

REVISTA AIDIS

de Ingeniería y Ciencias Ambientales:
Investigación, desarrollo y práctica.

CULTIVO DE TILÁPIAS EM ESGOTOS TRATADOS, COM DIFERENTES NÍVEIS DE ARRAÇOAMENTO E SUPLEMENTAÇÃO COM VITAMINA C

Rafahel Marques Macedo Fontenele¹

* Emanuel Soares dos Santos²

José Gilmar da Silva do Nascimento¹

Suetônio Mota¹

TILAPIA FARMING IN TREATED WASTEWATER WITH DIFFERENT LEVELS OF FEEDING AND DIETARY VITAMIN C

Recibido el 11 de febrero de 2018; Aceptado el 30 de abril 2020

Abstract

In order to assess the effect of vitamin C supplementation at different feeding rates on the zootechnical, environmental and microbiological performance of the Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*, grown in domestic wastewater treated in stabilization ponds, we used nine 50 m³ tanks divided into three experimental treatments with four replicates, varying the amount of feed and supplementing the dosage of Vitamin C up to 1500 mg per kg of feed. Based on the analysis of the assessed parameters, we found that the treatment with the best results was the one with a quarter of feed supplemented with 1500 mg of vitamin C, because when evaluating the zootechnical performance this was statistically even with the other treatments, already in relation to the environmental indicators it was observed that the fish culture acts as a polishing to the treatment of the effluent, in relation to the microbiological indicators it was observed that the produced fish was within the sanitary conditions recommended by the current legislation.

Keywords: ascorbic acid, stabilization ponds; *Oreochromis niloticus*, reuse in pisciculture.

¹ Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental, Universidade Federal do Ceará, Brasil.

² Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará campus Aracati, Brasil.

*Autor correspondente: Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará campus Aracati, Brasil. Rodovia CE-040, Km 137,1, s/n – Bairro Aeroporto, Aracati, Ceará, Código postal 62800-000, Brasil. Email: santos.e.s@ifce.edu.br

Resumo

Para avaliar a suplementação com vitamina C em diferentes taxas de arraçamento no desempenho zootécnico, ambiental e microbiológico da tilápia do Nilo, *Oreochromis niloticus*, cultivada em esgoto doméstico tratado em sistema de lagoas de estabilização, utilizaram-se nove tanques com 50 m³ de volume, cada, divididos em três tratamentos experimentais com quatro repetições, variando-se a quantidade de ração e suplementando a dosagem de Vitamina C até 1500 mg por kg de ração. Com base na análise conjunta dos indicadores avaliados, observou-se que o tratamento que apresentou os melhores resultados foi aquele em que se utilizou um quarto de ração, suplementada com 1500 mg de vitamina C, pois, ao avaliar o desempenho zootécnico este igualou-se estatisticamente com os demais tratamentos, já em relação aos indicadores ambientais observou-se que o cultivo dos peixes atua como um polimento ao tratamento do efluente, em relação aos indicadores microbiológicos observou-se que o pescado produzido encontrava-se dentro das condições sanitárias preconizadas pela legislação vigente.

Palavras chave: ácido ascórbico, lagoas de estabilização, *Oreochromis niloticus*, reúso em piscicultura.

Introdução

Nos dias atuais, sabe-se que a problemática da escassez de água no planeta não está relacionada somente com a quantidade de água existente, mas, sim, com a desigualdade na sua distribuição nas diversas regiões, bem como com a sua qualidade. Essa questão se torna ainda mais grave quando é admitida a crescente degradação dos recursos hídricos (Santos *et al.*, 2011).

Novas abordagens agora incorporam o princípio da sustentabilidade, ética ambiental e participação pública no desenvolvimento de projetos (Metcalf; Eddy, 2013). A utilização de águas residuárias tratadas tem atraído uma atenção crescente em nível mundial, como parte integrante da gestão de recursos hídricos, com tendência a ser usada para diversos fins. O reúso de águas constitui, assim, uma prática a ser incentivada em várias atividades humanas (Yang; Abbaspour, 2007).

Uma grande variedade de espécies de peixes tem sido cultivada em esgoto doméstico tratado. Peixes podem ser cultivados em tanques que recebem esgoto ou lodo, alimentando-se de algas e outros organismos que se desenvolvem em águas ricas em nutrientes (UNESCO, 2017).

Em relação à produção de peixes com reúso de água, tratamentos de esgoto em níveis primário e secundário foram aplicados com sucesso no cultivo da tilápia do Nilo em diversos experimentos (Khallil; Hussein, 2008; Phan-Van; Rousseau; De Pauw, 2008; Santos *et al.*, 2009a; Santos *et al.*, 2009b; Monteiro *et al.*, 2011; Santos *et al.*, 2011).

A tilápia é a espécie de aquicultura mais difundida e espera-se que continue aumentando na produção para atender à crescente demanda por peixes por uma população humana cada vez maior. O manejo da saúde dos peixes é uma das principais preocupações na produção de espécies

de aquicultura. Vários estudos têm sido realizados para identificar novos procedimentos para reduzir doenças de espécies comumente cultivadas, como a tilápia (Haygood; Jha, 2016).

Conforme Gonçalves Jr *et al.* (2015), pelo fato das vitaminas atuarem no sistema de defesa dos animais, e tendo em vista sua importância na composição das rações para peixes, vários estudos têm sido realizados com a finalidade de verificar a relação entre as vitaminas e a resistência ao estresse. Nesse sentido, podem ser citados os benefícios da suplementação com vitamina E associada à vitamina C na resposta inflamatória aguda.

A suplementação das rações comerciais com vitamina C promove a melhoria do desempenho zootécnico dos peixes cultivados, resultando no aumento da taxa de crescimento, redução dos efeitos de estressores ambientais, além de redução da ocorrência de doenças (Chagas; Val, 2003; Darias *et al.*, 2011).

A vitamina C é importante na aquicultura moderna como imunomodulador e um elemento nutricional chave na promoção da sobrevivência e do desempenho de peixes. A vitamina C é um dos sistemas de defesa antioxidantes mais fortes em peixes. Atua contra espécies intracelulares e extracelulares de oxigênio reativo. A vitamina C não age sozinha: colabora com outros antioxidantes (vitamina E, enzimas antioxidantes) para fortalecer ainda mais o sistema de defesa antioxidante corporal (Trichet *et al.*, 2015).

O ácido ascórbico (vitamina C) é uma das vitaminas essenciais para os peixes. Os peixes teleósteos são incapazes de sintetizar a vitamina C, por causa da ausência da enzima gulonolactona oxidase (Chagas; Val, 2003), o que determina a necessidade da suplementação desta vitamina em quantidades adequadas na dieta, no intuito de suprir as necessidades metabólicas da espécie (Darias *et al.*, 2011).

A Vitamina C influencia na capacidade de prevenção de efeitos negativos causados pelo estresse, sendo recomendado suplementá-la em níveis superiores aos necessários, para proporcionar aos peixes maior resistência a doenças. Além disso, esta vitamina influencia diretamente no crescimento dos peixes, pois tem função importante na formação do colágeno, que é o principal componente do esqueleto, sendo, por isso, necessária para o desenvolvimento normal do organismo, principalmente nas fases jovens (Falcon *et al.*, 2007).

Dawood e Koshios (2016) citam que a Vitamina C é um micronutriente essencial para o crescimento normal de muitos animais aquáticos. Asaikkutti *et al.* (2016) demonstraram que uma dieta com Vitamina C pode melhorar significativamente o desempenho do crescimento e o estado antioxidante, aumentando a atividade das enzimas digestivas e a sobrevivência do camarão de água doce *Macrobrachium malcolmsonii*.

Segundo Chen *et al.* (2015), uma dieta suplementada com Vitamina C para o peixe *Micropterus salmoides* resultou no aumento acentuado do ganho de peso, da taxa de crescimento específico e da concentração de ácido ascórbico no fígado.

Estudos desenvolvidos por Liang *et al.* (2015) indicaram que peixes com baixa suplementação de Vitamina C tiveram menores ganhos de peso e taxas de crescimento específico inferiores do que aqueles com dietas suplementares desta vitamina. Os autores realizaram um estudo durante 12 semanas, para avaliar os efeitos da vitamina C no desempenho do crescimento de bagres amarelos juvenis (*Pelteobagrus fulvidraco*). Os resultados do estudo indicaram que os peixes alimentados com níveis de vitamina C mais baixos apresentaram menor ganho de peso e de taxa de crescimento específica do que aqueles alimentados com teores maiores de vitamina C. O ganho de peso e a taxa de crescimento específica aumentaram significativamente à medida que os níveis de vitamina C cresceram de 1.9 a 156.5 mg kg⁻¹. No entanto, não foi observado aumento significativo para os níveis de vitamina C variando de 156.5 a 316 mg kg⁻¹.

Lima e Barbosa (2016) estudaram os efeitos da suplementação com vitamina C em larvas de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*), durante o período de inversão sexual e observaram que aquelas que receberam suplementação desta vitamina no nível de 850 mg kg⁻¹ apresentaram melhor ganho de peso e maior uniformidade de crescimento que aquelas que receberam 350 mg kg⁻¹.

Huang *et al.* (2016), em estudo realizado com tilápias do Nilo, demonstraram que o aumento da suplementação com vitamina C até o nível de 41.9 mg kg⁻¹ resultou no crescimento da taxa de ganho de peso dos peixes, a partir do qual permaneceu praticamente sem alteração. Os teores de vitamina C no fígado e no músculo apresentaram, inicialmente, um crescimento linear, tendendo para alcançar a saturação para níveis altos de Vitamina C (tratamentos com 167.4 e 339.0 mg kg⁻¹). O teor de colágeno cresceu significativamente com o aumento dos níveis de suplemento de vitamina C.

Alguns nutrientes podem apresentar efeitos sinérgicos com outros, potencializando assim o seu efeito. Khan *et al.* (2017) observaram que a inclusão de vitamina C dietética (300 mg kg⁻¹) junto com o nano selênio (0.68 mg kg⁻¹) mostrou forte interação sinérgica, aumentando significativamente o crescimento, a alimentação e os parâmetros fisiológicos do peixe *Tor putitora*.

Já Dawood *et al.* (2017), ao estudar o efeito sinérgico da suplementação alimentar para o peixe *Pagrus major*, observou que a combinação de β-glucano (500 mg kg⁻¹) e vitamina C (400 mg kg⁻¹) é indicada para induzir a resposta imune e melhorar o crescimento dessa espécie.

Ação semelhante foi observada também em tilápia, por Abdel Rahman *et al.* (2017), ao fornecerem extrato da planta *Echinacea purpurea* (500 mg kg⁻¹) juntamente com a vitamina C (400 mg kg⁻¹) como suplemento alimentar para tilápias do Nilo, ao avaliarem vários índices imunológicos e a histomorfologia intestinal dos peixes cultivados, e concluíram que esta combinação pode ser usada como aditivo alimentar a fim de melhorar a estrutura do epitélio da mucosa intestinal e a resposta imune das tilápias cultivadas.

Este trabalho teve como objetivo avaliar, por meio dos resultados zootécnicos, o efeito da suplementação com vitamina C na ração ofertada em diferentes taxas, no cultivo de tilápia do Nilo em esgoto doméstico tratado, e, paralelamente, verificar a condição sanitária do pescado produzido, por meio de indicadores microbiológicos. São apresentados a compilação dos resultados da dissertação de mestrado de Fontenele (2011), que pesquisou os efeitos da suplementação com vitamina C em diferentes níveis de arrazoamento no cultivo de tilápia do Nilo em esgoto doméstico tratado. O trabalho de Fontenele (2011) foi complementado com uma revisão bibliográfica recente sobre o tema estudado.

Material e métodos

O estudo foi realizado em área anexa à Estação de Tratamento de Esgoto (ETE) da Companhia de Água e Esgoto do Ceará (Cagece), no município de Aquiraz-CE, Brasil (latitude: 3°55'1.51"S; longitude: 38°23'37.75"O).

Essa ETE utiliza um sistema de lagoas de estabilização em série composta por: uma lagoa anaeróbia, uma lagoa facultativa e duas lagoas de maturação em série. O efluente utilizado na pesquisa foi oriundo da última lagoa de maturação.

Foram utilizados 09 tanques experimentais, construídos em alvenaria, com as medidas de 10.0 m de comprimento, 5.0 m de largura e 1.2 m de profundidade. Todos os tanques foram abastecidos com esgoto doméstico tratado, sendo mantido, durante o experimento, volume de operação de 50.0 m³, em cada tanque (Figura 1). O experimento teve duração de 94 dias. Durante esse período, foram realizadas cinco trocas parciais de água (50% do volume total do tanque a cada 15 dias), para facilitar a captura dos peixes para a biometria. O tempo de detenção hidráulica durante o experimento foi de 30 dias.

Foram estocados nos tanques experimentais alevinos de tilápia do Nilo, *Oreochromis niloticus*, com comprimento total médio de 3.53 ± 0.68cm e peso médio de 0.76 ± 0.19g, em densidade de 03 peixes m⁻³ (150 peixes tanque⁻¹).



Figura 1. Vista parcial dos tanques de piscicultura utilizados na pesquisa. Aquiraz-CE, Brasil.

Foram testados três tratamentos, conforme descrito a seguir:

Tratamento 01 ($\frac{1}{2}$ RC) – tanques experimentais 1 a 3: foi fornecida a metade da quantidade de ração comercial balanceada indicada pelo fabricante, suplementada para 1500 mg de Vitamina C por kg de ração;

Tratamento 02 ($\frac{1}{4}$ RC) – tanques experimentais 4 a 6: foi fornecido um quarto da quantidade de ração comercial balanceada indicada pelo fabricante, suplementada para 1500 mg de Vitamina C por kg de ração;

Tratamento 03 ($\frac{1}{2}$ R) – tanques experimentais 7 a 9: foi fornecida a metade da quantidade de ração comercial balanceada indicada pelo fabricante sem suplementação com Vitamina C.

As quantidades de ração fornecidas foram corrigidas semanalmente, tomando como base o desenvolvimento dos peixes cultivados, a partir de uma taxa de arraçoamento calculada considerando a biomassa dos peixes presentes nos tanques. Na Tabela 1 estão expostas as características das rações utilizadas, assim como as taxas de arraçoamento indicadas pelo fabricante e as consideradas nos tratamentos experimentais. A ração inicial utilizada, com 45% de proteína bruta (PB), já continha em sua composição de fábrica 800 mg de vitamina C por kg de ração; desta forma, foram suplementados 700 mg da vitamina por kg de ração. Aquela com 40% de PB continha 500 mg kg⁻¹, sendo suplementados 1000 mg kg⁻¹. Já a ração com 35% PB era fabricada com 350 mg de vitamina C por kg, sendo suplementados mais 1150 mg kg⁻¹. Assim, todas passaram a conter 1500 mg de vitamina C por kg de ração.

Tabela 1. Características das rações e taxas de arraçoamento utilizadas para os três tratamentos experimentais testados para o cultivo de tilápias do Nilo utilizando esgoto doméstico tratado e ração suplementada com vitamina C. Aquiraz-CE, Brasil.

Semana de Cultivo	Apresentação Física e Tamanho do Grânulo	PB (%)	Taxa de Arraçoamento Diário (% da BM)			
			Indicação do Fabricante	½R	½RC	¼ RC
1	Farelada, <0.8 mm	45	15.0	7.5	7.5	3.8
2			14.0	7.0	7.0	3.5
3			12.0	6.0	6.0	3.0
4			10.0	5.0	5.0	2.5
5			9.0	4.5	4.5	2.3
6	Extrusada, 1.7 mm	40	7.0	3.5	3.5	1.8
7			6.0	3.0	3.0	1.5
8			5.0	2.5	2.5	1.3
9			5.0	2.5	2.5	1.3
10	Extrusada, 3 a 4 mm	35	5.0	2.5	2.5	1.3
11			5.0	2.5	2.5	1.3
12			4.0	2.0	2.0	1.0
13			4.0	2.0	2.0	1.0

PB: Proteína bruta; BM: Biomassa estocada; ½RC: metade da quantidade da ração e suplementação até 1500 mg de Vitamina C/kg de ração; ¼ RC: um quarto da quantidade da ração e suplementação até 1500 mg de Vitamina C/kg de ração; ½R: metade da quantidade da ração sem suplementação com Vitamina C.

Foram realizadas biometrias para a caracterização da população inicial, utilizando todo o estoque experimental; quinzenalmente, foram utilizados 30 peixes por tanque (20% da população); e ao final do período experimental, quando novamente foi utilizada a totalidade dos animais; para coleta dos dados de desenvolvimento zootécnico dos peixes cultivados e cálculo da quantidade de ração a ser fornecida, conforme descrito anteriormente.

Para garantia da condição de bem-estar dos animais durante o manejo de biometria, foi realizada a sedação dos mesmos com o uso de óleo de cravo (eugenol) na concentração de 100 mg.L⁻¹, por meio de banho de imersão realizado individualmente. Após o estabelecimento do nível de sedação desejado, foram realizadas as medições e o animal era colocado em recipiente com água e aeração em abundância, até sua completa recuperação, para então ser devolvido ao tanque de origem.

Durante o experimento, foram realizadas medições semanais da temperatura, pH, oxigênio dissolvido e condutividade. Os demais parâmetros analisados, sólidos totais, demanda química

de oxigênio (DQO), amônia não ionizada, ortofosfato, coliformes termotolerantes e ovos de helmintos foram determinados quinzenalmente.

A temperatura e o oxigênio dissolvido (OD) foram medidos *in loco* com o uso de uma sonda mutiparamétrica YSI modelo 550A. Para a análise dos demais parâmetros, foram coletadas amostras da água dos tanques de cultivo e do afluente aos mesmos, entre 08:00h e 09:00h da manhã, as quais foram identificadas e devidamente acondicionadas em caixas isotérmicas refrigeradas com gelo a 4.0 °C. As amostras foram enviadas ao Laboratório de Saneamento (Labosan) da Universidade Federal do Ceará (UFC), para a realização das análises conforme metodologia proposta por APHA (2005).

Ao final do experimento, foram acondicionadas, em caixas isotérmicas devidamente identificadas, as amostras dos peixes vivos com a água proveniente de seus tanques, as quais foram enviadas ao Instituto de Ciências do Mar (Labomar/UFC). Para realização das análises, os peixes foram insensibilizados utilizando termonarcole e sacrificados por secção medular. Ambos os métodos garantem tanto o bem-estar animal como a qualidade dos tecidos (Freire; Gonçalves, 2013).

Foram realizadas análises microbiológicas, no intuito de mensurar a presença de coliformes termotolerantes, Estafilococcus Coagulase Positiva e *Salmonella sp.* nas brânquias, peles e músculos do pescado produzido no experimento. Os valores de referência para os padrões microbiológicos foram os estabelecidos na resolução RDC nº12 da ANVISA (Agência Nacional de Vigilância Sanitária), de 02 de janeiro de 2001 (Brasil, 2001).

As análises estatísticas dos parâmetros zootécnicos e de qualidade de água foram realizadas usando o programa *BioEstat 5.0*, utilizando a Análise de Variância (ANOVA) e o teste de Tukey, para comparação entre as médias, considerando-se nível de significância de 5.0% ($p \leq 0.05$).

Resultados e Discussão

Na Tabela 2 estão demonstrados os resultados dos valores médios e os desvios padrões dos indicadores de qualidade do esgoto afluente e nos tanques experimentais. Os resultados de pH nos tanques de cultivo não apresentaram grandes variações durante o período experimental, obtendo-se valores sempre acima da neutralidade, na faixa de 8.5 a 10.0, estando acima dos valores recomendados para o cultivo de tilápia do Nilo, que deve ser mantido entre a faixa de 6.5 a 8.5 Este parâmetro possui um efeito, geralmente, indireto, influenciando na solubilidade, na forma e na toxicidade de diversas substâncias, podendo inibir o consumo de alimento, afetando o crescimento e podendo causar mortalidade significativa em valores abaixo de 4.5 e acima de 10.5 (Kubtiza, 2011).

Tabela 2. Valores médios e desvios padrão dos indicadores de qualidade ambiental do esgoto afluyente aos tanques e da água de reuso utilizada nos tanques de cultivo (tratamentos) de tilápia do Nilo, com uso de ração suplementada com vitamina C. Aquiraz-CE, Brasil.

Indicadores ambientais	Afluyente	Tratamentos Experimentais		
		½RC	¼ RC	½R
pH	7.49±0.2 ^a	9.49±0.4 ^c	8.80±0.4 ^b	8.94±0.6 ^{bc}
Temperatura (°C)	30.90±1.3 ^a	29.42±0.9 ^b	28.85±0.8 ^b	28.62±0.7 ^b
OD (mg L ⁻¹)	2.05±0.8 ^b	9.04±3.1 ^a	7.03±2.7 ^a	6.61±2.3 ^a
N-NH ₃ (mg L ⁻¹)	15.26±7.8 ^b	0.25±0.2 ^a	0.38±0.4 ^a	0.43±0.6 ^a
Ortofostafo (mg L ⁻¹)	3.50±2.6 ^{bc}	1.37±1.2 ^b	1.97±1.5 ^b	0.83±0.9 ^{ab}
DQO (mg L ⁻¹)	194.67±157.8 ^a	313.46±143.3 ^a	287.57±129.8 ^a	292.29±121.1 ^a
Sólidos Totais (mg L ⁻¹)	485.20±53.8 ^a	534.86±106.4 ^a	550.71±107.4 ^a	610.86±118.6 ^a
CE (µS cm ⁻¹)	838.33±39.1 ^c	615.50±72.0 ^a	667.50±61.6 ^{ab}	738.25±70.8 ^b
CT (NMP 100 ml)	8.63E+01 ^a	5.56E-01 ^a	5.56E-01 ^a	1.13E+00 ^a
Ovos de helmintos (ovos L ⁻¹)	2.00E-02 ^a	5.00E-03 ^a	8.33E-03 ^a	6.67E-03 ^a

½RC: metade da quantidade da ração e suplementação com 1500 mg de Vitamina C/kg de ração; ¼ RC: um quarto da quantidade da ração e suplementação com 1500 mg de Vitamina C/kg de ração; ½R: metade da quantidade da ração sem suplementação com Vitamina C; OD: Oxigênio Dissolvido; N-NH₃: Amônia não ionizada; DQO: Demanda Química de Oxigênio; CE: Condutividade Elétrica; CT: Coliformes Termotolerantes.

Os valores de oxigênio dissolvido medidos nos tanques encontraram-se bem acima dos medidos no esgoto afluyente aos mesmos. Também se verificou que as concentrações de OD encontraram-se acima do valor apontado como limite para aquicultura. De acordo com Colt (2006), as concentrações deste indicador devem ser mantidas entre 5.0 e 6.0 mg L⁻¹, no entanto, algumas espécies, como as tilápias, toleram bem as concentrações entre 3.0 e 3.5 mg L⁻¹.

Organismos aquáticos estão constantemente expostos a diferentes níveis de concentrações de oxigênio, sazonal ou diária. Sob hipóxia, os peixes podem utilizar diversos mecanismos fisiológicos para compensar uma redução no consumo de oxigênio, como redução da taxa metabólica, rearranjo do fluxo sanguíneo, principalmente para o cérebro e coração, e formas eficazes de produção de energia. No entanto, estas adaptações apresentam custos energéticos, afetando o desenvolvimento dos animais (Tran-duy *et al.*, 2008).

No tratamento ½RC ocorreu redução da concentração de N-NH₃, em relação ao esgoto afluyente, em 98.36%. No tratamento ¼RC obteve-se uma redução de 97.50% e no tratamento ½R reduziu-se a concentração de amônia em 97.18%. Estes dados apontam que os cultivos dos peixes atuaram como um polimento ao tratamento de esgoto, fato que pode ser explicado pelo elevado tempo de detenção hidráulico proporcionado nos tanques de cultivo experimental (TDH = 30 dias).

El-Shafai *et al.* (2004a) relatam que as concentrações limitantes de amônia tóxica para peixes se encontram na faixa de 0.6 a 2.0 mg L⁻¹. Estes mesmos autores, avaliando a toxicidade da amônia no cultivo de tilápia do Nilo em esgoto doméstico tratado com efluente de reator UASB seguido de lagoas de maturação, concluíram que a concentração de N-NH₃ deve ser mantida inferior a 0.1 mg L⁻¹ nos tanques de cultivo, sendo que em maiores concentrações não foi observada mortalidade; contudo, foi afetado negativamente o crescimento dos peixes cultivados com o aumento da concentração deste composto no meio.

As concentrações de amônia não ionizada na água podem afetar de diferentes formas os animais cultivados, influenciando na eficiência alimentar, influenciando o crescimento e até mesmo podendo causar a morte. Desta forma, as concentrações de amônia não ionizada observadas no presente experimento não causaram mortalidade aos organismos cultivados, mas podem ter influenciado o seu desempenho zootécnico.

Em relação à DQO, verificou-se que os valores no afluente e nos tanques não apresentaram diferença estatisticamente significativa. Verificou-se também que o tratamento ¼RC, dentre os tratamentos testados, foi o que apresentou a menor média para este indicador, pelo fato de se ter fornecido menor quantidade de ração, diminuindo a entrada de matéria orgânica na água dos tanques. Do total fornecido de ração, apenas uma pequena proporção é transformada em biomassa nos peixes, sendo o restante excretado pelos mesmos (Cyrino *et al.*, 2010).

A Organização Mundial da Saúde (WHO, 2006), do ponto de vista de qualidade microbiológica, propõe, para o cultivo de peixes em águas residuárias tratadas, as seguintes diretrizes sanitárias na água dos tanques de cultivo, tendo como público alvo os trabalhadores na aquicultura: ≤10³ *E. coli* por 100 mL; ≤1 ovos de helmintos; e ausência de ovos de trematóides.

Os valores de Coliformes Termotolerantes das amostras dos tanques dos tratamentos experimentais e do esgoto afluente aos mesmos não apresentaram diferenças estatisticamente significativas entre si. O esgoto afluente aos tanques apresentou média de 8.63E+01 NMP 100 mL⁻¹. O tratamento ½RC apresentou média de 5.56E-01 NMP 100 mL⁻¹, sendo a mesma média observada no tratamento ¼ RC. O tratamento ½R apresentou média de 1,13E+00 NMP 100 mL⁻¹.

Os valores de ovos de helmintos das amostras analisadas não apresentaram diferença estatisticamente significativa entre si. O esgoto afluente aos tanques apresentou maior média entre as amostras analisadas, com valor de 2.00E-02 ovos L⁻¹. O tratamento ½RC apresentou menor média entre os tratamentos experimentais, com valor de 5.00E-03 ovos L⁻¹; seguido pelo tratamento ½R, com média de 6.67E-03 ovos L⁻¹; e este pelo tratamento ¼RC, com média de 8.33E-03 ovos L⁻¹.

Com base nos dados coletados durante o período experimental, pode-se salientar que nos tanques de piscicultura houve redução na concentração destas classes de microrganismos, melhorando a qualidade do efluente produzido, constituindo, desta forma, um pós-tratamento (polimento) em relação a estes indicadores.

Na Tabela 3 estão demonstrados os dados referentes aos indicadores zootécnicos analisados durante os 94 dias de cultivo. Os resultados que contêm a mesma letra, entre os tratamentos experimentais, não apresentaram diferença estatisticamente significativa para o teste de Tukey ($\rho \leq 0.05$).

Tabela 3. Indicadores de desempenho zootécnico das tilápias do Nilo cultivadas utilizando esgoto doméstico tratado e ração suplementada com vitamina C. Aquiraz-CE, Brasil.

Parâmetros Zootécnicos	Tratamentos Experimentais		
	½RC	¼ RC	½R
Crescimento (cm)	15.2±1.58 ^a	15.0±0.93 ^a	15.6±1.61 ^a
Crescimento diário (cm dia ⁻¹)	0.16±0.02 ^a	0.16±0.01 ^a	0.17±0.02 ^a
Ganho de Peso (g)	135.47±27.38 ^a	119.59±14.76 ^a	116.57±15.19 ^a
Ganho de Peso Diário (g dia ⁻¹)	1.44±0.29 ^a	1.27±0.16 ^a	1.24±0.16 ^a
Produtividade (kg ha ⁻¹ dia ⁻¹)	43.24±8.74 ^a	37.66±4.65 ^a	37.20±4.85 ^a
Conversão Alimentar Aparente (CAA)	0.40	0.25	0.48
Sobrevivência (%)	100.00	98.67	100.00

½RC: metade da quantidade da ração e suplementação com 1500 mg de Vitamina C/kg de ração; ¼ RC: um quarto da quantidade da ração e suplementação com 1500 mg de Vitamina C/kg de ração; ½R: metade da quantidade da ração sem suplementação com Vitamina C.

Santos *et al.* (2009a) verificaram que, para o cultivo de tilápia do Nilo em esgoto doméstico tratado em sistema de lagoas de estabilização, o fornecimento da metade da ração comercial balanceada indicada pelo fabricante apresentou o melhor resultado conjunto dos indicadores zootécnicos, comparado ao cultivo sem provisão de ração ou com fornecimento da quantidade total de ração indicada pelo fabricante.

Na presente pesquisa observou-se que a suplementação com 1500 mg de vitamina C fez com que o tratamento que recebeu apenas um quarto da quantidade de ração não apresentasse diferença estatisticamente significativa, quando comparado ao que recebeu metade da ração proposta pelo fabricante, tanto sem como com a suplementação de vitamina C.

Santos *et al.* (2009b), estudando o crescimento de alevinos de tilápia do Nilo em esgoto doméstico tratado, obtiveram crescimento diário variando de 0.12 a 0.22 cm dia⁻¹ em 49 dias de cultivo, e ganho de peso variando de 0.28 a 1.35 g dia⁻¹. Monteiro *et al.* (2011), avaliando o efeito da aeração por *air-lift* na alevinagem de tilápia do Nilo em esgoto doméstico tratado, obtiveram crescimento diário de 0.08 e 0.10 cm dia⁻¹ e ganho de peso de 0.47 e 0.65 g dia⁻¹. Em ambos os

experimentos não se utilizou suplementação de Vitamina C e o fornecimento de ração era conforme a recomendação do fabricante, no entanto os resultados obtidos na presente pesquisa foram superiores a estas.

Pereira e Lapolli (2009) alcançaram produtividade para tilápia do Nilo de 20.14 kg ha⁻¹ dia⁻¹ com densidade de 03 peixes m⁻³ e de 20.85 kg ha⁻¹ dia⁻¹ com densidade de 07 peixes m⁻³. Santos *et al.* (2009a) obtiveram valores de produtividade de 57.3 kg ha⁻¹ dia⁻¹, fornecendo a metade da ração indicada pelo fabricante e de 27.0 kg ha⁻¹ dia⁻¹, fornecendo a quantidade total de ração indicada pelo fabricante. Os resultados obtidos na presente pesquisa, de 37.20 a 43.24 kg ha⁻¹ dia⁻¹, estão compreendidos entre os citados, o que aponta o efeito positivo da suplementação com vitamina C.

O tratamento ½RC apresentou conversão alimentar aparente (CAA) de 0.40, ou seja, foram necessários 400 g de ração para a produção de um quilograma de peixe, enquanto o tratamento ½R apresentou CAA de 0.48. Já o tratamento ¼RC apresentou CAA de 0.25, sendo necessário o uso de 250 g de ração para a produção de um kg de pescado. É importante salientar que, para a CAA, quanto menor for o resultado, melhor. Assim, o tratamento ¼RC foi o melhor dentre os três tratamentos testados.

El-Shafai *et al.* (2004a) observaram em seus experimentos variações de CAA de 1.5 a 8.0. Santos *et al.* (2009b) obtiveram CAA de 0.71 cultivando tilápia em esgoto doméstico tratado com aeração, e 3.29 sem aeração. Já Santos *et al.* (2009a) obtiveram CAA de 0.54 e 2.57 para tilápias, fornecendo 50% e 100% de ração indicada pelo fabricante, respectivamente. Esses resultados validam a presente pesquisa, pois, em relação à CAA, os valores obtidos no presente trabalho foram menores que os citados.

Não foi observada mortalidade nos tratamentos ½RC e ½R; já a sobrevivência média no tratamento ¼ RC foi de 98.67%. Para todos os três tratamentos, o resultado de sobrevivência foi bastante elevado, com valores acima dos resultados obtidos nos experimentos citados a seguir.

Reidel *et al.* (2005), cultivando tilápia do Nilo com efluente de frigorífico, obtiveram sobrevivência de 80%. Pereira e Lapolli (2009) registraram sobrevivência de tilápia nilótica de 100%, com densidade de 03 peixes m⁻³, e de 92%, com densidade de 07 peixes m⁻³. Santos *et al.* (2009b) observaram sobrevivência de 92.83% de tilápia do Nilo no tratamento com esgoto tratado com aeração e de 84% naquele sem uso de aeração suplementar. Monteiro *et al.* (2011) observaram sobrevivência de 95.0% e 98.3%, respectivamente sem e com uso de aeração. A suplementação com vitamina C da ração fornecida no cultivo pode ter promovido maior resistência aos agentes estressores do cultivo, promovendo as altas taxas de sobrevivência obtidas no experimento.

O conjunto de dados aqui apresentado fortalece os resultados alcançados no presente experimento, no qual se observou que, com a suplementação de vitamina C na ração fornecida aos peixes, mesmo em baixas taxas de arraçoamento, foram obtidos bons resultados dos indicadores zootécnicos dos tratamentos testados.

Na Tabela 4 estão demonstrados os resultados referentes aos indicadores microbiológicos das amostras coletadas dos peixes dos três tratamentos experimentais, ao final do cultivo, além dos limites previstos na legislação vigente. É válido salientar que para coliformes termotolerantes a Resolução RDC nº 12 da ANVISA não prevê limites de contaminação.

Tabela 4. Análises microbiológicas realizadas no músculo, pele e brânquias de tilápia do Nilo cultivadas nos três tratamentos experimentais, e valores de referência adotados pela legislação brasileira. Aquiraz-CE, Brasil.

Tratamentos Experimentais	Microrganismo Analisado	Coliformes termotolerantes	<i>Salmonella</i> spp	<i>Staphylococcus</i>	Condição Sanitária
				Coagulase Positiva	
	Limites	NMP/g*	Ausência/25g	10 ³ CFU/g	
½ RC	Músculo	<3.0	Ausência	<10	Satisfatória
	Pele	<3.0	Ausência	<10	Satisfatória
	Brânquias	<3.0	Ausência	<10	Satisfatória
¼ RC	Músculo	<3.0	Ausência	<10	Satisfatória
	Pele	<3.0	Ausência	<10	Satisfatória
	Brânquias	<3.0	Ausência	<10	Satisfatória
½ R	Músculo	93	Ausência	<10	Satisfatória
	Pele	<3.0	Ausência	<10	Satisfatória
	Brânquias	<3.0	Ausência	<10	Satisfatória

* Não existe valor de referência na legislação brasileira.

As amostras retiradas dos tratamentos ½RC e ¼ RC apresentaram-se dentro dos padrões propostos pela legislação brasileira nos três tecidos amostrados, para os três microrganismos analisados. Já o tratamento ½R apresentou condições satisfatórias em todas as análises, contudo foram determinados 93 NMP/g de Coliformes Termotolerantes no músculo dos indivíduos analisados.

Esta incidência de contaminação no músculo do pescado pode ser explicada por contaminação cruzada, isto é, durante a realização da coleta do material para realização da análise pode ter ocorrido a contaminação. Enquanto os tecidos externos, como pele e brânquias, ficam em contato direto com o meio, o músculo é um tecido estéril, sendo sua contaminação por esses

microrganismos improvável, principalmente ao considerar-se os resultados obtidos nos demais tecidos analisados.

É válido salientar que a contaminação por coliformes termotolerantes não inviabilizam o consumo do pescado, pois a legislação brasileira não prevê valores limites para este grupo de microrganismos, principalmente ao enfatizar que o consumo do pescado deve ocorrer após cocção, para eliminação da contaminação pelo efeito do calor. Desta forma, todos os tratamentos foram considerados com condição sanitária satisfatória.

El-Shafai *et al.* (2004b) investigaram a utilização de esgoto doméstico tratado em reator UASB no cultivo de tilápia do Nilo e descobriram contaminação por coliformes termotolerantes variando de 6.0×10^2 a 6.5×10^3 UFC cm^{-2} , para pele; 1.7×10^3 a 1.6×10^4 UFC g^{-1} , para as brânquias, e <1.8 a 7.8 NMP g^{-1} , para o músculo.

Santos *et al.* (2009a), também cultivando tilápia em diferentes tratamentos usando esgoto doméstico, obtiveram dados de contaminação por coliformes que variaram de 4.5 a 7.8 NMP g^{-1} para pele, 14 a 24 NMP g^{-1} para as brânquias, e de <1.8 a 7.8 NMP g^{-1} para o músculo.

Estes dados reforçam os resultados alcançados no presente experimento, onde se observou que não houve contaminação, tanto nas áreas de contato externo dos peixes quanto nos músculos. A suplementação da ração fornecida no cultivo com vitamina C pode ter promovido resistência aos microrganismos analisados, indicando que seu uso pode provocar melhores condições sanitárias aos peixes cultivados em esgoto doméstico tratado.

Conclusões

O Tratamento $\frac{1}{4}$ RC (um quarto de ração suplementada com 1500 mg de Vitamina C por kg de ração) igualou-se estatisticamente aos demais tratamentos, quanto aos indicadores zootécnicos analisados, indicando que, ao suplementar a ração com vitamina C, mesmo em baixas taxas de arrazoamento, pode-se chegar a bons resultados produtivos, viabilizando esse tratamento, tanto por sua capacidade de produção quanto por seus benefícios ambientais e sanitários. Os resultados obtidos neste trabalho evidenciam a viabilidade do cultivo de tilápia do Nilo utilizando esgoto doméstico tratado, consolidando cada vez mais essa tecnologia.

Referências

Abdel Rahman, A. N., Khalil, A. A., Abdallah, H.M., ElHady, M. (2018) The effects of the dietary supplementation of Echinacea purpurea extract and/or vitamin C on the intestinal histomorphology, phagocytic activity, and gene expression of the Nile tilapia. *Fish & Shellfish Immunology*, **82**, 312-318. doi: <https://doi.org/10.1016/j.fsi.2018.08.024>

- APHA - American Public Health Association. (2005) *Standard methods for the examination of water e wastewater*. 21° ed. American Public Health Association, American Water Works Association and Water Environment Federation.
- Asaikkutti, A., Bhavan, P. S., Vimala, K., Karthik, M., Cheruparambath, P. (2016) Effect of different levels dietary vitamin C on growth performance, muscle composition, antioxidant and enzyme activity of freshwater prawn, *Macrobrachium malcolmsonii*. *Aquaculture Reports*, **3**, 229-236. doi: <https://doi.org/10.1016/j.aqrep.2016.04.002>
- BRASIL, Agência Nacional de Vigilância Sanitária-ANVISA (2001) *Resolução RDC nº 12, de 02 de janeiro de 2001*. Aprova o regulamento técnico sobre padrões microbiológicos para Val alimentos. Diário Oficial da União, Brasília, DF.
- Chagas, E.C., Val, A.L. (2011) Efeito da vitamina C no ganho de peso e em parâmetros hematológicos de tambaqui. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, **38**(3), 397-402. doi: <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2003000300009>
- Chen, Y., Yuan, R., Liu, Y., Yang, H., Liang, G., Tian, L. (2015) Dietary vitamin C requirement and its effects on tissue antioxidant capacity of juvenile largemouth bass, *Micropterus salmoides*. *Aquaculture*, **435**, 431–436. doi: <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2014.10.013>
- Colt, J. (2006) Water quality requirements for reuse systems. *Aquacultural Engineering*, **34**, 143-156. doi: <https://doi.org/10.1016/j.aquaeng.2005.08.011>
- Cyrino, J.E.P., Bicudo, A.J.A., Sado, R.Y., Borghesi, R., Dairiki, J.K. (2010) A piscicultura e o ambiente-o uso de alimentos ambientalmente corretos em piscicultura. *Revista Brasileira de Zootecnia*, **39**, 68-87. doi: <https://doi.org/10.1590/S1516-35982010001300009>
- Darias, M.J., Mazurais, D., Koumoundouros, G., Cahu C.L., Zambonino-Infante, J.L. (2011) Overview of vitamin D and C requirements in fish and their influence on the skeletal system. *Aquaculture*, **315**, 49-60. doi: <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2010.12.030>
- Dawood, M.A.O., Koshios, S. (2016) Vitamin C supplementation to optimize grow, health and stress resistance in aquatic animals. *Reviews in Aquaculture*, **10**, 334-350. doi: <https://doi.org/10.1111/raq.12163>
- Dawood, M.A.O., Koshio, S., El-Sabagh, M., Billah, M.M., Zaineldin, A.I., Zayed, M.M., Omar, A.A.E. (2017) Changes in the growth, humoral and mucosal immune responses following β -glucan and vitamin C administration in red sea bream, *Pagrus major*. *Aquaculture*, **470**, 214-222. doi: <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2016.12.036>
- El-Shafai, S.A., El-Gohary, F., Nasr, F.A., van der Steen, N.P., Gijzen, H.J. (2004a) Chronic ammonia toxicity to duckweed-fed tilapia (*Oreochromis niloticus*) *Aquaculture*, **232**, 117-127. doi: [https://doi.org/10.1016/S0044-8486\(03\)00516-7](https://doi.org/10.1016/S0044-8486(03)00516-7)
- El-Shafai, S.A., Gijzen, H.J., Nasr, F.A., El-Gohary, F. (2004b) Microbial quality of tilapia reared in fecal-contaminated ponds. *Environmental Research*, **95**, 231–238. doi: <https://doi.org/10.1016/j.envres.2004.01.002>
- Falcon, D.R., Barros, M.M., Pezzato, L.E., Valle, J.B. (2007) Lipídeo e vitamina C em dietas preparatórias de inverno para tilápias-do-nilo. *Revista Brasileira de Zootecnia*, **36**(5), 1462-1472. doi: <https://doi.org/10.1590/S1516-35982007000700002>
- Freire, C, Gonçalves, A. A. (2013) Diferentes métodos de abate do pescado produzido em aquicultura, qualidade da carne e bem-estar do animal. *Holos*. **29**, 33-41. doi: <https://doi.org/10.15628/holos.2013.992>
- Gonçalves Jr., L. P., Souza, J. G. da S., Mendonça, P. P. (2015) Necessidade dos peixes em vitaminas. *Revista eletrônica nutritime*, **12**(01), 3925-3935. Acessado em: 04 de julho de 2020, disponível em: <https://www.nutritime.com.br/site/wp-content/uploads/2020/01/Artigo-293-1.pdf>
- Haygood, A. M., Jha, R. (2016) Strategies to modulate the intestinal microbiota of Tilapia (*Oreochromis sp.*) in aquaculture: a review. *Reviews in Aquaculture*, **0**, 1-14. doi: <https://doi.org/10.1111/raq.12162>
- Huang, F., Jiang, M., Wen, H., Wu, F., Liu, W., Tian, J., Shao, H. (2016) Dietary vitamin C requirement of genetically improved farmed Tilapia, *Oreochromis niloticus*. *Aquaculture Research*, **47**(3), 689-697. doi: <https://doi.org/10.1111/are.12527>

- Khalil, M. T., Hussein, H. A. (2008) Use of waste water for aquaculture: an experimental field study at a sewage-treatment plant, Egypt. *Aquaculture Research*, **28**(11), 859-865. doi: <https://doi.org/0.1046/j.1365-2109.1997.00910.x>
- Khan, K.U., Zuberi, A., Nazir, S., Ullah, I., Jamil, Z., Sarwar, H. (2017) Synergistic effects of dietary nano selenium and vitamin C on growth, feeding, and physiological parameters of mahseer fish (*Tor putitora*), *Aquaculture Reports*, **5**, 70-75. doi: <https://doi.org/10.1016/j.aqrep.2017.01.002>
- Kubitza, F. (2011) *Tilápia: tecnologia e planejamento na produção comercial*. 2ª ed. Jundiaí, SP: Acqua Supre.
- Liang, X., Li, Y., Hou, Y., Qiu, H., Zhou, Q. (2017) Effect of dietary vitamin C on the growth performance, antioxidant ability and innate immunity of juvenile yellow catfish (*Pelteobagrus fulvidraco Richardson*) *Aquaculture Research*, **48**, 149-160. doi: <https://doi.org/10.1111/are.12869>
- Lima, A. F., Barbosa, J. M. (2016) Crescimento, sobrevivência e resistência de larvas de tilápia em função da densidade e da suplementação com vitamina C. *Archivos de Zootecnia*, **65**(250), 117-121. doi: <https://doi.org/10.21071/az.v65i250.477>
- Metcalf, E. (2013) *Wastewater Engineering: Treatment and Resource Recovery*. 5ª ed. New York: McGraw-Hill, 2013.
- Monteiro, C.A.B., dos Santos, A.B., Santos, E. S., Araripe, M.N.B.A., Mota, S. (2011) Efeito da aeração por air-lift na alevinagem de tilápia do Nilo em esgoto doméstico tratado. *Revista DAE*, **186**, 16-22. doi: <https://doi.org/10.4322/dae.2014.074>
- Pereira, C. M., Lapolli, F. R. (2009) Criação de tilápias no efluente doméstico tratado em lagoas de estabilização. *Biotemas*, **22** (1), 93-102. doi: <https://doi.org/10.5007/2175-7925.2009v22n1p93>
- Phan-Van, M., Rousseau, D., De Pauw, N. (2008) Effects of fish bioturbation on the vertical distribution of water temperature and dissolved oxygen in a fish culture-integrated waste stabilization pond system in Vietnam. *Aquaculture*, **281**, 28-33. doi: <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2008.04.033>
- Reidel, A., Damasceno, S., Zenatti, D.C., Sampaio, S.C., Feiden, A., Queiroz, M.M.F. (2005) Utilização de efluente de frigorífico, tratado com macrófita aquática, no cultivo de tilápia do Nilo. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, **9**, 181-185. Acessado em: 04 de julho de 2020, disponível em: http://www.agriambi.com.br/revista/suplemento/index_arquivos/PDF/181.pdf
- Santos, E.S., Neto, M. F., Mota, S., Santos, A.B., Aquino, M.D. (2009a) Cultivo de tilápia do Nilo em esgoto tratado doméstico. *Revista DAE*, São Paulo, **180**, 4-11. doi: <https://doi.org/10.4322/dae.2014.029>
- Santos, E.S., Oliveira, M. A., Mota, S., Aquino, M.D., Vasconcelos, M.M. (2009b) Crescimento e qualidade dos alevinos de tilápia do Nilo produzidos em esgoto doméstico tratado. *Revista Ciência Agronômica*, Fortaleza, **40**(2), 232-239. <http://ccarevista.ufc.br/seer/index.php/ccarevista/article/view/516/334>
- Santos, E.S., Mota, S., Santos, A.B., Monteiro, C.A.B., Fontenele, R.M.M (2011) Avaliação da sustentabilidade ambiental do uso de esgoto doméstico tratado na piscicultura. *Engenharia Sanitária e Ambiental*, Rio de Janeiro, **16**(1), 45-54. doi: <https://doi.org/10.1590/S1413-41522011000100008>
- Trichet, V. V., Santigosa, E., Cochin, E., Gabaudan, J. (2015) The effect of Vitamin C on fish health. In: *Fish Health*. Hoboken, Nova Jersey: Wiley-Blackwell. doi: <https://doi.org/10.1002/9781119005568>
- UNESCO. (2017) *Wastewater: the untapped resource*. The United Nations World Water Development Report, 2017. Paris. Acessado em: 04 de julho de 2020, disponível em: <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000247647>
- Tran-Duy, A., Schrama, J.W., van Dam, A.A., Verreth, J.A. (2008) Effects of oxygen concentration and body weight on maximum feed intake, growth and hematological parameters of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*. *Aquaculture*, **275**, 152-162. Acessado em: 04 de julho de 2020, disponível em: https://www.who.int/water_sanitation_health/publications/gsuweg3/en/
- WHO. (2006) *Guidelines for the safe use of wastewater, excreta and greywater: Wastewater and excreta use in aquaculture*. Volume 3. Geneva: World Health Organization.
- Yang, H, Abbaspour, K. C. (2007) Analysis of wastewater reuse potential in Beijing. *Desalination*, **212**, 238–250. doi: <https://doi.org/10.1016/j.desal.2006.10.012>