdoushi et al., 2008 e Gentelini et al., 2008).

As macrófitas apresentam um grande potencial de remoção de compostos orgânicos e nitrogenados (Lauchlan et al., 2004; Henry-Silva & Camargo, 2006), além

disso, desempenham importante papel na remoção de nutrientes, na filtração e sedimentação de material particulado em suspensão e, fornecem substrato para o desenvolvimento de microorganismos que atuam na mineralização da matéria orgânica e na absorção e transformação de nutrientes (Brix, 1997; Sipaúba-Tavares et al., 2002). Desta forma, atuam como bioindicadores da qualidade da água, sendo utilizadas com sucesso na recuperação de rios e lagos poluídos.

As principais vantagens dos sistemas com macrófitas aquáticas são o baixo custo de implementação e manutenção, com comprovada eficiência no tratamento de diversos tipos de efluentes (Shutes, 2001; Klomjek & Nitisoravut, 2005). Além disso, a biomassa produzida pode ser aproveitada na produção de biogás na alimentação animal e como fertilizante na agricultura (Henry-Silva & Camargo, 2002; Pompêo, 2008).

O aguapé *Echhornia crassipes*, (Martius) Solms-Laubach é uma macrófita aquática emersa flutuante originária da região amazônica. Tem a capacidade de remover metais pesados e outros contaminantes da água (Gonçalves Júnior et al., 2008), contudo, durante o período de envelhecimento da planta (senescência), os nutrientes absorvidos e metais pesados são liberados para o meio novamente, pelo seu processo de decomposição (Esteves, 1998).

Esse vegetal vem sendo aplicado no tratamento de efluentes, industriais e agropecuários, inclusive em sistemas aquaculturais (Henry-Silva & Camargo, 2006). Analisando *E. crassipes* como biofiltro no tratamento de efluentes da aquicultura Sipaúba-Tavares et al. (2002) obtiveram bons resultados, desde que substitua estas, em intervalos de 10 dias nos períodos de alta produção.

Ao analisarem a eficiência de *E. crassipes*, *Pistia stratiotes* Linnaeus e *Salvinia molesta* Mitchell no tratamento de efluentes de tanques com cultivo de tilápia do Nilo, Henry-Silva & Camargo (2006) classificam a *E. crassipes* e *P. stratiotes* como uma das que apresentaram maior eficiência na melhoria da qualidade do efluente, pois o efluente tratado por essas macrófitas apresentaram menor teor de nutrientes quando comparado com o efluente tratado por *Salvinia molesta*.

Estudando a produção de biomassa de *E. crassipes* e *Egeria densa* Planchon em sistema de tratamento de efluente de piscicultura orgânica, Gentelini et al. (2008)

recomendaram a utilização dessas macrófitas para melhorar a qualidade do ambiente pois elas removem nutrientes do efluente.

Apesar dos benefícios sócio-econômicos, a aquicultura quando não realizada de forma sustentável, pode causar degradação da qualidade da água no ecossistema aquático. Desta forma para que o local de cultivo se torne ambientalmente e economicamente sustentável é oportuno que existam estudos sobre estratégias para minimizar os impactos causados e melhor manejo no cultivo. Neste contexto, este trabalho fornece subsídios no tratamento de efluentes na piscicultura, utilizando filtros biológicos com macrófitas aquáticas, com intuito de melhorar o desempenho dos peixes cultivados em canais de abastecimento, como também minimizar o impacto decorrente do cultivo sobre a qualidade da água.

Referências

ANA – AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil 2009. Disponível em: <http://arquivos.ana.gov.br/institucional/sge/CEDOC/Catalogo/2009/ConjunturaDosRecursosHidricosNoBrasil.pdf> Acesso em: 25 fev. 2011.

ARAÚJO- LIMA, C.A.R.M.; GOMES, L. de C. Tambaqui (*Colossoma macropomum*). In: BALDISSEROTTO, B.; GOMES, L. de C. **Espécies nativas para piscicultura no Brasil**. Santa Maria: UFSM, 2005. p.175-202.

ARAUJO-LIMA, C.A.R.M.; GOULDING, M. **Os frutos do Tambaqui: ecologia, conservação e cultivo na Amazônia**. Sociedade Civil Mamirauá/ CNPq/ Rainforest Alliance. Brasília, 1998.186p.

ARBELÁEZ-ROJAS, G.A.; FRACALOSSO, D.M.; FIM, J.D.I. Composição corporal do tambaqui, *Colossoma macropomum* e matrinxã, *Brycon cephalus*, em sistema de cultivo intensivo, igarapé e semi-intensivo, viveiros. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.31, n.3, p.1059-1069, 2002.

ARIDE, P.H.R.; ROUBACH, R.; VAL, A.L. Tolerance response of tambaqui *Colossoma macropomum* (Cuvier) to water pH. **Aquaculture Research**, v.38, p.588-594, 2007.

AZIM, M.E.; RAHAMAN, M.M.; WAHAB, M.A.; ASAEDA, T.; LITTLE, D.C; VERDEGEM, M.C.J. Periphyton based pond polyculture system: a bioeconomic comparison of on-farm and on-station trials. **Aquaculture**, v.242, p.381-396, 2004.

BOCK, C.L.; PEZZATO, L.E.; CANTELMO, O.A.; BARROS, M.M. Fitase e digestibilidade aparente de nutrientes de rações por tilápias-do-nilo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, n.6, p.2197-2202, 2006.

BORLONGAN, I.G.; SATOH, S. Dietary phosphorus requeriment of juvenile milkfish, *Chanos chanos* (Forsskal). **Aquaculture Research**, v.32, p.26-32, 2001.

BRANDÃO, F.R.; GOMES, L.C.; CHAGAS, E.C.; ARAÚJO, L.D. Densidade de estocagem de juvenis de tambaqui durante a recia em tanques-rede. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.39, n.4, p.357-362, 2004.

BRIAN ORAM. P.G. **Total Dissolved Solids**. Disponível em: <http://www.water-research.net/totaldissolvedsolids.htm>. Acesso em: 7 ago. 2010.

BRIX, H. Do macrophytes play a role in constructed tretment wetlands? **Water Science Technology**. v.35, n.5, p.11-17, 1997.

CASTAGNOLLI, N. **Piscicultura de Água Doce**. Jaboticabal: FUNEP, 1992. 189p.

COATES, D. A survey of the fish fauna of Sudanese systems with referents to the use of fishes in the management of ecological problems. **Fish Management**, p.81-96, 1984.

CONAMA - CONSELHO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE. **Resolução nº. 357**, de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes e dá outras providências. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res05/res357/05.pdf> Acesso em: 22 abr. 2010.

CREMA, L.C. **Efluentes de tanques de criação de tilápia do Nilo: Características limnológicas e eficiência de tratamento pelo Aguapé**. 2005. 63p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal.

ESTEVES, F.A. **Fundamentos de limnologia**. 2ª Ed. Rio de Janeiro. Interciência, 1998. 602p.

FERDOUSHI, Z.; HAQUE, F.; KHAN, S.; HAQUE, M. The effect the two aquatic macrophytes floating (*Lemna* e *Azolla*) like biofilters of nitrogen and phosphate in fish ponds. **Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences**, v.8, p.253-258, 2008.

GENTELINI, A.L.; GOMES, S.D.; FEIDEN, A.; ZENATTI, D.; SAMPAIO, S.C.; COLDEBELLA, A. Produção de biomassa das macrófitas aquáticas *Eichhornia crassipes*

(aguapé) e *Egeria densa* (egeria) em sistema de tratamento de efluente de piscicultura orgânica. **Semina: Ciências Agrárias**, v.29, n.2, p.441-448, 2008.

GONÇALVES JÚNIOR, A.C., LINDINO, C.A., ROSA, M.F., BARICCATTI, R., GOMES, G.D. Remoção de metais pesados tóxicos cádmio, chumbo e cromo em biofertilizante suíno utilizando macrófita aquática (*Eichornia crassipes*) como bioindicador. **Acta Scientiarum. Technology**, v.30, n.1, p.9-14, 2008.

GURGEL, J.J.S.; VINATEA, J.E. Métodos de aumento da produtividade aquática natural (Parte 2). In: **Manual sobre manejo de reservatórios para a produção de peixes**. Programa Cooperativo Governamental - FAO (Itália). Disponível em: <http://www.fao.org/docrep/field/003/ab486p/AB486P02.htm>. Acesso em: 10 nov. 2010.

HENRY-SILVA, G.G.; CAMARGO, A.F.M. Valor nutritivo de macrófitas aquáticas flutuantes (*Eichhornia crassipes*, *Pistia stratiotes* e *Salvinia molesta*) utilizadas no tratamento de efluentes de aquicultura. **Acta Scientiarum**, v. 24, p. 36-48, 2002.

HENRY-SILVA, G.G.; CAMARGO, A.F.M. Efficiency of aquatic macrophytes to treat Nile tilapia pond effluents. **Scientia Agricola**, v.63, n.5, p.417-513, 2006.

Henry-Silva, G.G.; Camargo, A.F.M. Tratamento de efluentes de carcinicultura por macrófitas aquáticas flutuantes. **Revista Brasileira de Zootecnia**. v.37, n.2, p.181-188, 2008.

HUSSAR, G.J.; PARADELA, A.L.; JONAS, T.C.; GOMES, J.P.R. Tratamento da água de escoamento de tanque de piscicultura através de leitos cultivados de vazão superficial: análise da qualidade física e química. **Engenharia Ambiental**, v.2, n.1, p.46-59, 2005.

IBAMA - INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS. **Estatística da pesca 2007 Brasil: grandes regiões e unidades da federação**. Brasília: Ibama, 2008. 174 p. Disponível em: <http://www.ibama.gov.br/recursos-pesqueiros/download/239/>. Acesso em: 7 dez. 2009.

KLOMJEK, P.; NITISORAVUT, S. Constructed wetland: a study of eight plant species under saline conditions. **Chemosphere**, v.58, p.585-593, 2005.

KUBITZA, F. **Qualidade da água na produção de peixe**. Jundiaí: Fernando Kubitza, 3^a ed., 1999. 97p.

LAUCLAN, H. F., SPRING, M.C., DAVID, S., A test of four plant species to reduce total nitrogen and total phosphorus from soil leachate in subsurface wetland microcosms. **Bioresource Technology** v.94, p.185-192, 2004.

LIMA, C.B.; OLIVEIRA, E.G.; ARAÚJO-FILHO, J.M.; SANTOS, F.J.S.; PEREIRA, W.E. Qualidade da água em canais de irrigação com cultivo intensivo de tilápia nilótica (*Oreochromis niloticus*). **Revista Ciências Agrônômicas**, v.39, n.4, p.531-539, 2008.

LIN, Y.; JING, S.; LEE, D.; WANG, T. Nutrient removal form aquaculture wetlands system. **Aquaculture** , v.209, p.169-184, 2002.

MACEDO, C.F.; SIPAÚBA-TAVARES, L.H. Eutrofização e qualidade da água na piscicultura: consequências e recomendações. **Boletim do Instituto de Pesca**, v.26, n.2, p.149-163, 2010.

MOLLE, F.; CADIER, E. **Manual do pequeno açude: construir, conservar e aproveitar pequenos açudes no nordeste brasileiro**. SUDENE, Recife, 1992. 521p.

MOREIRA, H. L. M.; VARGAS, L.; RIBEIRO, R. P.; ZIMMERMANN, S. **Fundamentos da moderna aquíicultura**. Canoas: ULBRA, 2001. 200p.

MPA - MINISTÉRIO DA PESCA E AQUICULTURA. **Produção pesqueira e aquícola: Estatística 2008 e 2009**. Brasília: MPA, 2010. 29p. Disponível em: <http://www.mpa.gov.br/mpa/seap/Jonathan/mpa3/dados/2010/Docs/Caderno%20Consolidado%20C3%A7%C3%A3o%20dos%20dados%20estatisticos%20final%20curvas%20-%20completo.pdf>. Acesso em: 18 jan. 2011.

NUNES, É.S.S; CAVERO, B.A.S.; PEREIRA-FILHO, M.; ROUBACH, R. Enzimas digestivas exógenas na alimentação de juvenis de tambaqui. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.41, n.1, p.139-143, 2006.

OLIVEIRA, R.P.C.; SILVA, P.C.; PADUAS, D.M.C.; AGUIAR, A.; MAEDA, H.; MACHADO, N.P.; RODRIGUES, V.; SILVAS, R.H. Efeitos da densidade de estocagem sobre a qualidade da água na criação do tambaqui (*Colossoma macropomum*, Cuvier, 1818) durante a segunda alevinagem, em tanques fertilizados. **Ciência Animal Brasileira**, v.8, n.4, p.705-711, 2007.

OLIVEIRA, R.P.C.; SILVA, P.C.; BRITO, P.P.; GOMES, J.P.; SILVA, R.F.; SILVEIRA FILHO, P.R.; ROQUE, R.S. Variáveis hidrológicas físico-químicas na criação da tilápia-do-nilo no sistema *raceway* com diferentes renovações de água **Ciência Animal Brasileira**, v.11, n.3, p.482-487, 2010.

OSTRENSKY, A.; BOEGER, W. **Piscicultura: fundamentos e técnicas de manejo**. Guaíba: Agropecuária, RS, 1998. 211 p.

PEREIRA, L.P.F; MERCANTE, C.T.J. A amônia nos sistemas de criação de peixes e seus efeitos sobre a qualidade da água. Uma revisão. **Boletim do Instituto de Pesca**, v.31 n.1 p.81-88, 2005.

PEREIRA, R.H.G.; ESPÍNDOLA, E.L.G.; ELER, M.N. Limnological variables and their correlation with water flow in fishponds. **Acta Limnologica Brasiliensia**, v.16, n.3, p.263-271, 2004.

PIEDRAS, S.R.N.; OLIVEIRA, J.L.R.; MORAES, P.R.R.; BAGER, A. Toxicidade aguda da amônia não ionizada e do nitrito em Alevinos de *Cichlasoma facetum* (jenyns, 1842). **Ciência e Agrotecnologia**, v.30, n.5, p.1008-1012, 2006.

POMPÊO, M. Monitoramento e manejo de macrófitas aquáticas. **Oecologia Brasiliensis**, v.12, n.3, p.406-424, 2008.

PROENÇA, C.E.M; BITTENCOURT, P.R.L. **Manual de Piscicultura Tropical**. IBAMA, Brasília, 1994. 196 p.

SANTOS, G.M.; FERREIRA, E.J.G.; ZUANON, J.A.S. **Peixes comerciais de Manaus**: IBAMA/AM, ProVárzea, 2006. 144p.

SCHMITTOU, H.R. **Produção de peixes em alta densidade em tanques-redes de pequeno volume**. Campinas: ASA, s.d., 78p.

SHUTES, R.B.E. Artificial wetlands and water quality improvement. **Environmental International**, v.26, p.441-447, 2001.

SILVA, E.C.S.; ARAUJO-LIMA, C.A.R.M. Influência do tipo de alimento e da temperatura na evacuação gástrica da piranha caju (*Pygocentrus nattereri*) em condições experimentais. **Acta Amazonica**, v.33, n.1, p.145-156, 2003.

SIPAÚBA-TAVARES, L.H. **Limnologia aplicada a aquicultura**. Jaboticabal: FUNEP, 1994. 70p.

SIPAÚBA-TAVARES, L.H. Limnologia dos sistemas de cultivo. In: **Carcinicultura de água doce**. São Paulo: FUNEP. 1998. p.47-75.

SIPAÚBA-TAVARES, L.H.; ALVARES, E.J.S.; BRAGA, F.M.S. Water quality and zooplankton in tanks with larvae of *Brycon orbygnianus* (Valenciennes, 1949). **Brazilian Journal Biology**, v.68, n.1, p.77-86, 2008.

SIPAÚBA-TAVARES, L.H.; BACCARIN, A.E.; BRAGA, F.M.S. Limnological parameters and plankton community responses in Nile tilapia ponds under chicken dung and NPK (4-14-8) fertilizers. **Acta Limnologica Brasiliensia**, v.18, n.3, p.335-346, 2006.

SIPAÚBA-TAVARES, L.H.; BARROS, A.F.; BRAGA, F.M.S. Effects of floating macrophyte cover on the water quality in fishpond. **Acta Scientiarum**, v.25, n.1, p.101-106, 2003.

SIPAÚBA-TAVARES, L.H.; FAVERO, E.G.P.; BRAGA, F.M.S. Utilization of macrophyte biofilter in effluent from aquaculture: I. Floating plant. **Brazilian Journal of Biology**, São Carlos, v.62, n. 4, 2002.

SOMLYODY, L; VARIS, O. Freshwater under pressure. **International Review for Environmental Strategies**, v.6, n.2, p.181-204, 2006.

SUMAGAYSAY-CHAVOSO, N.S.; SAN DIEGO-McGLONE, M.L. Water quality and holding capacity of intensive and semi-intensive milkfish (*Chanos chanos*) ponds. **Aquaculture**, v.219, p.413-429, 2003.

TRIPATHI, B.D., SRIVASTAVA, J.; MISTA, K. Impact of pollution of elemental composition of after hyacinth (*Eichhronia crassipes* (Mart., Solms.)) and *Lemma* (*Lemma minor* L.) in various ponds of Varanasi. **Science and Culture**, v.55. p.301-308, 1990.

TUNDISI, José Galizia. Recursos hídricos no futuro: problemas e soluções. **Estudos Avançados**, v.22, n.63, p. 7-16, 2008.

VALENTI, W.C. Introdução. In: VALENTI, W.C. et al. **Aqüicultura no Brasil: bases para o desenvolvimento sustentável**. Brasília: CNPq/Ministério da Ciência e Tecnologia, 2000. p. 25-32.

VINATEA-ARANA, L. **Princípios químicos da qualidade da água em aqüicultura: uma revisão para peixes e camarão**. Florianópolis: UFSC, 1997. 166 p.

ZANIBONI FILHO, E.; BARBOSA, N.D.C.; GONÇALVES, S.M.R. Caracterização e tratamento do efluente das estações de piscicultura. **Revista UNIMAR**, v.2, n.19, p.3-9, 1997.

ZIMBRES, E. **Guia avançado sobre águas subterrâneas**. Disponível em: <http://http://www.meioambiente.pro.br/agua/guia/quimica.htm>. Acesso em: 12 ago. 2010.

3 Características limnológicas de canais com cultivo de tambaqui em diferentes densidades de estocagem

Resumo: Neste estudo, foram analisados os efeitos da densidade de cultivo na qualidade da água e no desempenho zootécnico dos juvenis de tambaqui (*Colossoma macropomum*) ($13,6 \pm 4,1$ g de peso inicial) mantidos em canais de abastecimento com 35 metros de extensão, dividido em doze seções de $1,0 \text{ m}^3$. Foram testadas três densidades (60, 90 e 120 peixe m^{-3}) em delineamento experimental em blocos casualizados, com 4 repetições. As variações das variáveis limnológicas registradas foram: temperatura: 28,0 a $31,7^\circ\text{C}$; oxigênio dissolvido: 5,9 a $7,4 \text{ mg L}^{-1}$; pH: 6,8 a 7,5; amônia: 0,1 a $0,3 \text{ mg L}^{-1}$; alcalinidade: 24,0 a $34,0 \text{ mg L}^{-1}$; dureza: 24,0 a $37,0 \text{ mg L}^{-1}$; condutividade elétrica: 0,07 a $106,00 \text{ mS cm}^{-1}$; total de sólidos dissolvidos: 18,37 a $53,00 \text{ mg L}^{-1}$. O ganho de peso final foi de 35,76 g, 32,95 g e 36,25 g para as densidades de 60, 90 e $120 \text{ peixes m}^{-3}$, respectivamente, não sendo verificadas diferenças significativas. Os dados indicam que a qualidade da água do canal variou ao longo do tempo, mas manteve-se dentro dos padrões recomendados para o cultivo de tambaqui. As análises realizadas por meio de uma ANOVA e teste de Tukey ($P < 0,05$) comprovaram que a qualidade de água nos canais de abastecimento não foram influenciadas pelas densidades de cultivo, tão pouco ocorreram mudanças nos parâmetros zootécnico dos peixes nos diferentes tratamentos do estudo.

Palavras chaves: Piscicultura em canais; qualidade da água; *Colossoma macropomum*

Abstract: Limnological characteristics of channels with cultured tambaqui at different stocking densities. This experiment analyzes the effects of cultivate density in the water quality of three stocking densities on water quality and growth of juvenile tambaqui (*Colossoma macropomum*) which initial weights were of $13.6 \pm 4.1 \text{ g}$, kept in supply channels with 35 meters section, divided in twelve equal portions of 1.0 m^3 . Three densities were tested (60, 90 and 120 fish m^{-3}) in randomized complete block design with 4 repetitions. The variations of limnological variables were recorded: temperature: 28.0 to 31.7°C ; dissolved oxygen: 5.9 to 7.4 mg L^{-1} , pH: 6.8 to 7.5; ammonia: 0.1 to 0.3 mg L^{-1} ; alkalinity: 24.0 to 34.0 mg L^{-1} ; hardness: 24.0 to 37.0 mg L^{-1} ; electrical conductivity: 0.07 to $106.00 \text{ mS cm}^{-1}$, total dissolved solids: 18.37 to 53.00 mg L^{-1} . The final weight gain was 35.76 g, 32.95 g and 36.25 g for densities of 60, 90 and 120 fish m^{-3} , respectively, and is not verified significant differences. The results indicated that the quality of water canal varied over time, but remained within the recommended standards for the cultivation of tambaqui. Analysis of variance (ANOVA) were performed, by means compared by Tukey test at $P < 0.05$ and proved that the quality of water supply channels were not affected by plant population, or any change has occurred in zootechnical parameters of fish either in different treatments of this study.

Key words: Fisheries in channels, water quality, *Colossoma macropomum*.

3.1 Introdução

Estudos com espécies tropicais utilizando canais de irrigação como ambiente de cultivo foi altamente recomendado pela FAO (Redding & Midlen, 1992). O tambaqui, *Colossoma macropomum* (CUVIER, 1816), pertence à família Characidae, subfamília Serrasalminae, é uma espécie originária dos rios Amazonas, Orinoco e seus afluentes, largamente encontrada na América do Sul, principalmente na região Norte e Nordeste, como peixe de cultivo. Por apresentar características como rusticidade, alta produtividade e aceitar rações extrusadas e peletizadas, este onívoro tornou-se uma espécie chave em programas de criação no Brasil (Araújo-Lima & Gomes, 2005), com um incremento de 87% na sua produção nos últimos 3 anos (MPA, 2010).

Com o desenvolvimento das fazendas de cultivos aquáticas tem-se observado uma tendência ao uso de sistemas de produção cada vez mais intensivos (Brandão et al., 2004; Oliveira et al., 2007). Isto implica na adoção de um conjunto de práticas de manejo que melhorem a sustentabilidade destes criatórios analisando os principais efeitos nas diversas fases de cultivo, principalmente, com relação à frequência e privação alimentar, taxa de arraçoamento, renovação e qualidade da água, incremento da densidade de estocagem e modelo de área produtiva (Pereira et al., 2008). A solução para piscicultura moderna sustentável decorre em encontrar o equilíbrio entre o melhor sistema de criação, densidade ideal de produção, taxa de arraçoamento equilibrada e água com boa capacidade tamponante (Vallejo & González-Posada, 2007).

Peixes criados em baixas densidades de estocagem (DE) abreviam os efeitos poluentes das excretas, porém, a produção por área é baixa, caracterizando sub-aproveitamento do espaço disponível no criatório. Por outro lado, altas densidades de cultivo normalmente produzem maior mortalidade, menor crescimento e lotes de tamanho heterogêneo, fato interligado às interações sociais e comportamento dos indivíduos (Borges et al. (2006). Isto pode ser explicado pelo aumento da carga de alimento ou níveis de nutrientes inadequados no ambiente de cultivo. Estes metabólitos que se incorporam ao sedimento (fósforo, carbono e nitrogênio) são potencializados em sistemas confinados e além de acarretarem distúrbios fisiológicos nos animais (estresse e diminuição da conversão alimentar), posteriormente, ao serem carregados para outros

mananciais eutrofizam ambientes aquáticos naturais (Sipaúba-Tavares et al., 2003; Pereira et al., 2008).

No tocante aos sistemas de produção, a piscicultura em canais secundários atende os preceitos de atividades que promovem melhores ganhos de produtividade e uma melhor qualidade ambiental, pois, apresenta: construção de fácil execução e baixo custo; reduz o impacto ambiental; além de diminuir o estresse nas etapas de manejo, já que facilita o manuseio e monitoramento das condições gerais dos organismos (Lima et al., 2008). Por outro lado o uso destas estruturas para produção de peixes oferece certos riscos e está sujeita a regras de gestão hídrica, da qual são priorizadas as práticas agrícolas, onde problemas como uso de produtos químicos, elevado índice de evaporação, níveis de água irregulares e aumento da salinização e sedimentação são comuns neste tipo de sistema (Redding-Coates & Coates, 1981; Redding & Midlen, 1992). De certa forma, estes problemas parecem não ter afetado o desenvolvimento da atividade piscícola em canais de irrigação em Israel, já que com a adequação da temporada de cultivo agrícola com a piscicultura em canais de irrigação conseguiu mitigar os possíveis conflitos decorrentes desta atividade na região (Redding & Midlen, 1992).

Experimentos com peixes em canais apresentaram resultados satisfatórios (Arbeláez-Rojas et. al., 2002; Lima et al., 2008), contudo, informações referentes ao manejo alimentar e densidade de cultivo, fluxo e qualidade da água, bem como, tamanho e espaço ideal destinado a criação neste tipo de ambiente, divide opiniões entre técnicos, pesquisadores e produtores possivelmente, devido a carência de dados seguros, dificultando a sua aplicabilidade com fins aquícolas (Redding & Midlen, 1992).

Um dos passos para verificar a eficiência de canais para produção de peixes é a determinação da melhor densidade de cultivo no qual é representada pela maior quantidade de indivíduos produzidos eficientemente por unidade de área, não afetando parâmetros biológicos e de qualidade de água sendo estes fatores, possíveis causas no fracasso de sistemas confinados (Redding & Midlen, 1992; Arbeláez-Rojas et. al., 2002).

Objetivou-se com o presente trabalho estimar os efeitos da densidade de cultivo na qualidade da água em canais de abastecimento, avaliando-se o desempenho zootécnico de tambaquis e os principais parâmetros limnológicos do sistema de cultivo.

3.2 Material e Métodos

O Estudo foi conduzido Centro Integrado de Recursos Pesqueiros e Aquicultura do Betume 4ª CIB 4ª SR -CODEVASF, localizada no município de Neópolis-Sergipe, no período de 20 de março a 29 de abril de 2010. Foi realizado um ensaio experimental com duração de 25 dias com a finalidade de testar a qualidade da água em relação à secção de alívio, controle da vazão e comportamento dos peixes, antes do experimento principal.

Dois mil juvenis de tambaqui foram transportados em sacos plásticos oxigenados de 30 litros, contendo 2,0 g de sal/litro de água para evitar a perda de eletrólitos dos indivíduos para o meio. Os exemplares foram pré-aclimatados e monitorados em quatro tanques-rede com volume de 4,0 m³, dispostos em um viveiro escavado, durante cinco dias conforme sugerido por Araujo-Lima & Gomes (2005), antes da biometria inicial.

O experimento seguiu um delineamento experimental em blocos casualizados com três tratamentos; D60- densidade de 60 peixes/m³, D90- densidade de 90 peixes/m³ e D120 – densidade de 120 peixes/m³, (distribuídos aleatoriamente de forma que os tratamentos estivessem presentes em cada bloco), cada um com quatro repetições totalizando 12 unidades experimentais, separados por três zonas de alívio correspondendo a 1,5 vezes o tamanho da área de cada bloco. O canal de abastecimento com 35 metros de extensão apresenta formato trapezoidal de dimensões; 1,50 m altura x 1,40 m base maior x 0,35 m base menor e vazão controlada (6.000L/h). As telas de arame (4,0 cm entre nós) usadas nas secções experimentais (volume útil de 0,90 m³) eram revestidas por zinco e PVC e costuradas em armação de aço dispostas e niveladas no canal. Adicionalmente foram colocadas redes secundárias (tela de segurança e rede anti-pássaro) para retenção de peixes no caso de fuga ou predação (Figuras 1 e 2).

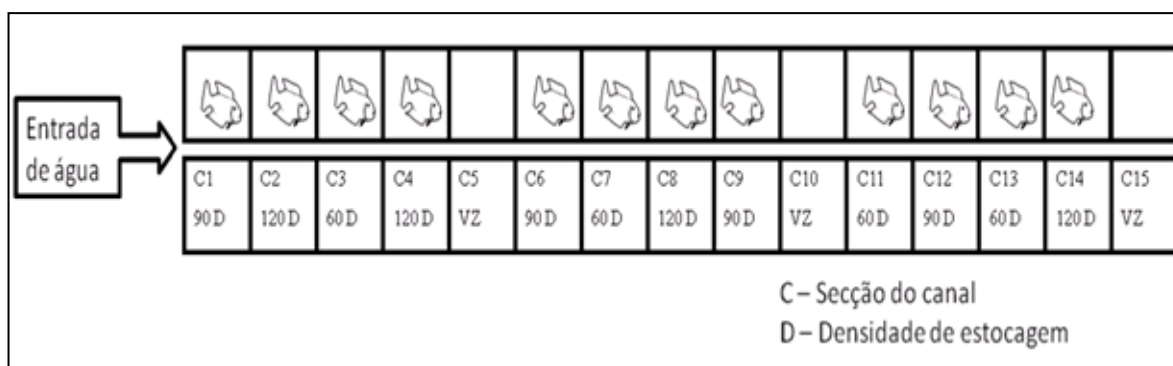


Figura 1. Estrutura esquematizada do canal de abastecimento e distribuição das densidades e área de alívio.



Figura 2. Vista parcial do canal de abastecimento com detalhe das áreas seccionadas. Áreas de alívio (A).

Durante o período experimental, as telas foram limpas semanalmente para evitar a formação do perifíton, retenção de detritos orgânicos e partículas inorgânicas associadas.

Os animais experimentais foram medidos, pesados e posteriormente distribuídos homogeneamente ($8,0 \pm 1,3$ cm de comprimento padrão e $14,4 \pm 4,8$ g), totalizando 1080 exemplares. Posteriormente, foram alimentados com ração extrusada comercial da empresa Nutron, contendo 36% (Mínimo) de proteína bruta, umidade de 12% (Máximo), 4% (Mínimo) de extrato etéreo, 12% (Máximo) de matéria mineral, 8% (Máximo) de material fibroso, 2% (Máximo) de cálcio e 0,6% (Mínimo) de fósforo. Para o fornecimento

da ração foi levado em consideração à biomassa estocada, sendo fornecida uma porção diária total em média de 5% do peso vivo administrados a uma frequência de arraçoamento correspondente a 3 vezes ao dia (7:30, 11:30 e 16:30 h).

Os parâmetros de desempenho avaliados foram: Ganho de peso (g) (GP): $GP = \text{Peso médio final} - \text{Peso médio inicial}$; Consumo médio individual (CMDi): $CMDi = \text{quantidade de ração fornecida por dia (g)} / N^{\circ} \text{ de peixes}$; Consumo individual médio de ração no final do experimento (CIMFi): $CIMFi = \sum CMDi$; Índice de conversão alimentar aparente (CAA): $CAA = CIMFi / (\text{peso médio final (g)} - \text{peso médio inicial(g)})$; Taxa de crescimento específico (%) (CEP): $CEP = 100 \times (\ln \text{ peso médio final(g)} - \ln \text{ peso médio inicial (g)}) / \text{tempo (dias)}$; Taxa de sobrevivência dos peixes (%) (TS): $TS = 100 \times (\text{número final de peixes} / \text{número inicial de peixes})$.

Com o propósito de analisar o efeito da densidade de estocagem sobre a qualidade da água, foram mensurados e monitorados na profundidade de 0,5 m em secções distintas de cada bloco em dois horários (8:00h e 16:00h), os seguintes parâmetros: temperatura (°C) e oxigênio dissolvido (mg/L) (diariamente), por meio de um oxímetro (modelo YSi). Alcalinidade (mg/L) e dureza total (mg/L), pH e amônia total (mg/L) por kit colorimétrico para água doce, proveniente da empresa Alfakit. Condutividade elétrica ($\mu\text{S/cm}$) e Sólidos dissolvidos totais (TDS mg/L) avaliados semanalmente por meio de uma sonda multi-parâmetros (Hanna).

A homogeneidade do lote após pesagem no início do experimento foi analisada pelo teste Cochran ($p < 0,05$). Os resultados obtidos no estudo foram determinados por intermédio da análise de variância ($p < 0,05$) com a finalidade de aferir o efeito dos tratamentos sobre o desempenho dos peixes e a qualidade da água. Quando “F” foi significativo, utilizou-se teste Tukey ($p < 0,05$).

3.2 Resultados e Discussão

Pelo teste de Cochran ($p < 0,05$) observou-se homogeneidade na amostra. Após o período de aclimação, todos os juvenis alimentavam-se regularmente e sem ocorrência de mortalidade. A sobrevivência após o final do estudo foi de 78%. Estes dados foram inferiores aos obtidos por Brandão et al. (2004) (80%), durante a recria de

juvenis de tambaqui em tanques-rede e por Arbeláez-Rojas et al. (2002) (96%), no cultivo de tambaqui em canais de igarapé e superior a encontrada por Maeda et al. (2006) (60%) no cultivo de tilápia nilótica em sistema raceway. A mortalidade de 22% pode ser atribuída às condições do ambiente aos quais juvenis de tambaqui foram submetidos, uma vez que, esta espécie quando jovem prefere ambientes lênticos à lóticos (Araújo-Lima & Goulding, 1998; Araújo-Lima & Gomes, 2005). Por outro lado a presença do bacilo gran negativo *Flavobacterium columnare* e a alta incidência de parasitas monogenéticos (agentes patógenos oportunistas) (Pavanelli, et al., 1998) (Figura 3), encontrados nas brânquias de boa parte dos exemplares debilitados, sugerem que estes tenham sido os principais responsáveis por esta taxa de mortalidade.

Não ocorreram diferenças significativas nos parâmetros de qualidade de água ($p>0,05$), com relação à localização dos blocos ao longo do canal de abastecimento, não obstante a este fato os efluentes provenientes das primeiras secções não influenciaram nas secções dos blocos seguintes (Tabela 1). Possivelmente, as áreas de alívio, responsáveis pela recuperação da água e a vazão utilizada, podem ter mitigado os efeitos adversos provenientes de uma má qualidade limnológica no sistema de cultivo do presente estudo, condição esta observada nos experimentos de Lima et al (2008).

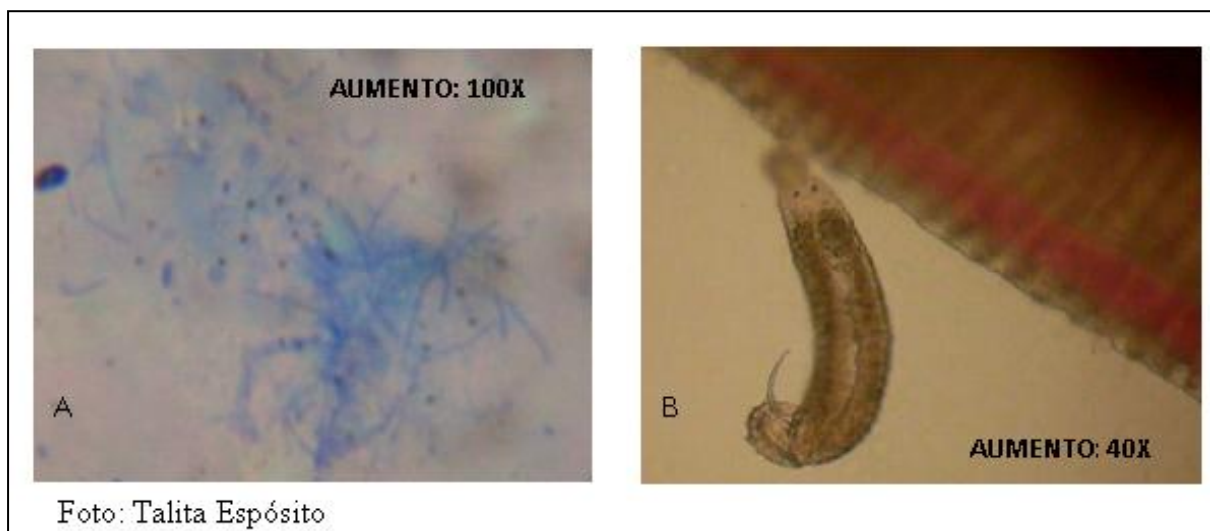


Figura 3. A: *Flavobacterium columnare* encontrado no raspado do corpo dos exemplares de tambaqui. B: Platelminotos monogenéticos fixados às lamelas branquiais.

Tabela 1. Valores médio±desvio-padrão das variáveis de qualidade de água durante o

Semanas	Horário	Temperatura (°C)	Oxigênio Dissolvido (mg/L)	pH	Amônia (mg/L)	Alcalinidade (mg/L)	Dureza (mg/L)
1 ^a	Manhã	29,4±0,5 ^{aA}	7,1±0,2 ^{aA}	7,0 ±0,0 ^{aA}	0,1±0,0 ^{aA}	34,0±2,2 ^{aA}	24,0±0,0 ^{aA}
	Tarde	30,6±0,4 ^{bA}	7,4±0,2 ^{bA}	7,2±0,3 ^{bA}	0,1±0,0 ^{aA}	31,0±1,1 ^{bA}	28,0±0,0 ^{aA}
2 ^a	Manhã	29,4±0,4 ^{aA}	6,9±0,4 ^{aA}	7,2±0,3 ^{aAB}	0,1±0,0 ^{aA}	30,0±2,4 ^{aA}	29,3±6,5 ^{aA}
	Tarde	31,7±0,6 ^{bB}	7,4±0,3 ^{bA}	7,2±0,3 ^{aAB}	0,1±0,0 ^{aA}	28,0±0,0 ^{aB}	28,0±0,0 ^{aA}
3 ^a	Manhã	29,4±0,3 ^{aA}	6,8±0,3 ^{aA}	7,0±0,0 ^{aA}	0,1±0,0 ^{aA}	28,0±0,0 ^{aA}	28,0±0,0 ^{aA}
	Tarde	30,8±0,8 ^{bA}	7,2±0,2 ^{bA}	7,0±0,0 ^{aA}	0,1±0,0 ^{aA}	28,0±0,0 ^{aA}	28,0±0,0 ^{aA}
4 ^a	Manhã	28,0±0,8 ^{aB}	6,4±0,5 ^{aB}	6,8±0,3 ^{aA}	0,3±0,0 ^{aB}	24,7±1,6 ^{aBA}	26,0±2,3 ^{aA}
	Tarde	29,8±0,9 ^{bBA}	6,7±0,5 ^{aB}	7,0±0,3 ^{aA}	0,3±0,0 ^{aB}	24,0±0,0 ^{aBA}	32,0±4,4 ^{bA}
5 ^a	Manhã	29,5±0,5 ^{aA}	6,5±0,3 ^{aB}	6,8±0,3 ^{aA}	0,2±0,1 ^{aBA}	26,3±2,2 ^{aBA}	37,0±14,2 ^{aA}
	Tarde	31,1±0,4 ^{bA}	6,7±0,3 ^{bB}	6,8±0,3 ^{aA}	0,2±0,1 ^{aBA}	27,0±1,8 ^{aBAB}	37,0±14,2 ^{aA}
6 ^a	Manhã	29,2±0,3 ^{aA}	5,9±0,3 ^{aBA}	7,5±0,0 ^{aB}	0,1±0,0 ^{aA}	28,0±0,0 ^{aA}	28,0±0,0 ^{aA}
	Tarde	31,0±0,7 ^{bA}	6,3±0,4 ^{bBA}	7,5±0,0 ^{aAB}	0,1±0,0 ^{aA}	28,0±0,0 ^{aA}	28,0±0,0 ^{aA}

cultivo de tambaqui em canais de abastecimento, nos diferentes blocos em 40 dias de experimento⁽¹⁾.

Variáveis analisadas	Bloco 1		Bloco 2		Bloco 3	
	Manhã	Tarde	Manhã	Tarde	Manhã	Tarde
Temperatura (°C)	29,1±0,8	30,8±0,9	29,1±0,7	30,9±0,8	29,5±0,6	30,8±0,9
Oxigênio Dissolvido (mg/L)	6,8±0,52	7,10±0,51	6,6±0,5	6,9±0,5	6,5±0,5	7,0±0,5
pH	7,0±0,3	7,0±0,4	7,0±0,3	7,1±0,4	7,0±0,3	7,1±0,4
Amônia (mg/L)	0,1±0,1	0,1±0,1	0,1±0,1	0,1±0,1	0,1±0,1	0,1±0,1
Alcalinidade (mg/L)	28,4±5,1	27,4±2,5	29,3±4,4	28,0±3,0	28,0±4,0	27,3±2,8
Dureza (mg/L)	31,6±10,0	32,8±9,5	28,2±8,6	30,9±7,8	28,0± 5,2	28,5± 3,3

⁽¹⁾ Não foram detectadas diferenças significativas nas variáveis de qualidade de água com relação à localização dos blocos ao longo do canal de abastecimento, pelo teste de tukey, a 5% de probabilidade.

Os valores médios dos parâmetros limnológicos observados em relação às semanas de cultivo e horário, encontram-se dispostos na Tabela 2.

Tabela 2. Valores médio±desvio padrão das variáveis de qualidade de água durante o cultivo de tambaqui em canais de abastecimento, em diferentes horários e semanas do período experimental⁽¹⁾.

⁽¹⁾Valores seguidos pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade. ^{a-}

^bComparação entre diferentes horários dentro da mesma semana. ^{A-B}Comparação entre mesmo horário nas diferentes semanas.

A temperatura alcançou níveis médios no período experimental de $30,0 \pm 1,1^\circ\text{C}$. No horário das 16:00 horas foram encontrados valores de temperaturas significativamente maiores em relação aos dados coletados as 8:00 horas da manhã.

Durante o vigésimo oitavo dia de cultivo foram observados os menores valores desta variável, possivelmente devido a intensificação do regime de chuvas na calha do Rio São Francisco, contudo, a amplitude de variação da temperatura nas secções de cultivo não foi significativa (máximo de $1,6^\circ\text{C}$) mantendo-se dentro da faixa ótima de confinamento para a espécie (Mendonça et al., 2009).

Os resultados mostraram que é possível que valores mais altos alcançados no período da tarde possam implicar em um aumento da taxa de arraçoamento neste horário, para suprir a exigência alimentar em decorrência da aceleração do metabolismo destes organismos, haja vista que variações na temperatura modificam as respostas biológicas em peixes, principalmente sobre o ritmo diário de alimentação (Mendonça et al., 2009; Gurgel & Vinatea, 2010).

As concentrações de oxigênio dissolvido apresentaram um padrão similar ao da temperatura, sendo menor pela manhã ($6,7 \pm 0,5$ mg/L) e maior no período da tarde ($7,0 \pm 0,5$ mg/L), com incremento gradual e lento durante o dia, até declinar em função da diminuição da incidência de luz disponível (Sipaúba-Tavares, 1994). Valores de oxigênio dissolvido ($6,8 \pm 0,5$ mg/L) só apresentaram diferenças significativas a partir da quarta semana do experimento, ocorrendo pequena diminuição nas suas concentrações à medida que o cultivo se prolongava. Tal fato pode ser atribuído ao aumento da biomassa, como também ao acúmulo de matéria orgânica de origem fecal e ração não consumida.

Em situação de cultivo semelhante a este estudo, Lima et al. (2008) encontraram valores próximos (5,0 a 6,0 mg/L), enquanto que valores inferiores (1,72 a 3,48 mg/L) foram encontrados por Oliveira et al. (2007) em sistemas de cultivo com baixo fluxo de água. Estas afirmações sugerem que sistemas de canais (fluxo contínuo de água), melhoram substancialmente as condições de oxigênio dissolvido devido proporcionar melhor renovação da coluna de água. Apesar do ambiente de confinamento mostrar-se bastante oxigenado, esta supersaturação declinou nas duas maiores densidades de cultivo (90 e 120 peixes/m³), atingindo valores de 6,1 mg/L, provavelmente decorrente do

aumento da biomassa e da quantidade de ração fornecida (Tabela 3). Resultados semelhantes foram encontrados por Maeda et al. (2006) e Lima et al. (2008) monitorando variáveis hídricas em raceways e canais de irrigação com cultivo de tilápias, onde teores de oxigênio chegaram a atingir valores de 3,5mg/L na densidade de 30 peixe/m³, levando a sugerir que podem ser influenciados pela maior densidade e pelo tempo de residência da água.

Os dados de pH comprovaram não ocorrer alterações severas no período de estudo, todavia, valores menores deste parâmetro foram encontrados no período da manhã. Este dado pode ser explicado pelo aumento dos níveis de CO₂ e diminuição do ritmo fotossintético durante o período noturno, favorecendo quedas da produção de oxigênio, devido o aumento da respiração por seres autotróficos (Sipaúba-Tavares, 1994), assim, mesmo havendo renovação constante da água em canais, esta não é suficiente para evitar a formação de compostos ácidos.

Tabela 3. Valores médio±desvio padrão das variáveis de qualidade de água durante o cultivo de tambaqui em canais de abastecimento, em diferentes densidades de estocagem e semanas do período experimental⁽¹⁾.

⁽¹⁾Valores seguidos pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade. ^a
^bComparação entre diferentes densidades de estocagem dentro da mesma semana. ^{A-B}Comparação entre
mesmas densidades de estocagem nas diferentes semanas.

Nas últimas semanas do estudo foi possível observar pequena oscilação desta variável atingindo no trigésimo quinto dia valores médios de $7,50 \pm 0,01$, contudo

Semanas	Densidades de estocagem	Temperatura (°C)	Oxigênio Dissolvido (mg/l)	pH	Amônia (mg/L)	Alcalinidade (mg/L)	Dureza (mg/L)
1 ^a	60	$30,1 \pm 0,9^{aA}$	$7,2 \pm 0,3^{aA}$	$7,1 \pm 0,3^{aA}$	$0,1 \pm 0,0^{aA}$	$32,5 \pm 2,5^{aB}$	$25,0 \pm 3,8^{aA}$
	90	$30,0 \pm 0,7^{aA}$	$7,4 \pm 0,3^{aA}$	$7,1 \pm 0,3^{aA}$	$0,1 \pm 0,0^{aA}$	$32,5 \pm 2,5^{aA}$	$27,0 \pm 2,0^{aA}$
	120	$30,0 \pm 0,8^{aA}$	$7,2 \pm 0,2^{aA}$	$7,0 \pm 0,0^{aA}$	$0,1 \pm 0,0^{aA}$	$32,5 \pm 2,5^{aA}$	$27,0 \pm 2,0^{aA}$
2 ^a	60	$30,7 \pm 0,9^{aA}$	$7,0 \pm 0,5^{aA}$	$7,3 \pm 0,3^{aA}$	$0,1 \pm 0,0^{aA}$	$27,0 \pm 2,0^{aA}$	$26,0 \pm 4,0^{aA}$
	90	$30,7 \pm 0,9^{aA}$	$7,3 \pm 0,5^{aA}$	$7,3 \pm 0,3^{aA}$	$0,1 \pm 0,0^{aA}$	$30,0 \pm 2,3^{aA}$	$26,0 \pm 4,0^{aA}$
	120	$30,5 \pm 0,8^{aAA}$	$7,3 \pm 0,4^{aA}$	$7,3 \pm 0,3^{aA}$	$0,1 \pm 0,0^{aA}$	$30,0 \pm 2,5^{aA}$	$29,0 \pm 2,0^{aA}$
3 ^a	60	$29,8 \pm 0,6^{aA}$	$7,1 \pm 0,4^{aA}$	$7,0 \pm 0,0^{aA}$	$0,1 \pm 0,0^{aA}$	$28,0 \pm 0,0^{aA}$	$28,0 \pm 0,0^{aA}$
	90	$30,0 \pm 0,7^{aA}$	$7,3 \pm 0,5^{aA}$	$7,0 \pm 0,0^{aA}$	$0,1 \pm 0,0^{aA}$	$28,0 \pm 0,0^{aA}$	$28,0 \pm 0,0^{aA}$
	120	$30,2 \pm 0,7^{aA}$	$7,1 \pm 0,3^{aA}$	$7,0 \pm 0,0^{aA}$	$0,1 \pm 0,0^{aA}$	$28,0 \pm 0,0^{aA}$	$28,0 \pm 0,0^{aA}$
4 ^a	60	$29,3 \pm 0,8^{aA}$	$6,0 \pm 0,3^{aB}$	$6,9 \pm 0,5^{aAA}$	$0,3 \pm 0,0^{aB}$	$25,0 \pm 2,0^{aA}$	$29,0 \pm 3,0^{aA}$
	90	$29,2 \pm 0,8^{aA}$	$6,7 \pm 0,3^{aBA}$	$6,9 \pm 0,5^{aAA}$	$0,3 \pm 0,0^{aB}$	$24,0 \pm 0,0^{aB}$	$29,0 \pm 3,0^{aA}$
	120	$28,9 \pm 1,0^{aAB}$	$6,6 \pm 0,3^{aB}$	$6,9 \pm 0,5^{aAA}$	$0,3 \pm 0,0^{aB}$	$24,0 \pm 0,0^{aB}$	$29,0 \pm 3,0^{aA}$
5 ^a	60	$30,1 \pm 0,9^{aA}$	$6,7 \pm 0,2^{aA}$	$6,8 \pm 0,3^{aAA}$	$0,2 \pm 0,0^{aA}$	$26,0 \pm 2,3^{aA}$	$37,0 \pm 6,7^{aA}$
	90	$30,4 \pm 1,0^{aA}$	$6,7 \pm 0,4^{aB}$	$6,8 \pm 0,3^{aAA}$	$0,2 \pm 0,0^{aA}$	$26,0 \pm 2,8^{aB}$	$37,0 \pm 6,9^{aA}$
	120	$30,2 \pm 1,0^{aA}$	$6,6 \pm 0,4^{aB}$	$6,8 \pm 0,3^{aAA}$	$0,2 \pm 0,0^{aA}$	$27,0 \pm 2,7^{aB}$	$37,0 \pm 6,5^{aA}$
6 ^a	60	$29,9 \pm 0,9^{aA}$	$6,3 \pm 0,5^{aB}$	$7,5 \pm 0,0^{aAB}$	$0,1 \pm 0,0^{aA}$	$28,0 \pm 0,0^{aA}$	$28,0 \pm 0,0^{aA}$
	90	$30,5 \pm 1,1^{aA}$	$6,1 \pm 0,5^{aBB}$	$7,5 \pm 0,0^{aAB}$	$0,1 \pm 0,0^{aA}$	$28,0 \pm 0,0^{aA}$	$28,0 \pm 0,0^{aA}$
	120	$30,2 \pm 0,9^{aA}$	$6,1 \pm 0,4^{aB}$	$7,5 \pm 0,0^{aAB}$	$0,1 \pm 0,0^{aA}$	$28,0 \pm 0,0^{aA}$	$28,0 \pm 0,0^{aA}$

permaneceu dentro dos limites aceitáveis para criatórios de peixes (Aride et al., 2007), esta possível elevação do pH também pode estar relacionada a evaporação que ocorre em ambientes como os canais (Redding-Coates & Coates, 1981; Redding & Midlen, 1992). Adicionalmente, menores valores de pH foram observados em maiores densidades (Tabela 3), fato também ocorrido nos estudos de Lima et al. (2008), em um sistema com fluxo contínuo de água, enquanto que Oliveira et al. (2007) e Brandão et al. (2004) observaram esta mesma condição em sistemas de baixa vazão. Devido o aumento da densidade, há um incremento na taxa de respiração e nos níveis de CO₂ no ambiente, quando em contato com a água formam o ácido carbônico, favorecendo a diminuição do pH (Sipaúba-Tavares, 1994). Por outro lado os valores de pH entre 6,8 e

7,5 não criou condições químicas adequada para formação da amônia não ionizada que é tóxica para muitas espécies.

Não ocorreram diferenças significativas nos valores de amônia entre os horários coletados e entre as densidades, esta se manteve dentro dos níveis toleráveis para criação de tambaqui (Chagas et al., 2007), porém foi observado um aumento pontual na quarta e quinta semana de estudo. Por outro lado, Oliveira et al., 2007 encontraram resultados diferentes, com aumento dos teores de amônia em maiores densidades de cultivo. Estes resultados sugerem que os níveis de amônia em sistema de cultivo em canais são influenciados pelo tempo de cultivo, e com menor intensidade, pela densidade de estocagem.

Os valores de alcalinidade apresentaram diferenças estatísticas ($p < 0,05$) em relação ao tempo de cultivo. Maiores valores desta variável foram observados nas duas primeiras semanas de estudo (média de 32,5 e 29 mg/L, respectivamente), declinando ao longo do cultivo e atingindo teores mais baixos na quarta semana do experimento (24,3 mg/L). Este fato pode está associado à diluição das bases pela captação de água com diferentes propriedades limnológicas, aumento do regime de chuvas na calha principal do rio e ao processo de decomposição da matéria orgânica.

Apesar deste pequeno declínio observado no período final do estudo, os níveis de alcalinidade foram mantidos dentro dos limites aceitáveis (20 – 300 mg/L) (Sipaúba-Tavares, 1994). Nas maiores densidades do experimento foram encontrados maiores valores de alcalinidade e dureza, entretanto, estas alterações não foram significativas e mantiveram-se dentro dos padrões adequados para a criação da espécie em estudo (Tabela 3) (Araújo-Lima & Goulding, 1998).

Ao longo do período experimental a dureza da água não sofreu grandes alterações, ocorrendo uma leve tendência de aumento nas primeiras quatro semanas de cultivo, no entanto, possíveis mudanças deste parâmetro só foram evidentes a partir da penúltima semana atingindo picos de 37,0 mg/L nos dois horários de coleta ($p < 0,05$). Este dado contrasta com os encontrados por Lima et al. (2008), onde concluiu que o declínio decorrente da dureza foi ocasionado pelo aumento da vazão do canal ou pela presença de moluscos gastrópodes, responsáveis pela retirada de carbonato de cálcio e

magnésio da água (Gurgel & Vinatea, 2010), enquanto que no presente experimento estes fatos podem ser descartados.

Os resultados do trabalho em questão mostraram que a dureza manteve-se dentro dos limites favoráveis ao cultivo de peixes de água doce (0–75mg/L), sendo classificada como água mole (Sipaúba-Tavares, 1994). Em ambientes aquáticos naturais, a dureza geralmente se equipara à alcalinidade, porque tanto o cálcio (Ca^+) como o magnésio (Mg^+) encontra-se associados aos íons bicarbonatos e carbonatos (Arana, 2004). No entanto em águas onde a dureza supera a alcalinidade, parte dos íons Ca^+ e Mg^+ se encontram associados a sulfatos, nitratos, cloretos e silicatos, o que não é desejável para os peixes (Sipaúba-Tavares, 1994). Dessa maneira, o efeito da evaporação em canais pode ter favorecido o aumento nos teores de dureza, pela possível elevação da quantidade de sais na água que tendem a precipitar os carbonatos (Redding & Midlen, 1992).

Os resultados de condutividade elétrica, em geral, encontram-se dentro dos limites previstos em cultivos (60 a 500 $\mu\text{S}/\text{cm}$) (Gurgel & Vinatea, 2010). A elevação dos níveis de condutividade elétrica (Tabela 4), ao longo do estudo pode está atrelada ao aumento da matéria orgânica na água proveniente das excretas dos peixes e resto de ração não consumida, contribuindo para o acúmulo de íons no ambiente de cultivo (Itaussú et. al., 2004), tempo de residência da água (Oliveira et. al., 2010), ou ainda, ao aumento dos teores de dureza, por serem grandezas diretamente proporcionais (Arana, 2004).

Os dados de sólidos dissolvidos totais foram considerados baixos (Tabela 4), porém manteve-se dentro da faixa de conforto para o cultivo de peixes de água doce (5 – 200 mg/l), indicando boa qualidade da água para a piscicultura, uma vez que valores acima de 200 mg/L podem ser prejudiciais ao desenvolvimento zootécnico dos peixes (Boyd, 1990).

Tabela 4. Valores médio±desvio das variáveis de qualidade de água durante o cultivo de tambaqui em canais de abastecimento, em diferentes períodos do experimento⁽¹⁾.

Período de monitoramento (dias)	Condutividade elétrica mS/cm	Sólidos dissolvidos totais mg/L
5	0,1±0,0 ^a	18,4±0,6 ^a
25	106,0±0,0 ^b	53, 0±0,0 ^b

40	95,7±0,6 ^{ab}	48,0±0,0 ^{ab}
----	------------------------	------------------------

⁽¹⁾Valores seguidos pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade. ^{a-b}Comparação entre a variável nos diferentes períodos.

Na literatura é comum notarmos densidades de cultivo variadas de acordo com a biologia, idade e fase de cultivo dos peixes (Maeda et al., 2006; Oliveira et al., 2007; Pedreira et al., 2010), no entanto protocolos para cultivo de peixes, em especial o tambaqui em sistemas de canais, quando se trata de densidade ideal, ainda são incipientes.

Os valores para o desenvolvimento zootécnico dos juvenis de tambaqui estão dispostos na tabela 5.

Tabela 5. Valores médio±desvio dos parâmetros de desempenho de tambaqui cultivados em canais de abastecimento, em diferentes densidades⁽¹⁾.

Variáveis observadas	Densidades (peixe/m ³)		
	60	90	120
Peso inicial (g)	13,60 ± 4,10	14,40 ± 4,90	15,30 ± 5,30
Peso final (g)	50,21 ± 5,24	46,79± 2,14	50,65 ± 3,25
Ganho de peso (g)	35,76 ± 4,64	32,95 ± 2,38	36,25 ± 3,25
Conversão alimentar aparente	0,96 ± 0,10	1,05 ± 0,06	0,95 ± 0,08
Crescimento específico em peso (%)	3,11 ± 0,24	2,95 ± 0,11	3,13 ± 0,15

⁽¹⁾Valores seguidos pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Os valores médios de ganho de peso (0,93g/dia) do presente estudo foram semelhantes aos obtidos por Arbeláez-Rojas et al. (2002), ao observarem ganhos de 1,05 g/dia para a mesma espécie, em sistema intensivo em canal de igarapé, alimentados com ração comercial (30% PB). Estes mesmos autores observaram valores superiores (4,5g/dia) em viveiros. O fato demonstra que em sistemas com alto fluxo de água a espécie obteve maior gasto energético devido movimentos natatórios contra o fluxo de água, o que pode ocasionar diminuição no ganho de peso. Paralelamente, o cultivo em canais pode ter favorecido efeito adicional na eliminação do excesso de gordura corpórea depositada na cavidade abdominal de tambaquis (Fernandes et al., 2010), pois a hidrodinâmica geralmente influencia na composição corpórea e concentrações de gordura no filé desta espécie, condição observada por Arbeláez-Rojas et al. (2002), não testada no presente experimento.

A conversão alimentar aparente obtida neste estudo foi melhor do que a reportada por Arbeláez-Rojas et al. (2002) (C.A.A.=1,80), Brandão et al. (2004) (C.A.A.= 1,27 a 0,92) com juvenis desta espécie, Brandão et al. (2005) (C.A.A.= 1,35 a 1,31) avaliando a densidade de juvenis de matrinxã durante a recria em tanques redes e finalmente, por Maeda et al., 2006 (C.A.A. = 1,56 a 1,30) na segunda alevinagem de tilápia nilótica em sistemas raceway. Os resultados demonstram que juvenis de tambaquis são tão eficientes em converter a ração em peso quanto à tilápia nilótica e matrinxã em diferentes sistemas de cultivo. É possível que o ritmo diário de alimentação de três vezes ao dia empregado no cultivo, tenha favorecido os juvenis traduzindo em um melhor manejo alimentar (Fernandes et al., 2010).

Diferentemente do observado por Souza et al. (1998), com cultivo de tambaqui em diferentes densidades, onde os indicadores relacionados ao crescimento dos peixes foram inversamente proporcionais ao aumento da densidade, no presente estudo, as variáveis de desempenho se mantiveram no mesmo padrão com o aumento da quantidade de indivíduos. Quanto ao ganho de peso e a conversão alimentar aparente (0,9 a 1,8), estes encontram-se dentro do patamar ideal para criação de espécies onívoras (Kubitza, 2004).

A piscicultura moderna se baseia em sistemas de produção onde ocorram múltiplas funções do uso da água (Subasinghe et al., 2009). Esta afirmação abre precedentes para que canais de abastecimento se tornem ótimos sistemas para a manutenção do ambiente aquático, uma vez que se aproveita uma estrutura já existente, com fluxo contínuo de água, por onde pode haver um incremento nas densidades de cultivo e com múltiplas funções (piscicultura e irrigação de culturas), obtendo máxima produtividade por área e um pescado com níveis de proteína mais desejável para indústria de processamento e beneficiamento.

Referências

ARANA, L.V. **Fundamentos de aquicultura**. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina Editora, 2004. 348p.

ARAÚJO- LIMA, C.A.R.M.; GOMES, L. de C. Tambaqui (*Colossoma macropomum*). In: BALDISSEROTTO, B.; GOMES, L. de C. **Espécies nativas para piscicultura no Brasil**. Santa Maria: UFSM, 2005. p.67- 104.

ARAUJO-LIMA, C.A.R.M.; GOULDING, M. **Os frutos do Tambaqui: ecologia, conservação e cultivo na Amazônia**. Sociedade Civil Mamirauá/ CNPq/ Rainforest Alliance. Brasília, 1998.186p.

ARBELÁEZ-ROJAS, G.A.; FRACALOSSO, D.M.; FIM, J.D.I. Composição corporal do tambaqui, *Colossoma macropomum* e matrinxã, *Brycon cephalus*, em sistema de cultivo intensivo, igarapé e semi-intensivo, viveiros. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.31, n.3, p.1059-1069, 2002.

ARIDE, P.H.R.; ROUBACH, R.; VAL, A.L. Tolerance response of tambaqui *Colossoma macropomum* (Cuvier) to water pH. **Aquaculture Research**, v.38, p.588-594, 2007.

BORGES, A.D.; LOPES, W.; SILVA, G.C.; NASCIMENTO, M.R.B.M. Efeito da densidade na conversão alimentar de tambaquis (*Colossoma macropomum*) criados em sistema de tanques-rede. **Veterinária Notícia**, v.12, n.2, p.58, 2006.

BOYD, C. **Water quality in ponds for aquaculture**. Alabama: Birmingham, 1990. 482p.

BRANDÃO, F.R.; GOMES, L.C.; CHAGAS, E.C.; ARAÚJO, L.D. Densidade de estocagem de juvenis de tambaqui durante a recria em tanques-rede. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.39, n.4, p.357-362, 2004.

BRANDÃO, F.R.; GOMES, L.C.; CHAGAS, E.C.; ARAÚJO, L.D.; SILVA, A.L.F. Densidade de estocagem de juvenis de matrinxã (*Brycon amazonicus*) durante a recria em tanques-rede. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.40, n.3, p.299-303, 2005.

CHAGAS, E.C.; GOMES, L.C.; MARTINS JÚNIOR, H.; ROUBACH, R. Produtividade de tambaqui criado em tanque-rede com diferentes taxas de alimentação. **Ciência Rural**, v.37, n.4, p.1109-1115, 2007.

FERNANDES, T.R.C.; DORIA, C.R.C.; MENEZES, J.T.B. Características de carcaça e parâmetros de desempenho do tambaqui (*Colossoma macropomum*, CUVIER, 1818) em diferentes tempos de cultivo e alimentado com rações comerciais. **Boletim do Instituto de Pesca**, v.36, n.1, p.45-52, 2010.

GURGEL, J.J.S.; VINATEA, J.E. Métodos de aumento da produtividade aquática natural (Parte 2). In: **Manual sobre manejo de reservatórios para a produção de peixes**. Programa Cooperativo Governamental - FAO (Itália). Disponível em: <http://www.fao.org/docrep/field/003/ab486p/AB486P02.htm>. Acesso em: 10 nov. 2010.

ITUASSU, D.R.; SANTOS, G.R.S.; ROUBACH, R.; PEREIRA-FILHO, M. Desenvolvimento de tambaqui submetido a períodos de privação alimentar. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.39, n.12, p.1199-1203, 2004.

KUBITZA, F. Coletânea de informações aplicadas ao cultivo do tambaqui, do pacu e de outros peixes redondos. **Panorama da Aqüicultura**, v.14, n.82, p.27-37, 2004.

LIMA, C.B.; OLIVEIRA, E.G.; ARAÚJO-FILHO, J.M.; SANTOS, F.J.S.; PEREIRA, W.E. Qualidade da água em canais de irrigação com cultivo intensivo de tilápia nilótica (*Oreochromis niloticus*). **Revista Ciências Agrônômicas**, v.39, n.4, p.531-539, 2008.

MAEDA, H. SILVA, P. C.; AGUIAR, M. S.; PÁDUA, D. M. C.; OLIVEIRA, R. P. C. Efeitos da densidade de estocagem na segunda alevinagem de tilápia nilótica (*Oreochromis niloticus*) em sistema raceway. **Ciência Animal Brasileira**, v. 7, n. 3, p. 265-272, 2006.

MENDONÇA, P.P.; FERREIRA, R.A.; VIDAL JUNIOR, M.V.; ANDRADE, D.R.; SANTOS, M.V.B.; FERREIRA, A.V.; REZENDE, F.P. influência do fotoperíodo no desenvolvimento de juvenis de Tambaqui (*Colossoma macropomum*). **Archivos de Zootecnia**, v.58, n.223, p.323-331, 2009.

MPA (Ministério da Pesca e aquicultura) **Produção pesqueira e aquícola: Estatística 2008 e 2009**. Brasília: MPA, 2010. 29p. Disponível em: <http://www.mpa.gov.br/mpa/seap/Jonathan/mpa3/dados/2010/Docs/Caderno%20Consoli>

da%C3%A7%C3%A3o%20dos%20dados%20estatísticos%20final%20curvas%20-%20completo.pdf. Acesso em: 18 jan. 2011.

OLIVEIRA, R.P.C.; SILVA, P.C.; PADUAS, D.M.C.; AGUIAR, A.; MAEDA, H.; MACHADO, N.P.; RODRIGUES, V.; SILVAS, R.H. Efeitos da densidade de estocagem sobre a qualidade da água na criação do tambaqui (*Colossoma macropomum*, Cuvier, 1818) durante a segunda alevinagem, em tanques fertilizados. **Ciência Animal Brasileira**, v.8, n.4, p.705-711, 2007.

OLIVEIRA, R.P.C.; SILVA, P.C.; BRITO, P.P.; GOMES, J.P.; SILVA, R.F.; SILVEIRA FILHO, P.R.; ROQUE, R.S. Variáveis hidrológicas físico-químicas na criação da tilápia-do-nilo no sistema *raceway* com diferentes renovações de água **Ciência Animal Brasileira**, v.11, n.3, p.482-487, 2010.

PAVANELLI, G. C.; EIRAS, J. C.; Takemoto, R.M. **Doenças de peixes: profilaxia, diagnóstico e tratamento**. Maringá EDUEM: CNPq: Nupelia. 1998. 264 p.
PEDREIRA, M.M.; SAMPAIO, E.V.; SANTOS, J.C.E.; LUZ, R.K. Cultivo de matrinxã *Brycon orthotaenia* (Günther, 1864) em tanques-rede, em diferentes densidades de estocagem. **Acta Scientiarum. Biological Sciences Maringá**, v. 32, n. 1, p. 17-22, 2010.

PEREIRA FILHO, M., FONSECA, F.A.L., SILVA, J.A.M. E BRANDÃO, L.V. Nutrição e boas práticas de manejo em aquicultura. **PUBVET**, v.2, n.18, 2008.

REDDING, T.A.; MIDLEN, A.B. Estudio de la producción piscícola en los canales de riego. **FAO Documento Técnico de Pesca**. n.317, 1992. 114p.

REDDING-COATES, T.A.; COATES D. On the introduction of phytophagous fish into the gravity flow irrigation systems in the Sudan. **Aquaculture Research**, n.12, v.3, p.89–99, 1981.

SIPAÚBA-TAVARES, L.H. **Limnologia Aplicada a Aquicultura**. Jaboticabal: FUNEP, 1994. 70p.

SIPAÚBA-TAVARES, L.H.; BARROS, A.F.; BRAGA, F.M.S. Effects of floating macrophyte cover on the water quality in fishpond. **Acta Scientiarum**, v.25, n.1, p.101-106, 2003.

SOUZA, R.A.L.; MELO, J.S.C.; PEREIRA, J.A. ; PERET, A.C. – Determinação da densidade de estocagem de alevinos de tambaqui *Colossoma macropomum* Cuvier, 1918 (Pisces, Characidae) no Estado do Pará – Brasil. **Boletim Técnico do CEPTA**, v.11, p.39-48, 1998.

SUBASINGHE, R.; SOTO, D.; JIA, J. Global aquaculture and its role in sustainable development. **Reviews in Aquaculture**, v.1, p.2-9, 2009.

VALLEJO, S.V; GONZÁLEZ-POSADA, J.O. **Acuicultra: La revolución azul**. Seria publicações científicas y tecnológicas del observatorio Español de Acuicultura, Madrid 2007. 363p.

4 Eficiência do aguapé na qualidade da água em canais de abastecimento utilizado em piscicultura

Resumo: As principais fontes poluentes do ambiente aquático são rações e excretas dos peixes que apresentam altos teores de nitrogênio e fósforo. Para minimizar tais impactos existe a necessidade do tratamento dos efluentes gerados na atividade aquícola. Nesse contexto, foi avaliado o efeito de *Eichhornia crassipes* na remoção de resíduos e melhora dos aspectos limnológicos da água na piscicultura. O experimento foi conduzido em um período de 60 dias em canais de abastecimento, seccionados com telas, utilizando uma densidade de 120 peixes/m³. As seções foram divididas em etapas, intercaladas, com presença e/ou ausência de aguapé. Não foram constatadas diferenças significativas ($p > 0,05$) entre a amônia, alcalinidade e dureza do efluente dos dois sistemas de tratamento, contudo foi comprovado a eficiência do aguapé na remoção de nutrientes como o fósforo, sendo recomendado, o seu uso em sistemas de criação.

Palavras chaves: *Eichhornia crassipes*, tratamento de efluentes, fósforo.

Abstract: Biofilter efficiency of water hyacinth on water quality in canals utilize in pisciculture. The main sources of pollution of the aquatic environment are feed and excreta of the fish that have high levels nitrogen and phosphorus. To minimize these impacts there is a need for treatment of effluents activity in aquaculture. In this context, we evaluated the effect of *Eichhornia crassipes* in waste removal and improvement of the limnological aspects of water in pisciculture. The experiment was conducted over a period 60-day supply channels, sectioned with screens, using a density of 120 fish / m³. The sections were divided into stages, interspersed with presence or absence of water hyacinth. Were not observed Significant differences ($p > 0.05$) ammonia, alkalinity and hardness of the effluent of both systems treatment, however it was proven the efficiency of water hyacinth the removal of nutrients such as phosphorus, and recommended its use in farming systems.

Key words: *Eichhornia crassipes*, treatment effluent, phosphorus.

4.1 Introdução

A aquicultura contribui para modificação nas características físicas e químicas dos corpos d'água por meio de resíduos sólidos orgânicos e nutrientes, como nitrogênio e fósforo, proveniente principalmente, das sobras de rações e das excretas dos animais (Henry-Silva & Camargo, 2006).

O lançamento direto e contínuo dos efluentes de aquicultura pode resultar em acumulação crônica, levando ao processo de eutrofização artificial, com consequências ecológicas negativas sobre o ambiente (Macedo & Sipaúba-Tavares, 2010). Desse modo, há a necessidade da busca por alternativas que auxiliem na diminuição do impacto no meio aquático provenientes de sistemas de cultivo semi e intensivos, onde altas taxas de nutrientes, provenientes da alimentação e densidades elevadas de organismos são cada vez mais utilizadas (Sipaúba-Tavares et al., 2003).

Uma alternativa para o tratamento e minimização dos efluentes gerados na piscicultura vem sendo proposta por vários autores, onde o uso de biofiltros composto por macrófitas aquáticas parece ser uma solução barata e viável (Sipaúba-Tavares et al., 2002; Sipaúba-Tavares et al., 2003; Crema, 2005; Hussar et al., 2005; Henry-Silva & Camargo, 2006; Ferdoushi et al., 2008; Gentelini et al., 2008). As principais vantagens dos sistemas com macrófitas aquáticas são o baixo custo de implementação e manutenção, com comprovada eficiência no tratamento de diversos tipos de efluentes (Klomjek & Nitisoravut, 2005), adicionalmente, a biomassa produzida pode ser aproveitada na produção de biogás na alimentação animal e como fertilizante na agricultura (Henry-Silva & Camargo, 2002; Pompêo, 2008).

Eichhornia crassipes, (Martius) Solms-Laubach, popularmente conhecida como aguapé, classifica-se como monocotiledônea pertencente à família das Pontederiaceae, considerada cosmopolita e com alta taxa de crescimento, é uma macrófita aquática emersa flutuante originária da região amazônica (Martins & Pitelli, 2005). A espécie prolifera rapidamente em lagos com elevadas concentrações de nutrientes

(eutrofizados), utilizados em seu metabolismo, e de certa forma tem a capacidade de remover metais pesados e outros contaminantes da água (Gonçalves Júnior et al., 2008).

O aguapé vem sendo aplicado nos tratamentos de efluentes, tanto industrial como agropecuários, inclusive na aquicultura (Henry-Silva & Camargo, 2006). Segundo Henry-Silva & Camargo (2006) *E. crassipes* é uma das macrófitas aquáticas que apresentaram maior eficiência na melhoria da qualidade dos efluentes, qualidades estas reforçadas pelos estudos de Gentelini et al. (2008) ao qual recomendam o aguapé no tratamento da água em sistemas de cultivo de peixes.

O uso destas plantas em canais de abastecimento pode ser uma solução sustentável, devido reunir a tríade; sustentabilidade econômica, ambiental e social, já que, canais apresentam construção de fácil execução e sua estrutura encontra-se terminada (irrigação); proporciona a diminuição do estresse nas etapas de manejo, facilidade de manuseio e monitoramento das condições gerais dos organismos, além de existir alta taxa de renovação de água e carreamento de nutrientes neste tipo de sistema (Redding & Midlen, 1992; Arbeláez-Rojas et al., 2002; Lima et al., 2008). Ao utilizar tambaquis, peixes rústicos de grande aceitação e disseminados em programas chave de cultivo no Brasil (Araújo-Lima & Gomes, 2005), podem ser uma alternativa de sucesso do ponto de vista da aquicultura moderna.

Desta forma, o objetivo deste trabalho foi verificar a eficiência de remoção de nutrientes pelo aguapé, *E. crassipes*, em efluentes de criação de tambaqui (*Colossoma macropomum*) em canais com fluxo contínuo de água.

4.2 Material e Métodos

O Estudo foi conduzido no Centro Integrado de Recursos Pesqueiros e Aquicultura do Betume 4ª CIB 4ª SR -CODEVASF, localizada no município de Neópolis-Sergipe, no período 13 de maio a 15 de julho de 2010.

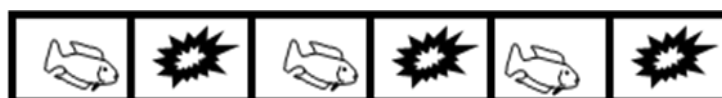
Após o período de aclimação, correspondente a nove dias, trezentos e sessenta juvenis de tambaqui foram selecionados, medidos, pesados e distribuídos homogeneamente ($10,6 \pm 1,0$ cm de comprimento padrão; $49,5 \pm 2,8$ g de peso) em uma

densidade de 120 peixes/m³ por secção de canal (1,0 m³). Os indivíduos foram alimentados em duas porções diárias (8:30h e 16:30h) correspondendo a 5% da biomassa viva, utilizando ração extrusada comercial (Nutron), contendo 32% (Mínimo) de proteína bruta, umidade de 12% (Máximo), 4% (Mínimo) de extrato etéreo, 12% (Máximo) de matéria mineral, 8% (Máximo) de material fibroso, 2% (Máximo) de cálcio e 0,6% (Mínimo) de fósforo.

O experimento foi realizado em canal de abastecimento utilizando 14 metros de extensão apresentando formato trapezoidal com as seguintes dimensões: 1,50 m altura x 1,40 m base maior x 0,35 m base menor e vazão controlada (5.000L/h). O canal foi seccionado em seis ambientes de cultivo (1,0 m³), intercalando as secções de tambaquis com as secções destinadas às zonas de alívio e/ou macrófitas aquáticas. As telas de arame (4,0 cm entre nós) usadas nas secções experimentais (volume útil de 0,90 m³) eram revestidas por zinco e PVC e costuradas em armação de aço dispostas e niveladas no canal. Adicionalmente foram colocadas redes secundárias (tela de segurança e rede anti-pássaro) para retenção de peixes no caso de fuga ou predação. Durante o experimento, as telas foram limpas semanalmente para evitar a formação do perifíton, retenção de detritos orgânicos e partículas inorgânicas associadas.

A condução do experimento se deu em quatro etapas intercaladas quinzenalmente, devido o período de senescência, (nutrientes podem ser liberados para o meio pelo processo de decomposição) e dispostas no seguinte formato: primeira e terceira quinzena - presença de peixes e aguapé e a segunda e quarta quinzena – presença de peixes e ausência de aguapé (Figura 4). Ao final de cada quinzena a vazão do canal foi aumentada por dois dias para propiciar a limpeza dos detritos antes de começar a outra etapa do experimento.

O aguapé foi coletado na margem do rio São Francisco em frente à estação de piscicultura em seguida foi ambientado, por um período de 10 dias, em duas secções separadas da área do experimento no canal. A biomassa de macrófita inicial de cada secção correspondeu a 80% da área da unidade experimental (Henry-Silva & Camargo, 2006), totalizando 14 kg de peso fresco por m².



A

B

Figura 4. Esquema das seções do canal. A - primeira e terceira quinzena com presença de peixe e aguapé. B – segunda e quarta quinzena - presença de peixe e ausência de aguapé (Vz-vazio).

O efluente foi mensurado e monitorado na entrada e saída de cada secção em dois horários (8:00h e 16:00h) da seguinte forma: temperatura (°C) e oxigênio dissolvido (mg/L) (diariamente), por meio de um oxímetro (modelo YSi). Alcalinidade total (mg/L), dureza (mg/L), pH amônia total (mg/L) e nitrito (mg/L), por meio de kit colorimétrico (marca Alfakit) e fósforo e nitrogênio (mg/L) avaliados a cada 5 dias conforme método Kjeldahl e fotolorimetria (IPA, 2005).

As porcentagens de remoção de amônia e fósforo foram calculadas de acordo com Henry-Silva & Camargo (2008) pela equação:

$$R = 100 - [(100 \times C_{\text{etrat}}) / C_e]$$

em que: R = porcentagem de remoção; C_{etrat} = concentração de nutriente no efluente tratado com aguapé e C_e = concentração de nutriente no efluente tratado sem aguapé.

Ao final de cada quinzena com aguapés, estes foram removidos das secções para a determinação da produção da biomassa vegetal, estimada a partir da diferença entre o peso final e inicial. Antes da pesagem, foi retirado o excesso de água retida nas raízes dos vegetais, deixando-se a água escorrer por aproximadamente 5 minutos.

O experimento seguiu um delineamento experimental com medidas repetidas no tempo em parcelas subdivididas, onde os tratamentos foram presença e ausência do aguapé e horários (8:00 e 16:00h) e as sub-parcelas a qualidade da água durante o período do cultivo (períodos quinzenais).

A homogeneidade do lote após pesagem no início do experimento foi analisada pelo teste de Cochran a 5% de probabilidade. Os resultados obtidos no estudo foram determinados por intermédio da análise de variância, a 5% de significância, com a finalidade de aferir a eficiência de remoção dos efluentes da piscicultura pelo aguapé.

Quando “F” foi significativo, utilizou-se teste Tukey a 5%. Adicionalmente, foi utilizado o teste de Bonferroni ($p < 0,05$), com a finalidade de verificar médias de variáveis isoladas.

4.3 Resultados e Discussão

Ao término do período experimental, os juvenis de tambaquis apresentaram comprimento padrão de $13,9 \pm 1,61$ cm, peso de $90,1 \pm 3,69$ g, crescimento específico em peso diário de 1,0 % e sobrevivência de 100%. Os resultados de desempenho apresentaram valores inferiores aos obtidos em sistemas de cultivo com baixo fluxo de água e deve-se provavelmente ao tipo de habitat do tambaqui, que na fase juvenil preferem ambientes lênticos a lóticos, e/ou maior gasto energético, devido intenso movimento da coluna da água, ao quais os exemplares são submetidos em sistemas de fluxo contínuo (Goulding & Carvalho, 1982; Arbeláez-Rojas et al., 2002).

Os dados dos parâmetros físico-químicos do presente estudo estão apresentados Tabela 6.

A temperatura, como principal fator abiótico que influencia nas taxas metabólicas em peixes (pecilotérmicos), atinge diretamente o consumo de alimento (Smith, 1989), de certa forma, no decorrer do período experimental, menores valores de temperatura ($26,5 \pm 0,6$ e $28,1 \pm 0,8$ °C) foram observados no horário da manhã (média de $27,0 \pm 0,4$ °C) e nas secções sem a presença do aguapé, enquanto que no horário da tarde ($29,0 \pm 0,6$ °C) e nas unidades com macrófitas os valores foram maiores ($27,9 \pm 0,8$ e $29,2 \pm 1,0$ °C) ($p < 0,05$).

Tabela 6. Valores médio $\pm$ desvio padrão das características limnológicas da água do efluente tratado com e sem presença de aguapé durante o período estudado⁽¹⁾.

Variáveis	Horário	Tratamento com Aguapé	Tratamento sem Aguapé
Temperatura (°C)	Manhã	27.93±1.10 ^{aA}	26.91±0.59 ^{aB}
	Tarde	29.25±1.19 ^{bA}	28.10±0.79 ^{bB}
Oxigenio dissolvido (mg/L)	Manhã	6.00±0.45 ^{aA}	6.19±0.41 ^{aB}
	Tarde	6.39±0.35 ^{bA}	6.42±0.49 ^{bB}
pH	Manhã	6.93±0.32 ^{aA}	7.25±0.25 ^{bB}
	Tarde	7.07±0.32 ^{aA}	7.25±0.25 ^{bB}
Amônia (mg/L)	Manhã	0.21±0.32 ^{aA}	0.12±0.06 ^{bA}
	Tarde	0.29±0.37 ^{aB}	0.20±0.16 ^{bB}
Alcalinidade (mg/L)	Manhã	23.35±3.59 ^{aA}	24.67±3.63 ^{bA}
	Tarde	23.92±3.70 ^{aB}	24.67±3.64 ^{bB}
Dureza (mg/L)	Manhã	23.27±4.22 ^{aA}	24.67±3.65 ^{bA}
	Tarde	24.16±4.60 ^{aB}	24.67±3.66 ^{bB}
Fósforo (mg/L)	Manhã	1.84±0.74 ^{aA}	2.11±0.92 ^{bA}
	Tarde	2.02±0.82 ^{aB}	2.36±0.45 ^{bB}

⁽¹⁾Valores seguidos pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade. ^{a-b}Comparação entre os horários dentro do mesmo tratamento. ^{A-}

^BComparação entre mesmo horário nos diferentes tratamentos

Os resultados contrastam com os encontrados por Gentelini et al. (2008) (17,8 à 19,8 °C e vazão de 4,8 e 12 L/min) e Henry-Silva & Camargo (2008) (26,5 °C e vazão 1 L/min), ambos observaram que a presença de macrófitas diminuía os valores de temperatura, possivelmente, devido o sombreamento da superfície e menor absorção de raios solares, uma vez que não permitia a formação de radiação calorífica na coluna de água (Martins & Pitelli, 2005). O argumento utilizado é de que o possível aumento da vazão e pluviometria em certo período do experimento possa ter contribuído para estas diferenças.

Embora a vazão do canal de abastecimento tenha se mantido constante durante os sessenta dias, foi necessário um pequeno ajuste do fluxo de água em curto espaço de tempo (2 dias) na terceira quinzena do estudo para atender a demanda de viveiros de piscicultura e cultivos de hortaliças localizadas ao longo da estrutura. Afinal, o canal serve para o transporte de água com a premissa inicial de atender a irrigação de culturas, portanto a multiplicidade de seu uso pode gerar alguns conflitos, e desta forma, questões como manejo e gerenciamento hídrico podem ser decisivos ou dificultar a sustentabilidade deste sistema usado no cultivo de peixes em regiões do semi-árido (Redding & Midlen, 1992), fato também observado no presente estudo.

Por outro lado, o período quinzenal explicou pequeno aumento desta variável apenas na primeira quinzena ($p < 0,001$), ocorrendo desempenho similar nas quinzenas

subsequentes, assim, o mais plausível é que o aumento do regime de chuvas entre a segunda e quarta semanas possa justificar esta afirmação.

As concentrações de oxigênio dissolvido foram estatisticamente significativas entre os horários, quinzena de estudo e as interação entre os fatores quinzena x horário ($p < 0,001$). As 16:00 horas foram encontrados maiores valores desta variável (6,4 mg/L) em detrimento do horário da manhã (6,0 mg/L). Adicionalmente, teores deste parâmetro foram mais altos na primeira e segunda quinzena (teste de Tukey, não significativo, $p = 0,60$, entre estas duas primeiras quinzenas) que na terceira e quarta quinzena (não significativo entre estas duas últimas quinzenas, $p = 0,73$). Esta hipótese reforça que o desenho experimental adotado não prejudicou as análises, já que o tratamento com a presença e ausência de macrófitas contemplou períodos de chuva e de estiagem, comum nesta época do ano na região do baixo rio São Francisco.

Menores teores de oxigênio foram obtidos no tratamento com a presença do aguapé, sugerindo que fatores como: redução da solubilização de oxigênio em temperaturas mais elevadas, sombreamento da coluna d'água que inibe o desenvolvimento fitoplanctônico e à decomposição da matéria orgânica aderida ao sistema radicular do aguapé, podem ter contribuído para esta diminuição (Henry-Silva & Camargo, 2008). Resultados semelhantes foram encontrados por Reddy & DeBusk (1985) em sistemas de tratamento de efluentes com diferentes macrófitas. Estes autores concluíram que as baixas concentrações de oxigênio (2,4-3,9 mg/L) encontradas ocorreram pelo possível sombreamento na coluna da água e a decomposição da matéria orgânica.

Por outro lado, no tratamento sem aguapé a incidência dos raios solares favoreceu o desenvolvimento do fitoplâncton, que contribuíram para o aumento das concentrações de oxigênio. Resultado similar também foi constatado por Henry-Silva & Camargo (2006 e 2008), ao verificar a eficiência de macrófitas aquáticas no tratamento de piscicultura, estes autores observaram o desenvolvimento do maior aporte de fitoplâncton em tanques sem macrófitas, o que, conseqüentemente, promoveu aumento dos teores de oxigênio dissolvido no ambiente durante o dia.

É possível que a constante renovação e movimentação da água tenham impulsionado as trocas gasosas entre o meio aquático com o oxigênio atmosférico,

possibilitando a supersaturação do sistema, atenuando este efeito, entretanto, esta condição não foi observada avaliando-se as secções isoladamente (teste de Tukey, $p>0,05$).

Durante o período experimental, o pH não apresentou variações acentuadas. O efluente, tratado com aguapé apresentou menores valores quando comparados com o tratamento sem aguapé e foi levemente ácido no período da manhã. Tal afirmação pode ser explicada pela remoção de bases para o crescimento do aguapé. Padrão de redução semelhante foi observado por Henry-Silva & Camargo (2006) e Gentelini et al. (2008) após a passagem do efluente pelo sistema de tratamento com macrófitas aquáticas.

Não foram constatadas diferenças significativas ($p>0,05$) entre as quinzenas do experimento, secções de estudo e tratamentos com presença ou ausência de macrófitas para as variáveis; amônia e alcalinidade entre os dois sistemas utilizados no estudo. Apenas com relação ao fator horário foi possível observar diferenças significativas para estas variáveis, com valores oscilando entre 0,25 mg/L e 24,5 mg/L para ambas, respectivamente. Durante todo o período estudado não foi possível detectar nos dois tratamentos (presença e ausência de aguapé), níveis significativos de nitrito e nitrato nas unidades experimentais, tal fato pode estar relacionado ao tempo de residência da água (hidrodinâmica) que favorece o carreamento de metabólitos para fora da área de cultivo.

Menores valores de dureza foram encontrados no sistema de tratamento com aguapé. Estes resultados se assemelham aos encontrados por Vieira et al. (2010), que comprovou a eficiência de remoção de impurezas na água utilizando a macrófitas denominada taboa, *Typha domingensis*, como biofiltro, provavelmente devido a assimilação dos íons (cálcio e magnésio), proporcionado pela microbiota e macrófitas.

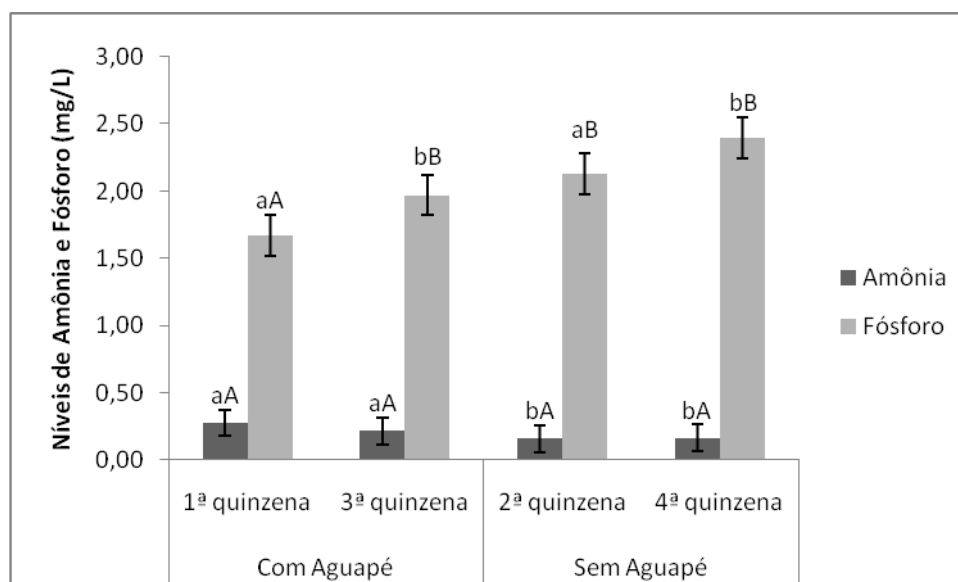
O monitoramento dos parâmetros físico-químicos da água tais como amônia e nitrito são prioritários para se definir a capacidade de suporte em cativeiro (Vinatea, 2004). Segundo Cole & Boyd (1986), é possível que teores de amônia não ionizada interfiram negativamente no desempenho dos peixes. Apesar de neste estudo, os índices de amônia apresentarem pequenas oscilações (mais evidentes no período vespertino), estas não afetaram significativamente o experimento.

O fluxo contínuo da água e a presença do aguapé influenciaram nas concentrações dos nutrientes, alterando assim a dinâmica limnológica do canal,

caracterizando um ambiente com bom padrão de qualidade de água, entretanto, ocorreu tendência de leve aumento, não significativo ($p>0,05$), nos níveis médios de amônia (NH_3) no sistema de tratamento com aguapé (Figura 5). Esta afirmação pode estar atrelada ao aumento da demanda de oxigênio e incremento da excreção por peixes, acúmulo de metabólitos proveniente da ração, ou ainda, maiores níveis de matéria orgânica provenientes da decomposição de raízes ou folhas de macrófitas e estresse do próprio vegetal em relação à velocidade da água no canal (Hurvitz et al., 1997 citado por Pereira & Mercante, 2005). Apesar deste dado é pouco provável que tenha contribuído negativamente no cultivo, já que permaneceram dentro dos padrões aceitáveis para ambientes de confinamento.

Avaliando-se o efeito isolado do teor de fósforo com relação à quinzena de estudo, ocorreram diferenças significativas da primeira quinzena de cultivo em relação às demais, contudo, os maiores valores desta variável foram encontrados nos tratamentos sem aguapé (Teste de Tukey, $p<0,05$) (Figura 5), onde o efluente tratado com macrófitas aquáticas apresentou menores valores de fósforo ($1,82\pm0,1$ mg/L) em comparação com o tratamento sem aguapé ($2,25\pm0,2$ mg/L).

Independentemente do tratamento, não foram encontrados diferenças nos níveis de fósforo entre os horários de coleta (teste de Tukey, $p= 0,06$). A exemplo dos estudos realizados por Crema (2005), Henry-Silva & Camargo (2006) e Gentelini et al., 2008, aos quais obtiveram 43%, 82,0% e 43% e 71,6% de sucesso na remoção de nutrientes, respectivamente, o presente estudo comprova a eficiência destes vegetais na remoção de fósforo em 12,8% pela manhã e de 14,4% pela tarde, a mais que o sistema sem aguapé (Tabela 6).



*a-b Comparação entre as quinzenas dentro do mesmo tratamento.

**A-B Comparação entre as quinzenas nos diferentes tratamentos

Figura 5. Níveis de fósforo e amônia nos tratamentos com presença e sem presença de aguapé.

Embora, os valores referendados no experimento em questão tenham sido menores que o de outros autores, é provável que o tempo de residência do efluente no sistema de fluxo contínuo esteja afetando o poder de filtração do aguapé. Alta vazão geralmente impede os processos de absorção de nutrientes e de sedimentação do material particulado, fato comprovado por Sipaúba-Tavares et al. (2002), que verificaram acréscimo nos valores de nutrientes no efluente tratado de um sistema com elevado fluxo.

Paralelamente, Sakadevan & Bavor (1999) observaram correlação positiva entre a eficiência na remoção de nutrientes pelas macrófitas aquáticas emersas e o tempo de residência do efluente. Assim, a vazão de 5.000L/h utilizada neste trabalho foi suficiente para atenuar os níveis de metabólitos nos efluentes de piscicultura, no entanto não dispensa o uso de aguapé, devido o poder adicional de filtragem deste vegetal.

A hipótese de que os primeiros quinze dias possam estar afetando nos resultados favoráveis ao uso do aguapé na filtração do fósforo não se justifica, pois menores valores deste parâmetro também foram encontrados na terceira quinzena (teste de Tukey, $p=0,274$), diferindo estatisticamente das etapas onde só constavam secção de alívio (Figura 5). Paralelamente, após cada fase experimental, o sistema de cultivo passou por um processo de limpeza e renovação de água, minimizando possíveis incertezas e influências decorrentes da mudança de tratamento.

Considerando o efeito da filtração do aguapé em cada secção experimental, observa-se declínio nos valores da variável fósforo da primeira a última unidade, onde os níveis iniciais e finais médios desta variável no canal oscilaram entre 2,25 mg/L e 1,81 mg/L, respectivamente (teste de Tukey, $p=0,048$).

Os valores de produção de biomassa do aguapé, para cada etapa com presença desta macrófita, estão dispostos na Tabela 7.

Tabela 7. Produção de biomassa do aguapé em cada etapa experimental.

Parâmetros	1ª Quinzena Maio	3ª Quinzena Junho
Peso inicial (kg/m ²)	14,00	14,00
Peso final (kg/m ²)	37,64	15,70
Produção (kg/m ²)	23,64	1,70
Ganho diário (% g/dia)	3,30	0,38

A biomassa de macrófitas foi maior nos primeiros quinze dias do trabalho do que na terceira quinzena. O argumento é que em primeiro momento, estando o aguapé aclimatado ao ambiente, atua na captura de nutrientes disponíveis no meio aquático, aumentando o poder de absorção e incrementando sua biomassa (Gentelini et al., 2008), porém, em certo momento (3ª quinzena do experimento) a concentração de fósforo aumentou e a biomassa de aguapé diminuiu.

É possível que a *E. Crassipes* ao atingir seu ponto de saturação, diminua o poder de absorção de nutrientes e não consiga remover metabólitos do meio aquático. Segundo Sipaúba-Tavares (2000), esta condição é comum quando se trabalha com macrófitas aquáticas em condições de cativeiro. Desta forma pode-se afirmar que o uso de aguapés em sistemas de cultivo com fluxo contínuo possa estar limitado à variável tempo, sendo recomendável sua substituição em período inferior a 30 dias (entre aclimação e uso no cultivo).

O aumento da temperatura pode ter influenciado no incremento da biomassa durante a primeira etapa do experimento com presença de macrófitas. Segundo Pedralli (1996), a temperatura ideal para o desenvolvimento do aguapé está entre 25 e 31°C. De certa forma, durante a 1ª quinzena foram observadas maiores valores de temperatura (29,54°C), enquanto que na 3ª quinzena (27,56°C).

Corroborando com esta hipótese, Gentelini et al. (2008), utilizando o aguapé em sistema de tratamento de efluente de piscicultura orgânica, obteve no experimento uma produção média de 8,03 kg.m⁻², produção esta inferior à encontrada neste experimento, possivelmente devido a temperaturas baixas (18,7°C). Portanto, apesar das

temperaturas obtidas no estudo em questão ficarem dentro da faixa ideal, a condição de valores maiores deste parâmetro durante os primeiros quinze dias, pode ter favorecido o seu desenvolvimento. Além da temperatura, a disponibilidade da intensidade luminosa e concentrações de nutrientes como o fósforo podem ter influenciado na produtividade destas macrófitas (Sipaúba-Tavares et al., 2002).

Nutrientes em níveis inadequados comprometem a qualidade da água afetando os parâmetros de desempenho dos animais, diminuindo a conversão alimentar, reduzindo os índices de sobrevivência e levando a piora no desempenho zootécnico de peixes (Pereira-Filho, et al., 2008).

Desta forma, o monitoramento e melhora dos parâmetros físico-químicos da água (oxigênio dissolvido, amônia, nitrito, fósforo, pH e temperatura) é prioritário para programa de arranjos produtivos e para se definir a capacidade de suporte (Vinatea, 2004), sendo esta etapa importante quando se propõe a busca por sistemas de cultivo economicamente e ambientalmente sustentáveis com maximização da biomassa e com finalidades diversas, como é o caso de canais de irrigação e de abastecimento.

O uso do aguapé em sistemas de canais se encaixa nestes preceitos, por proporcionar o carreamento e filtragem de metabólitos provenientes das dietas e excretas de peixes em condição de confinamento.

Referências

ARAÚJO- LIMA, C.A.R.M.; GOMES, L. de C. Tambaqui (*Colossoma macropomum*). In: BALDISSEROTTO, B.; GOMES, L. de C. **Espécies nativas para piscicultura no Brasil**. Santa Maria: UFSM, 2005. p.67- 104.

ARBELÁEZ-ROJAS, G.A.; FRACALOSSI, D.M.; FIM, J.D.I. Composição corporal do tambaqui, *Colossoma macropomum* e matrinxã, *Brycon cephalus*, em sistema de cultivo intensivo, igarapé e semi-intensivo, viveiros. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.31, n.3, p.1059-1069, 2002.

COLE, B.A.; BOYD, C.E. Feeding rate, water quality, and channel catfish production in ponds. **The Progressive Fish-Culturist**, v.48, p.25-29, 1986.

CREMA, L.C. **Efluentes de tanques de criação de Tilápia do Nilo: Características limnológicas e eficiência de tratamento pelo Aguapé**. 2005. 63p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal.

FERDOUSHI, Z.; HAQUE, F.; KHAN, S.; HAQUE, M. The effect the two aquatic macrophytes floating (*Lemna* e *Azolla*) like biofilters of nitrogen and phosphate in fish ponds. **Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences**, v.8, p.253-258, 2008.

GENTELINI, A.L.; GOMES, S.D.; FEIDEN, A.; ZENATTI, D.; SAMPAIO, S.C.; COLDEBELLA, A. Produção de biomassa das macrófitas aquáticas *Eichhornia crassipes* (aguapé) e *Egeria densa* (egeria) em sistema de tratamento de efluente de piscicultura orgânica. **Semina: Ciências Agrárias**, v.29, n.2, p.441-448, 2008.

GONÇALVES JÚNIOR, A.C., LINDINO, C.A., ROSA, M.F., BARICCATTI, R., GOMES, G.D. Remoção de metais pesados tóxicos cádmio, chumbo e cromo em biofertilizante suíno utilizando macrófita aquática (*Eichhornia crassipes*) como bioindicador. **Acta Scientiarum. Technology**, v.30, n.1, p.9-14, 2008.

GOULDING, M.; CARVALHO, M. Life history and management of the tambaqui (*Colossoma macropomum*, Characidae): an important amazonian food fish. **Revista Brasileira de Zoologia**, v.1, n.2, p.107-133, 1982.

HENRY-SILVA, G.G.; CAMARGO, A.F.M. Valor nutritivo de macrófitas aquáticas flutuantes (*Eichhornia crassipes*, *Pistia stratiotes* e *Salvinia molesta*) utilizadas no tratamento de efluentes de aquicultura. **Acta Scientiarum**, v. 24, p. 36-48, 2002.

HENRY-SILVA, G.G.; CAMARGO, A.F.M. Efficiency of aquatic macrophytes to treat Nile tilapia pond effluents. **Scientia Agricola**, v.63, n.5, p.417-513, 2006.

HENRY-SILVA, G.G.; CAMARGO, A.F.M. Tratamento de efluentes de carcinicultura por macrófitas aquáticas flutuantes. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, n.2, p.181-188, 2008.

HUSSAR, G.J.; PARADELA, A.L.; JONAS, T.C.; GOMES, J.P.R. Tratamento da água de escoamento de tanque de piscicultura através de leitos cultivados de vazão superficial: Análise da qualidade física e química. **Engenharia Ambiental**, v.2, n.1, p.046-059, 2005.

IPA - LABORATÓRIO DE ANÁLISE BROMATOLÓGICA DA EMPRESA
PERNAMBUCANA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Metodologia para Análise**, 2005. 31p.

KLOMJEK, P.; NITISORAVUT, S. Constructed wetland: a study of eight plant species under saline concitions. **Chemosphere**, v.58, p.585-593, 2005.

LIMA, C.B.; OLIVEIRA, E.G.; ARAÚJO-FILHO, J.M.; SANTOS, F.J.S.; PEREIRA, W.E. Qualidade da água em canais de irrigação com cultivo intensivo de tilápia nilótica (*Oreochromis niloticus*). **Revista Ciências Agrônômicas**, v.39, n.4, p.531-539, 2008.

MACEDO, C.F.; SIPAÚBA-TAVARES, L.H. Eutrofização e qualidade da água na piscicultura: consequências e recomendações. **Boletim do Instituto de Pesca**, v.26, n.2, p.149-163, 2010.

MARTINS A.T; PITELLI, R.A. Efeitos do manejo de *Eichhornia crassipes* sobre a qualidade da água em condições de mesocosmos. **Planta Daninha**, v.23, n.2, p.233-242, 2005.

PEDRALLI, G. Aguapé: biologia, manejo e uso sustentado. **Estudos de Biologia**, v. 4, n. 40, p. 33-53, 1996.

PEREIRA, L.P.F.; MERCANTE, C.T.J. A Amônia nos sistemas de criação de peixes e seus efeitos sobre a qualidade da água. Uma revisão. **Boletim do Instituto de Pesca**, v.31, n.1, p.81-88, 2005.

POMPÊO, M. Monitoramento e manejo de macrófitas aquáticas. **Oecologia Brasiliensis**, v.12, n.3, p.406-424, 2008.

REDDING, T.A.; MIDLEN, A.B. Estudio de la producción piscícola en los canales de riego. **FAO. Documento Técnico de Pesca**. n.317, 1992. 114p.

REDDY, K.R.; DEBUSK, T.A. Nutrient removal potential of selected aquatic macrophytes. **Journal of Environmental Quality**, v.14, n.4, p.459-462, 1985.

SAKADEVAN, K.; BAVOR, H.J. Nutrient removal mechanisms in constructed wetlands and sustainable water management. **Water Science Technology**, v.40, n.2, p.121-128, 1999.

SMITH, R.R. Nutritional energetics. In: HALVER, J.E. (Ed.). **Fish Nutrition**. Academic Press. San Diego, 1989. p. 2-31.

SIPAÚBA-TAVARES, L.H. Utilização de biofiltros em sistema de cultivo de peixes. **Informe Agropecuário, Belo Horizonte**, v.21, n.203, p.38-43, 2000.

SIPAÚBA-TAVARES, L.H.; FÁVERO, E.G.P.; BRAGA, F.M. Utilização de biofiltros de macrófitas como forma de minimizar os impactos causados pela aquicultura. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL DA REPRESA DO LOBO-BROA, 1., 2001, São Carlos. **Anais**. São Carlos: 2001. p.151.

SIPAÚBA-TAVARES, L.H.; FAVERO, E.G.P.; BRAGA, F.M.S. Utilization of macrophyte biofilter in effluent from aquaculture: I. floating plant. **Brazilian Journal of Biology**, v.62, n. 4, 2002.

SIPAÚBA-TAVARES, L.H.; BARROS, A.F.; BRAGA, F.M.S. Effects of floating macrophyte cover on the water quality in fishpond. **Acta Scientiarum**, v.25, n.1, p.101-106, 2003.

VIEIRA, F.; SILVA, G.M.; PERES, J. P.; ALVES, E.D.L. Análise da eficiência de remoção de impurezas na água: Utilização de lagoas de estabilização combinado com sistema Alagado. **Enciclopédia Biosfera**, v.6, n.9, 2010

VINATEA, A.L. **Princípios químicos de qualidade da água em aquicultura**. 2.ed. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, 2004. 231p.

5 Conclusões

A qualidade da água do canal de abastecimento manteve-se dentro dos padrões recomendáveis para a criação de tambaqui.

As densidades de estocagem não influenciam no desempenho zootécnico dos tambaquis cultivados neste sistema.

O uso do aguapé em canal de abastecimento proporciona melhor qualidade de água, além de garantir um ambiente de cultivo baseado nos preceitos de aquicultura moderna com máxima produção de biomassa em ambiente ecologicamente saudável.

O aguapé é eficiente na remoção do fósforo no ambiente de cultivo.