

Efeito da aeração por *air-lift* na alevinagem de tilápia do Nilo em esgoto doméstico tratado

Effect of aeration by air-lift in the Nile Tilapia fingerling in treated domestic sewage

Cleto Augusto Baratta Monteiro (*)

Engenheiro Civil. Mestre em Desenvolvimento e Meio Ambiente pela UFPI. Doutorando em Saneamento Ambiental na Universidade Federal do Ceará. Prof. Adjunto do Departamento de Recursos Hídricos e Geologia Aplicada do Centro de Tecnologia da UFPI.

André Bezerra dos Santos

Engenheiro Civil. Doutor em Saneamento Ambiental pela Universidade de Wageningen, Holanda. Prof. Adjunto do Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental do Centro de Tecnologia da Universidade Federal do Ceará.

Emanuel Soares dos Santos

Engenheiro de Pesca. Mestre em Engenharia de Pesca. Doutorando em Saneamento Ambiental na Universidade Federal do Ceará. Bolsista CNPq.

Maria de Nasaré Bona de Alencar Araripe

Engenheira de Pesca. Doutora em Ciência Animal pela Universidade Federal do Piauí. Prof. Associada do Departamento de Zootecnia do Centro de Ciências Agrárias da UFPI.

Suetônio Mota

Engenheiro Civil e Sanitarista. Doutor em Saúde Ambiental pela Universidade de São Paulo. Professor Titular do Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental do Centro de Tecnologia da Universidade Federal do Ceará. Membro da Academia Cearense de Ciências.

Endereço para correspondência (*):

Av Rio Poti, 2033 apt°401, Bairro Horto Florestal – Teresina (PI), CEP: 64049-410, e-mail: cleto_baratta@hotmail.com

Data de entrada: 25/05/2010 **Data de aprovação:** 07/12/2010

RESUMO

Com o objetivo de avaliar o desempenho da tilápia do Nilo, *Oreochromis niloticus*, cultivada em esgoto doméstico tratado em sistema de lagoas de estabilização, utilizaram-se doze tanques de fibra, divididos em dois tratamentos, sem e com aeração do tipo *air-lift*, as quais não receberam alimentação artificial. Os resultados obtidos para os tratamentos sem e com aeração artificial, respectivamente, foram: crescimento diário, $0,08 \pm 0,01a$ e $0,10 \pm 0,02b$ cm/dia; ganho de peso diário, $0,47 \pm 0,08a$ e $0,65 \pm 0,09b$ g/dia; e produtividade, $12,15 \pm 0,99a$ e $16,24 \pm 1,97b$ kg/ha.dia. Em relação aos parâmetros zootécnicos, é possível afirmar a viabilidade do uso do esgoto doméstico tratado no cultivo da tilápia do Nilo. No tratamento em que foi utilizada aeração por *air-lift* os resultados de todos os parâmetros avaliados apresentaram-se estatisticamente superiores aos do cultivo sem aeração.

ABSTRACT

This work evaluated Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*, cultivation in treated sewage, by using twelve fiber tanks which were divided in two different treatments: external *air-lift* aeration and absence of external aeration, and did not receive artificial nourishment. The results for the treatments without and with artificial aeration were, respectively: daily growth, $0.08 \pm 0.01a$ and $0.10 \pm 0.02b$ cm/day; daily weight gain, $0.47 \pm 0.08a$ and $0.65 \pm 0.09b$ g/day; and productivity, $12.15 \pm 0.99a$ and $16.24 \pm 1.97b$ kg/ha.day. With regard to the zotechnical parameters it can be concluded that is possible to use treated sewage from stabilization ponds to cultivate Nile tilapia. The results achieved in the *air-lift* treatment showed to be statistically higher than the aeration-free treatment.

Palavras-chave: piscicultura; alevinagem de tilápia do Nilo; esgoto doméstico; lagoas de estabilização; *Oreochromis niloticus*.

Key words: fish farming; Nile tilapia fingerling; domestic sewage; stabilization ponds; *Oreochromis niloticus*.

INTRODUÇÃO

O conjunto das atividades humanas está cada vez mais diversificado e associado ao crescimento demográfico, exigindo atenção maior às necessidades de uso da água para diversas finalidades. Essas necessidades cobram seus tributos tanto quantitativa e qualitativamente, e se evidenciam principalmente em regiões com características de maiores desenvolvimentos urbano, industrial e agrícola (MANCUSO; SANTOS, 2003). Por outro lado, nas regiões áridas e semi-áridas, a água se tornou fator limitante para o desenvolvimento urbano, industrial e agrícola (HESPANHOL, 2002). A vazão destinada aos fins agrícolas no Brasil é de aproximadamente setenta por cento do total utilizado, o que leva a priorizar o desenvolvimento das tecnologias de reúso nas atividades agropecuárias como a prioridade a suprir esta demanda e promover o desenvolvimento agrícola.

Em virtude da preocupação com esta situação, e conhecendo o potencial do reúso como forma de aumentar a oferta hídrica, na ECO-92 foi recomendada aos países participantes, pela Agenda 21 (1994), a implementação da políticas de gestão dirigidas para o uso de efluentes, onde se integraria a proteção da saúde pública de grupos de risco, com práticas ambientais adequadas. Assim, considerando o uso racional da água, é possível substituir as fontes de abastecimento de atividades produtivas que toleram águas de menor qualidade, implantando o reúso, e, deixando maior volume de água de melhor qualidade para os usos nobres, como é o caso do abastecimento humano (SANTOS et al. 2009a). A prática

da aqüicultura com uso de esgotos domésticos ou por meio de adubação com excretas representa uma fonte de receita substancial em diversos países, entre os quais Bangladesh, Índia, Indonésia e Peru (HESPANHOL, 2002). Com essas práticas, também são utilizados peixes que recebem a energia da biomassa presente no esgoto doméstico tratado e a transfere para o homem ou a outros animais, que consomem esses peixes. Para aproveitar de forma eficiente a produtividade primária presente nos esgotos, devem ser utilizadas espécies de peixes que possuam a capacidade de assimilar essa fonte protéica com eficiência. As carpas e as tilápias, no mundo todo, estão entre as espécies mais utilizadas nas pesquisas e nos cultivos com reúso de esgoto (SANTOS et al. 2009a).

De acordo com Peirong (1989), a tilápia é onívora, com tendência a ser herbívora. No estágio larval, alimenta-se principalmente de zooplâncton e o espectro alimentar aumenta com o crescimento do peixe. No hábito alimentar estão incluídos seres bentônicos, algas, pequenas plantas aquáticas, detritos orgânicos e pequenos animais, tais como minhocas, microcrustáceos e insetos aquáticos.

Tran-Duy et al. (2008) afirmaram que, dentro dos seus limites, as tilápias são espécies de peixes que se adaptam a diferentes condições de qualidade da água. Toleram bem baixos níveis de oxigênio dissolvido, tendo crescimento sensivelmente afetado em concentração abaixo de 3,0 mg/L. Desenvolvem-se em uma ampla faixa de acidez e alcalinidade na água. Crescem e até reproduzem-se em águas salobras ou salgadas e apresentam tolerância a altas concentrações de amônia, quando comparada à maioria dos peixes cultivados. Portanto em aqüicultura, o aproveitamento de águas residuárias tratadas é uma forma de produção de proteínas animal a baixo custo que pode ser explorada pela iniciativa privada ou pelo setor público.

Este cultivo pode atingir bons níveis de produtividade em função dos efluentes das estações de tratamento de esgotos (ETEs), que utilizam a tecnologia de lagoas de estabilização, serem ricas fontes de nutrientes, promovendo o desenvolvimento do alimento natural aproveitável pelos peixes. É possível considerar que as lagoas de estabilização e, particularmente, as lagoas de polimento e de maturação, são ambientes bastante semelhantes aos tanques de piscicultura, no que tange à morfometria e à dinâmica da qualidade da água, pois efluente produzido por este tipo de tratamento biológico de esgoto apresenta enorme potencial de uso no cultivo de peixes. Neste processo acontece a desejável reciclagem de nutrientes uma vez que a produção da biomassa de algas nos reatores irá sustentar a alimentação básica do estoque de peixes ali cultivado.

Esta pesquisa teve por proposta avaliar o uso do esgoto doméstico tratado em lagoas de estabilização como fertilizantes para a alevinagem da tilápia do Nilo com o objetivo de comparar desempenho dos alevinos com ou sem o uso de aeração por air-lift.

METODOLOGIA

O experimento teve duração de 67 dias e foi realizado na área experimental situada na Estação de Tratamento de Esgotos da

zona Leste do município de Teresina-PI (ETE-Leste), pertencente à empresa Águas e Esgotos do Piauí S.A. (AGESPISA). A ETE-Leste é composta de cinco lagoas de estabilização em série, das quais uma facultativa aerada, duas facultativas convencionais (paralelas entre si) e duas de maturação (também paralelas entre si), cujo efluente final foi utilizado no abastecimento dos tanques experimentais. A Figura 1 apresenta a fotografia aérea da ETE (A) e a área experimental, com destaque para os tanques de cultivo (B).



Fonte: (A) Muller (2004); (B) Monteiro (2010).

Figura 1 - Imagem aérea da ETE-Leste (A), e da área experimental (B). Teresina-PI, 2010.

Foram utilizados 12 tanques de fibra de vidro com volume útil de 3,80m³, devidamente protegidos contra ação de predadores por tela de material plástico. Foram estocados alevinos de tilápia do Nilo, *Oreochromis niloticus*, revertidos sexualmente para machos, com densidade experimental de 10 alevinos por tanque (2,63 peixes/m²), totalizando uma população de 120 animais no experimento, cuja fonte de alimentação foi a biomassa algal presente no esgoto tratado. Para revitalizar a oferta dos nutrientes na dieta dos animais, assim como a manutenção da qualidade ambiental, diariamente era efetuada a troca de 15% do volume de esgoto de cada tanque.

Foram testados dois tratamentos, descritos a seguir:

- T-01 → Tanques experimentais 1 a 6: abastecidos com esgoto doméstico tratado no sistema de lagoas de estabilização; sem fornecimento de ração; sem aeração;

▪ T-02 → Tanques experimentais 7 a 12: abastecidos com esgoto doméstico tratado no sistema de lagoas de estabilização; sem fornecimento de ração; com aeração por sistema air-lift.

No tratamento com aeração suplementar foi utilizado um compressor do tipo radial (soprador) com 1,25 CV de potência, operando em um turno de aeração de 9 horas, no período das 21 às 06 horas. Foram realizadas biometrias inicial e de acompanhamento. A biometria inicial foi dedicada à caracterização da população e as biometrias de acompanhamento foram realizadas mensalmente e forneceram os dados necessários ao estudo do desenvolvimento dos animais. Em todas as biometrias, foram medidos o comprimento total (cm) e o peso médio (g), para avaliação do ganho de peso diário (g/dia) e crescimento diário (cm/dia). Quando da conclusão do cultivo, foi quantificado, também, o resultado de sobrevivência e calculadas as produtividades (kg/ha.dia) alcançadas.

Para avaliar se houve influencia das condições ambientais nos resultados dos parâmetros zootécnicos, foram acompanhados alguns dos principais indicadores de qualidade de água comumente utilizados na piscicultura. Foram medidos: pH, utilizando-se pHmetro portátil digital modelo WTW pH 330i; Temperatura (°C) e Oxigênio Dissolvido (mg/L), usando oxímetro multifuncional modelo HANNA HI 9146. Para as análises de Amônia Total (mg/L), foi adotada a metodologia descrita em APHA (2005), utilizando-se espectrofotômetro DR-2800 HACH. Além destes parâmetros, também foram calculados os valores de amônia não-ionizada (mg/L), a partir da aplicação dos resultados obtidos de amônia total, pH e Temperatura, usando as Equações 1 e 2, propostas por Albert (1973) e Emerson et al. (1975), respectivamente.

$$NH_3 = \left[NH_3 + NH_4^+ \right] \left[1 + 10^{(pK_a - pH)} \right] \quad \text{(Equação 1)}$$

$$pK_a = 0,0918 + 2729,92 / [T(^{\circ}C) + 273] \quad \text{(Equação 2)}$$

As análises estatísticas dos parâmetros zootécnicos e ambientais avaliados foram realizadas com o software BioEstat 4.0, e a Análise de Variância (ANOVA), e o teste de Tukey para significância de 5,0% (p 0,05). Foram realizados, também, os testes de Lilliefors e Shapiro-Wilk para a verificação da normalidade e, quando necessária, foi feita a transformação linear dos dados para cumprimento da homocedasticidade condição exigida para tanto. Para a análise estatística do crescimento diário, que apresentou dados não-paramétricos foi aplicado teste de Kruskal-Wallis, e para a comparação entre as médias, o teste de Dunn.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Estação de Tratamento de Esgotos (ETE-Leste) trabalha atualmente com menos de 50% de sua capacidade operacional, pois a carga orgânica afluente de DBO5 registrada durante o ciclo experimental foi equivalente a 1.629,34 Kg/dia, para uma vazão média de 8.680,58m³/dia. Na Tabela 1 estão apresentados os resultados médios e desvios padrão, além dos valores máximos e mínimos dos parâmetros básicos característicos do esgoto tratado produzido por este sistema e, utilizado no abastecimento dos tanques experimentais.

Tabela 1 – Média e desvio padrão dos parâmetros básicos característicos do afluente de esgoto tratado utilizado no abastecimento da unidade experimental.

Teresina – PI. 2010.

Parâmetros	Afluente de esgoto tratado (ETE-Leste) aos tanques experimentais.		
	Média±DP	Máximo	Mínimo
Temperatura (°C)	30,05±0,91	31,15	28,93
pH	7,54±0,13	7,68	7,36
Oxigênio Dis.(mg O ₂ /L)	2,79±1,37	4,93	1,19
Amônia (mg N-NH ₃ /L)	23,98±3,63	27,23	18,80
Nitrito (mg N-NO ² /L)	0,17±0,27	0,65	0,03
Nitrato (mg N-NO ³ /L)	0,29±0,11	0,40	0,14
Fósforo (mg/L)	4,51±0,93	5,25	2,91
Sólidos Suspensos (mg/L)	85,54±66,16	168,00	35,00
DBO ₅ (mg/L)	15,21±3,66	20,25	10,20
DQO (mg/L)	87,80±29,25	125,00	54,00
Clorofila-a (µg/L)	314,40±319,71	881,00	138,00
Coliformes Totais (NMP/100L)	2239,87±476	2,60E+03	1,70E+03
Coliformes Fecais(NMP/100L)	594,92±407	1,32E+03	2,50E+02
Ovos de Helmintos	ND	ND	ND

Fonte: Agespisa (2010). ND: não detectado.

De acordo com os parâmetros característicos do efluente de esgoto tratado e, informações da AGESPISA, o sistema de tratamento com lagoas de estabilização (ETE-Leste), classificado como tratamento biológico do tipo secundário, produz um efluente final com razoável teor de nutrientes e, ao ser lançado no corpo receptor (rio Poti), pode contribuir para o processo de eutrofização que se verifica neste manancial, em virtude do lançamento indiscriminado de esgotos, na zona urbana do município.

Sendo a Clorofila-a uma medida da produtividade primária e do estado trófico do ambiente aquático, é importante observar que a fertilização deste ambiente pode ser identificada através da medida da sua concentração, portanto, o efluente da lagoa de maturação com uma concentração média de 314,40 µg/L, pode ser considerado potencialmente fértil e, compatível com concentrações (137 a 1700 µg/L) relatadas por Luduvic et al. (2001) em pesquisa de concentração de algas em lagoas de estabilização (maturação).

A presença de microalgas no efluente de esgoto tratado representa uma importante fonte de alimento protéico para os peixes, notadamente na idade de alevinos, pois esta biomassa algal, pode conter até mais de 50% (em peso seco) na proporção de proteínas existentes nesses organismos (SANTOS 2008).

Quanto aos aspectos da qualidade microbiológica, a Organização Mundial da Saúde - OMS (WHO, 1989) propôs para cultivo de peixes em águas residuárias tratadas, as seguintes diretrizes: 103 Coli-formes Fecais por 100 mL no tanque de piscicultura ou 104 no afluente ao tanque de piscicultura, além da ausência de ovos de helmintos (trematóides).

As concentrações dos demais parâmetros apresentados na Tabela 1 estão compatíveis com as características de efluentes de esgotos tratados por lagoas de estabilização, e utilizados em atividades de reúso. Na Tabela 2 estão apresentados os resultados médios e desvios padrão, além dos valores máximos e mínimos dos parâmetros ambientais medidos na água de cultivo, nos dois tratamentos experimentais.

Tabela 2 – Média e desvio padrão dos parâmetros ambientais medidos para os Tratamentos T-01(sem aeração) e T-02 (com aeração) durante o cultivo experimental.Teresina – PI (2010).

Parâmetros	T-01			T-02		
	Média ± DP	Máximo	Mínimo	Média ± DP	Máximo	Mínimo
Temperatura (°C)	29,11 ± 0,95a	30,75	26,73	29,04 ± 0,98a	30,86	26,65
pH	7,38 ± 0,21a	8,00	7,22	7,39 ± 0,19a	7,81	7,18
Oxigênio Dis (mg/L)	2,73 ± 0,84a	4,42	1,34	3,05 ± 0,79a	4,97	2,19
Amônia Total (mg/L)	11,22 ± 6,59a	22,86	0,22	4,88 ± 5,43b	16,95	0,70
NH ₃ (mg/L)	0,20 ± 0,12a	0,40	0,01	0,09 ± 0,10b	0,30	0,01
Nitrito (mg N-NO ² /L)	0,32±0,20b	0,60	0,16	0,69±0,60a	1,42	0,30
Nitrato (mg N-NO ³ /L)	0,31±0,23a	0,71	0,17	0,39±0,21a	1,09	0,17
Fósforo (mg/L)	4,69± 0,45a	5,91	3,79	3,44± 0,57b	3,90	2,88
Sólidos Suspensos (mg/L)	94.9±43,24a	124.85	32.5	84±44,09a	131.6	39.55
DBO ₅ (mg/L)	16,17±4,86a	20,29	12,45	16,29±3,54a	27,71	9,56
DQO (mg/L)	97,01±36,39a	119,34	68,92	75,36±23,71a	106,42	55,45
Clorofila-a (µg/L)	687,5±373,6a	1129,33	291,80	469,8±228,03a	655,33	175,83
Coliformes Totais (NMP/100L)	1,3E+03 ± 9,9E+02a	2,4E+03	5,1E+02	1,7E+03± 9,0E+02a	2,4E+03	4,1E+02
Coliformes Fecais(NMP/100L)	8,7E+02 ±1,1E+03a	2,1E+03	1,0E+02	6,5E+02± 9,2E+02a	2,2E+03	1,0E+02

Amônia Total = NH₄⁺ + NH₃; NH₃ = Amônia Não-ionizada. Mesma letra entre tratamentos significa resultados semelhantes pelo teste de *Tukey* (p ≤ 0,05) ou *Dunn*.

A temperatura média nos Tratamentos T-01 e T-02 foi de 29,11 e 29,04°C, respectivamente, não apresentando diferença estatisticamente significativa. A temperatura ótima para tilápia do Nilo em ambiente de cultivo é de aproximadamente 30°C (AZAZA et al., 2008). Neste experimento, os resultados de pH em ambos os tratamentos experimentais foram estatisticamente semelhantes e ficaram dentro dos limites ótimos recomendados na literatura. Na aquicultura praticada em água doce, recomendam-se valores de pH variando entre 6,0 e 8,5 (ZHOU et al., 2009).

O principal efeito do pH nos organismos aquáticos cultivados é indireto, alterando a forma de outros parâmetros químicos, dentre os quais é relevante destacar os compostos nitrogenados, dos quais a amônia é o mais importante para a piscicultura. A amônia afeta diretamente o crescimento dos animais aquáticos (COLT, 2006). As elevadas concentrações deste composto constituem um dos sérios problemas em cultivos de peixes, especialmente em sistemas de recirculação (BENLI et al. 2008).

A quantificação de amônia total envolve a forma ionizada (NH₄⁺) e a não-ionizada (NH₃). Segundo Colt (2006), a toxicidade da amônia é geralmente associada à concentração da amônia não-ionizada (NH₃), devido sua capacidade de se mover através das membranas celulares. Pillay (1992) recomenda que, por grandes períodos de tempo de exposição, a concentração máxima de amônia não-ionizada seja de 0,1 mg/L. Neste experimento, para o Tratamento T-01, a concentração média foi de 0,20 ± 0,12 mg/L, o dobro da recomendada pelo autor anteriormente citado. Por sua vez, no Tratamento T-02, a concentração foi de 0,09 ± 0,10 mg/L, próxima ao limite máximo recomendado.

Vale salientar que, em ambos os tratamentos foram observadas grandes variações nas concentrações de amônia não-ionizada. De acordo com Colt (2006), as concentrações de oxigênio dissolvido devem ser mantidas entre 5,0 e 6,0 mg/L, no entanto, algumas espécies toleram bem as concentrações entre 3,0 e 3,5 mg/L. Neste experimento, as concentrações médias de oxigênio dissolvido foram 2,73 ± 0,84 e 3,05 ± 0,79 mg/L, respectivamente para os Tratamentos T-01 e T-02, e não apresentaram diferença estatisticamente significativa. Nos referidos valores as concentrações encontradas estavam abaixo dos indicados como ideais, na literatura.

Segundo Colt (2006), a amônia afeta seriamente a incidência de doenças, especialmente quando a temperatura e a concentração de oxigênio dissolvido estão abaixo dos valores ótimos. El-Shafai et al. (2004), ao aumentarem as concentrações de amônia não-ionizada, e Tran-Duy et al. (2008), ao reduzirem as concentrações de oxigênio dissolvido, observaram redução no desempenho zootécnico das tilápias do Nilo cultivadas em ambos os experimentos. Baixas concentrações de oxigênio dissolvido e variações nas concentrações de NH₃ aumentam a toxicidade da amônia (COLT, 2006). Esta combinação de resultados de oxigênio dissolvido e amônia não-ionizada afetaram os resultados zootécnicos obtidos nesta pesquisa.

Em água doce, dependendo da espécie, concentrações de nitrito entre 0,7 e 2,0 mg/l podem causar massiva mortalidade aos peixes, e quando expostos a níveis sub-letais (0,3 a 0,5 mg/l) podem sofrer redução no crescimento e na resistência a doenças (KUBITZA, 1998). Por outro lado, a presença do nitrato nos tanques deste experimento não comprometeu a integridade dos peixes e tão pouco os resultados esperados no desenvolvimento dos animais, pois, esta forma (NO₃⁻) de apresentação do nitrogênio é bem menos tóxica que o nitrito.

Entretanto, Proença; Bittencourt (1994) sugerem como o limite máximo de tolerância, a concentração de 5,0 mg/L de nitrato, pois acima deste valor já é possível a ocorrência de morte nos tanques. Os resultados experimentais em T-01 e T-02, para concentrações média de nitrito ($0,32 \pm 0,20$; $0,69 \pm 0,60$ mg/L) e de nitrato ($0,31 \pm 0,23$; $0,39 \pm 0,21$ mg/L), apesar das variações registradas, ficaram situadas dentro dos limites recomendados para piscicultura.

Segundo Bastos et al.(2003), o fósforo é considerado o elemento limitante da produtividade de um viveiro, por ser, um nutriente essencial a toda cadeia alimentar, mas, em geral, apresenta-se em baixas concentrações na água. A forma predominante do fósforo em águas de tanques de piscicultura é o ortofosfato, prontamente assimilável pelo fitoplâncton, fonte de nutrientes para os peixes. O fósforo representa a medida da disponibilidade de nutrientes e do estado trófico do ambiente. De acordo com Van Haandel; Marais (1999), citado por Von Sperling et al. (2009), observa-se que as concentrações de fósforo total usualmente encontradas no esgoto sanitário do Brasil têm oscilado, em torno de 5 a 8 mgL⁻¹ devido a dois principais fatores: a baixa porcentagem de tripolifosfato de sódio atualmente contida nos detergentes, e a grande quantidade de sabões a base de ácidos graxos de cadeia longa ao invés de polifosfato.

Neste experimento o abastecimento dos tanques da piscicultura, é feito com esgoto tratado pela ETE, o que implica na redução natural na concentração do fósforo ($6,63 \pm 1,37$ mgL⁻¹) no esgoto bruto, que chega na estação.

Os sólidos suspensos analisados em microscópio são formados principalmente por algas da família das cianofíceas e clorofíceas, matéria orgânica particulada, grumos de bactérias, rotíferos e copépodos os quais são alimentos para os peixes. As variações de sólidos suspensos acompanham estreitamente as variações de DQO. Os peixes consumindo parte destes sólidos suspensos promovem a redução da DQO (PÉREIRA, 2000). No tratamento T-02, em que utilizou-se o sistema de air-lift, esta redução foi evidenciada, além de neste tratamento, os animais apresentaram melhores resultados zootécnicos (Tabela 3). Na Tabela 3 estão demonstrados os dados referentes aos parâmetros zootécnicos analisados durante os 67 dias de cultivo.

Parâmetros Zootécnicos	Tratamentos Experimentais	
	T-01	T-02
Comprimento Inicial (cm)	7,40 ± 0,49a	6,44 ± 0,51b
Comprimento Final (cm)	12,70 ± 0,77b	13,40 ± 0,90a
Crescimento (cm/peixe)	5,30 ± 0,77b	6,62 ± 1,36a
Crescimento diário (cm/dia)	0,08 ± 0,01b	0,10 ± 0,02a
Peso Inicial (g)	7,14 ± 1,16a	4,62 ± 0,60b
Peso Final (g)	38,36 ± 5,09b	47,85 ± 6,02a
Ganho de Peso (g)	31,22 ± 5,09b	43,23 ± 6,02a
Ganho de Peso Diário (g/dia)	0,47 ± 0,08b	0,65 ± 0,09a
Produtividade (kg/ha.dia)	12,15 ± 1,83b	16,24 ± 1,97a
Sobrevivência	98,3%	95,0%

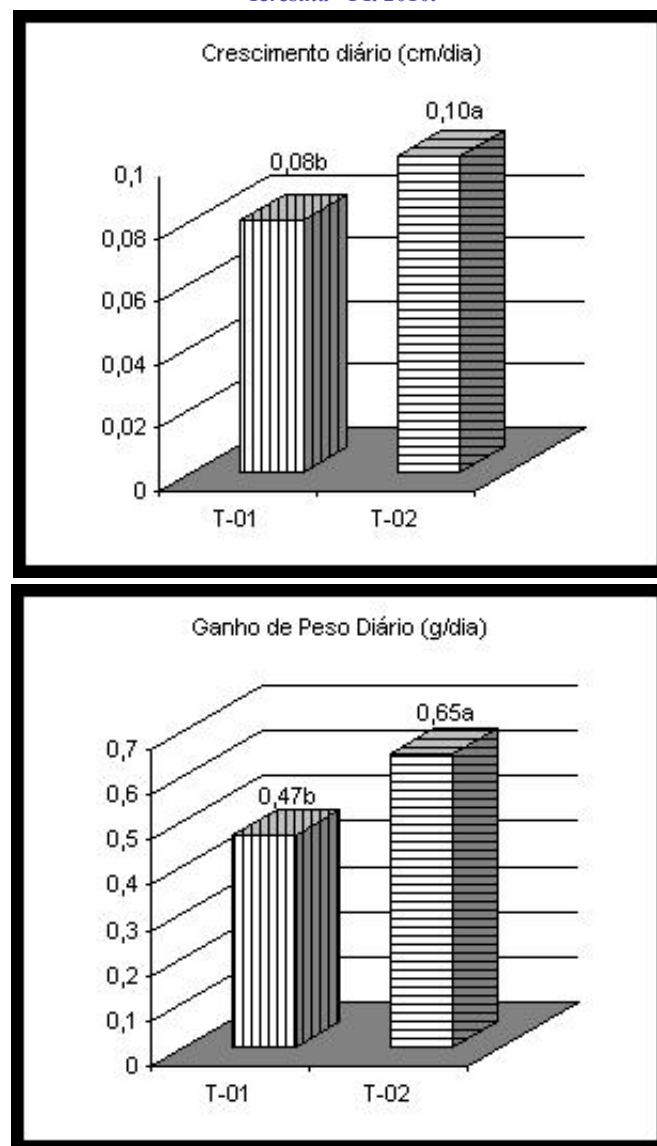
Mesma letra entre tratamentos são resultados semelhantes pelo teste de Tukey (p ≤ 0,05) ou Dunn.

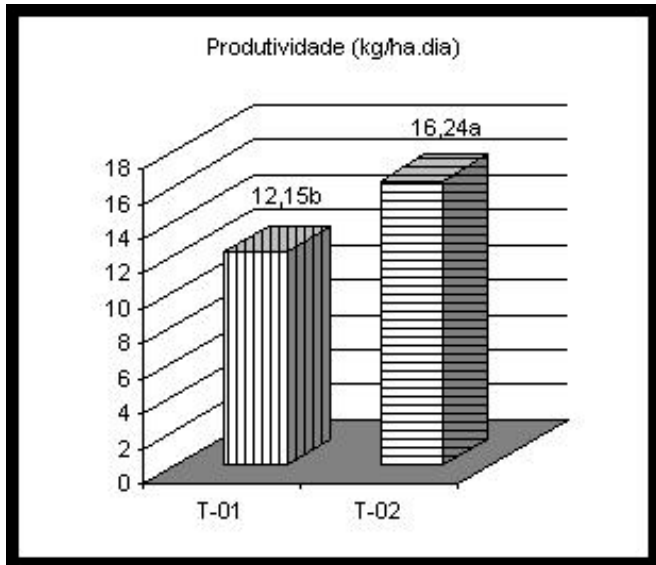
Entre os parâmetros analisados, foram enfatizados o crescimento diário (cm/dia), o ganho de peso diário (g/dia) e a produtividade (kg/ha.dia), os quais estão representados graficamente na Figura 2, tanto por expressarem bem o resultado obtido no experimento,

quanto pela utilização comum na bibliografia especializada como dados de referência do desempenho dos cultivos em aquíicultura. Da Figura 2-a constam os dados referentes ao crescimento diário (cm/dia), e pode ser observado que o melhor resultado foi apresentado pelo Tratamento T-02, com crescimento de $0,10 \pm 0,02$ cm/dia, comparado com o Tratamento T-01, com $0,08 \pm 0,01$ cm/dia.

É válido destacar que houve diferença estatisticamente significativa entre os resultados obtidos nos Tratamentos T-01 e T-02. A Figura 2-b, relacionada ao ganho de peso diário (g/dia), confirma o melhor desempenho do Tratamento T-02, com $0,65 \pm 0,09$ g/dia, em relação ao Tratamento T-01, com $0,47 \pm 0,08$ g/dia. Com relação a este parâmetro, também houve diferença estatisticamente significativa entre os tratamentos. Na Figura 2-c encontram-se os resultados de produtividade, observando-se que o Tratamento T-02 manteve o melhor desempenho, com $16,24 \pm 1,76$ kg/ha.dia, confrontado com o Tratamento T-01, com $12,15 \pm 0,99$ kg/ha.dia. Para este parâmetro também se repete o padrão dos resultados com diferença estatisticamente significativa.

Figura 2 - Representação gráfica do crescimento em comprimento (cm/dia) (a), ganho de peso (g/dia) (b) e a produtividade (kg/ha.dia) (c), ao final do cultivo, nos dois tratamentos experimentais. Teresina - PI. 2010.





As taxas de sobrevivência alcançada mostraram que tanto para o Tratamento T-01 quanto para o Tratamento T-02 foram obtidos elevados níveis de sobrevivência, com valores de 98,3% e 95,0%, respectivamente,

Os resultados de crescimento diário obtidos nesta pesquisa ficaram próximos aos valores alcançados no experimento realizado com uso de efluente de lagoas de estabilização, no cultivo da tilápia do Nilo, no Ceará, por Santos et al. (2009b), que obtiveram valores da ordem de 0,128 cm/dia. Quanto ao ganho de peso diário, Boscolo et al. (2001) e Neves et al. (2008) alcançaram valores de crescimento diário situados entre 0,48 e 0,71 g/dia. Santos et al. (2009a; 2009b) obtiveram valores que variaram entre 0,286 g/dia e 1,357 g/dia, usando esgoto tratado no cultivo de tilápia. Os resultados alcançados nesta pesquisa ficaram compreendidos entre os valores acima citados.

Entre os resultados de produtividade relatados na bibliografia, podem ser citados: Moscoso (1998) que obteve 32,01 kg/ha.dia; El-Gohary et al. (1995) que alcançaram 71,5 kg/ha.dia. Edwards et al. (1981) que conseguiram rendimentos de 16-20 t/ha.ano; Polprasert (1984) que obteve 5.636 kg de tilápia por ha/ano; Sharma et al. (1987) que produziram 7530 kg/ha.ano; Olah (1980) que conseguiu 1.700 kg/ha.ano; Srinivasan (1980) o qual alcançou 10,6 t/ha.ano; Santos et al. (2009a) os quais obtiveram produtividade entre 27-57,3 kg/ha.dia.

Todos estes resultados acima citados foram obtidos com reúso de água ou com tecnologias correlatas. Os dados de sobrevivência também ficaram dentro daqueles comumente alcançados nos experimentos com tilápia do Nilo, em cultivos com uso de esgoto doméstico tratado. Como exemplos, podem ser citados os dados obtidos por Santos et al. (2009a; 2009b), que variaram de 59,6% a 100%.

CONCLUSÕES

A piscicultura integrada ao sistema de tratamento por lagoas de estabilização apresentou resultados promissores, na produção de alevinos de qualidade, sem perder o foco da integridade ambiental, pois, foi possível tornar o tratamento

de efluente uma fonte de reciclagem de nutrientes, ao tempo que produzia-se um efluente de melhor qualidade.

Portanto, foi satisfatório o uso do esgoto doméstico tratado como fertilizante para o cultivo de tilápia do Nilo, pois a produtividade primária desenvolvida nos tanques foi fundamental para o crescimento dos peixes.

Ao comparar os resultados dos parâmetros zootécnicos avaliados e a qualidade da água do cultivo, foi possível verificar os benefícios causados pela aeração por air-lift no desempenho dos alevinos. No entanto, ainda são necessários mais estudos para que seja aprimorada a metodologia a ser aplicada na alevinagem da tilápia do Nilo utilizando esgoto doméstico tratado, para que possam ser alcançados resultados de desempenho ainda melhores. Poderão ser adotadas variações no sistema de aeração, tanto na melhoria do aparato de fornecimento do oxigênio, como no turno de aeração a ser aplicada no experimento.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem o apoio financeiro da AGESPISA (Águas e Esgotos do Piauí S.A.) e institucional da Universidade Federal do Piauí (UFPI) e do Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental da Universidade Federal do Ceará (UFC).

REFERÊNCIAS

- AGENDA 21 (1994). The Earth Summit Strategy to save our Planet. Ed Daneil Sitartz, Earthpress, Bolder Colorado, p. 321, 1994.
- ALBERT, A.(1973) Selective Toxicity. Chapman and Hall, London. 597 pp. 1973.
- APHA – (2005) American Public Health Association. Standard Methods for the examination of water and wastewater. Washington: D. C.: APHA/AWWA-WPCF, 2005.
- AZAZA, M. S.; DHRAÏEF, M. N.; KRAÏEM, M. M. Effects of water temperature on growth and sex ratio of juvenile Nile tilapia *Oreochromis niloticus* (Linnaeus) reared in geothermal waters in southern Tunisia. *Journal of Thermal Biology*, v. 33, p. 98–105, 2008.
- BASTOS, R. K. X. et al. Utilização de esgotos sanitários em piscicultura. In: BASTOS, R. K. X. (Coordenador). Utilização de Esgotos Tratados em Fertirrigação, Hidroponia e Piscicultura. Projeto PROSAB. Rio de Janeiro, RJ: Rima, ABES, 2003. p. 193-223.
- BENLI, A. Ç. K.; KÖKSAL, G.; ÖZKUL, A. Sublethal ammonia exposure of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus* L.): Effects on gill, liver and kidney histology. *Chemosphere*, v. 71, p. 1355-1358, 2008.
- BOSCOLO, W.R.; HAYASHI, C.; SOARES, C.M. et al. Desempenho e características de carcaça de machos revertidos de tilápias do Nilo (*Oreochromis niloticus*), linhagens tailandesa e comum, nas fases inicial e de crescimento. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 30, n. 05, p. 1391-1396, 2001.

- COLT, J. (2006). Water quality requirements for reuse systems. *Aquacultural Engineering*, v. 34, p. 143 – 156, 2006.
- EDWARDS, P.; SINCHUMPASAK, O.-A.; LABHSETWAR, V. K. et al. (1981). The harvest of microalgae from the effluent of sewage fed high rate stabilization pond by *Tilapia nilotica*. Parte III: Maize cultivation experiment, bacteriological studies, and economic assessment. *Aquaculture*, v. 23, n. 01-04, p. 149-170, 1981.
- EL-SHAFI, S. A.; EL-GOHARY, F. A.; NASR, F. A. et al. (2004). Chronic ammonia toxicity to duckweed-fed tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Aquaculture*, v. 232, p. 117-127, 2004.
- EL-GOHARY, F.; EL-HAWARRY, S.; RASHED, Y. (1995). Wastewater Treatment and Reuse for Aquaculture. *Water Science and Technology*, v. 32, n. 11, p. 127-136, 1995.
- EMERSON, K.R., RUSSO, R.C., LUND, R.E. et al. (1975). Aqueous ammonia equilibrium calculations: effect of pH and temperature. *J. Fish. Res. Board Can.*, v. 32, p. 2377-2383, 1975.
- HESPANHOL, I. (2002). Potencial de Reúso de água no Brasil – Agricultura, Indústria, Município, Recarga de Aquíferos. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*. v. 7, n. 4, p. 75-95, 2002.
- KUBITZA, F. Qualidade da água na Produção de Peixes – Parte II. Ver. Panorama da Aqüicultura. P. 35 – 41 mar/abr 1998.
- LUDUVICE, L. M. et al (2001). Algas em Lagoas de Estabilização. XXI Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. João Pessoa, Paraíba, Brasil (2001).
- MANCUSO, P.C.S.; SANTOS, H.F. (2003). Reúso da Água; Barueri, SP: Manole, 2003.
- MOSCOSO, J. (1998). Acuicultura com águas residuales tratadas em las Lagunas de Estabilización de San Juan, Lima, Peru”. In: CONGRESO INTERAMERICANO DE INGENIERIA SANITÁRIA Y AMBIENTAL. 26., 1998, Lima. Anais... Lima: Asociación Interamericana de Ingeniería Sanitária y Ambiental. 1 CD-ROM.
- NEVES, P.R.; RIBEIRO, R.P.; VARGAS, L. et al. (2008). Evaluation of the performance of two strains of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) in mixed raising systems. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, v. 51, n. 03, p. 531-538, 2008.
- PEIRONG, S. (1989) The biology of major freshwater-cultivated fishes in china”. In: *Integrated Fish Farming in China*.
- NACA Technical Manual 7 – Network for Aquaculture Centres in Asia and the Pacific, Bangkok, Thailand, p. 1-32, 1989.
- PILLAY, T.V.R. (1992) Water and wastewater use. In: Pillay, T.V.R. (Ed.), *Aquaculture and the Environment*, pp. 49–55, Cambridge University Press, Great Britain, 1992.
- PROENÇA, C. E. M de, BITTENCOURT, P.R.L. Manual de Piscicultura Tropical – Brasília: IBAMA, 1994.
- OLAH, J. (1980) Structural and functional quantification in a series of Hungarian hypertrophic shallow lakes. In: BARICA, J.; MUR, L. R. *Hypertrophic Ecosystems*. Netherlands: Junk, p. 191-202, 1980.
- PEREIRA, C. M. (2000) Avaliação do uso de peixes plantófagos como auxiliares do tratamento de efluentes. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Santa Catarina, Brasil, 85pp. (2000).
- POLPRASERT, C. (1984) Utilization of composted night soil in fish production. *Conserv. Recycle.*, v. 07, p. 199-206, 1984.
- SANTOS, E.S. Cultivo da Tilápia do Nilo em Esgotos Doméstico Tratado com diferentes Taxas de Alimentação. Fortaleza, CE. UFC 104p. Dissertação de Mestrado em Engenharia de Pesca, 2008.
- SANTOS, E.S.; OLIVEIRA, M.A.; MOTA, S. et al. (2009a). Crescimento e qualidade dos alevinos de tilápia do Nilo produzidos em esgoto doméstico tratado. *Revista Ciência Agrônômica*, v. 40, n. 2, p.232-239, 2009a.
- SANTOS, E.S.; FURTADO-NETO, M.; MOTA, S. et al. (2009b) Cultivo de tilápia do Nilo em esgoto doméstico tratado, com diferentes taxas de alimentação. *Revista DAE*, v. 180, p. 4-11, 2009b.
- SHARMA, H.P., POLPRASERT, C.; BHATTARAI, K.K. (1987). Physico-chemical characteristics of ponds fed with septage. *Resources and Conservation*, v. 13, p. 207-215, 1987.
- SRINIVASAN, A. (1980). Fish production in some hypertrophic ecosystems in South Índia. BARICA, J.; MUR, L. R. *Hypertrophic Ecosystems*. Netherlands: Junk, p. 191-202. 1980.
- TRAN-DUY, A; SCHRAMA, J.W.; VAM DAM, A. A., et al. (2008). Effects of oxygen concentration and body weight on maximum feed intake, growth and hematological parameters of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*. *Aquaculture*, v. 275 n. 01-04, p. 152-162, 2008.
- VON SPERLING, M. et. Al. (2009). Impacto dos Nutrientes do Esgoto lançado em Corpos de Água. In: MOTA, F.S.B.;
- VON SPERLING, M. (Coordenadores). Nutrientes de esgoto sanitário: utilização e remoção. Projeto PROSAB. Rio de Janeiro, RJ: ABES. 2009. p. 27
- WORLD HEALTH ORGANIZATION (1989). Health guidelines for the use of wastewater in agriculture and aquaculture. Technical Report Series, 778, Geneva. 1989
- ZHOU, Q.; LI, K.; JUN, X.; BO, L. (2009). Role and functions of beneficial micro-organisms in sustainable aquaculture. *Bioresource Technology*, v. 100, p. 3780-3786, 2009.