

## Cultivo do peixe ornamental molinésia (*Poecilia* sp.) em esgotos domésticos tratados: desempenho zootécnico e avaliação do bem-estar animal

[*Cultivation of ornamental molly (Poecilia sp.) fish in treated sewage: zootechnical performance and animal welfare evaluation*]

E.S. Santos<sup>1</sup>, S. Mota<sup>2\*</sup>, A.B. Santos<sup>2</sup>, M.D. Aquino<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Instituto Federal de Educação – Ciência e Tecnologia do Ceará – IFCE – Fortaleza, CE

<sup>2</sup>Universidade Federal do Ceará – UFC – Fortaleza, CE

### RESUMO

Neste trabalho estudou-se a utilização de esgotos domésticos tratados na criação do peixe ornamental molinésia (*Poecilia* sp.), observando o desempenho zootécnico e avaliando-se o bem-estar dos peixes cultivados. Foram testados três tratamentos: ET – abastecido com esgoto tratado em lagoas de estabilização; ED – abastecido com esgoto tratado e água de poço diluídos em iguais proporções; AB – abastecido com água de poço. Por meio dos resultados dos parâmetros físico-químicos, observou-se que o esgoto doméstico tratado em lagoas de estabilização oferece condição para se realizar o cultivo da espécie, com melhor desempenho quando diluído em água. Em todos os parâmetros de rendimento zootécnicos avaliados, o tratamento que utilizou o esgoto tratado diluído foi o que apresentou os melhores resultados. Dentre os indicadores de bem-estar observados, apenas a avaliação histopatológica foi capaz de fornecer resultado conclusivo, o qual apontou o tratamento que utilizou esgoto tratado diluído como o que proporcionou maior conforto à espécie cultivada. As características ornamentais dos peixes cultivados não sofreram influência do uso do esgoto doméstico tratado, observando-se que os padrões de coloração e formato de nadadeiras não foram alterados.

Palavras-chave: aquicultura ornamental, lagoas de estabilização, molinésia (*Poecilia* sp.), reúso de água

### ABSTRACT

*This work evaluated the treated sewage reuse in ornamental molly fish creation, evaluating the zootechnical performance and animal welfare. Three treatments were tested: ET – supplied with treated sewage; ED – supplied with sewage and raw water in the same proportion; AB – supplied with raw water. The physical-chemical results indicated that the treated sewage from stabilization ponds was adequate for the species cultivation only when diluted in raw water. Among the welfare indicators, only histopathological evaluation was able to provide conclusive results, which showed that the treated sewage diluted treatment was the best in terms of comfort for the cultivated species. The ornamental characteristics of farmed fish were not influenced by the use of treated sewage, in which the patterns of color and shape of fins were not changed.*

*Keywords: ornamental aquaculture, stabilization ponds, molly fish (Poecilia sp.), water reuse*

### INTRODUÇÃO

Segundo Bunting (2007), há uma clara e urgente necessidade de que sejam desenvolvidos instrumentos que facilitem a análise de

alternativas de tratamento de esgoto e opções de reúso, incluindo os aspectos econômicos, financeiros, sociais e institucionais.

No cultivo de peixes destinados à alimentação humana, em esgotos tratados, há o risco de contaminação do tecido comestível. No entanto,

---

Recebido em 26 de março de 2014

Aceito em 11 de setembro de 2014

\*Autor para correspondência (*corresponding author*)

E-mail: suetonio@ufc.br

cultivando-se peixes ornamentais, elimina-se a via de contaminação humana por ingestão do pescado infectado, reduzindo-se os riscos dessa atividade.

É grande o potencial para o desenvolvimento do cultivo de peixes ornamentais. No entanto, ainda são poucos os estudos sobre o uso de esgotos tratados na sua produção.

Com milhares de espécies diferentes de peixes ornamentais, de todas as formas e tamanhos, sendo utilizadas em aquários domésticos, surpreende como poucas pesquisas têm considerado o aspecto de bem-estar dos peixes (Saxby et al., 2010).

Os peixes da espécie *Poecilia* sp. habitam águas doces e se estabelecem com sucesso em uma variedade de condições ambientais (Sudha, 2012). Existe hoje no mercado grande diversidade de cores e formas de peixes molinésia, razão pela qual têm sido bastante utilizados em aquários residenciais.

Este trabalho teve por objetivo avaliar o desempenho zootécnico e o bem-estar de peixes *Poecilia* sp cultivados em tanques com esgotos domésticos tratados em lagoas de estabilização.

## MATERIAL E MÉTODOS

Foram utilizados três tanques com 40,00m<sup>3</sup> de volume útil cada, preenchidos com esgoto doméstico, efluente da última lagoa de estabilização de um sistema composto por quatro lagoas em série, sendo uma anaeróbia, uma facultativa e duas de maturação. Em cada tanque foram colocados três tanques-rede (TR) com volume útil de 3,0m<sup>3</sup>, confeccionados com tela industrial com abertura de malha de 0,5mm e cobertos com tela tipo *sombrite* 50%.

Na Figura 1, mostra-se o *lay-out* da área experimental, indicando-se a disposição dos tanques-rede nos tanques.

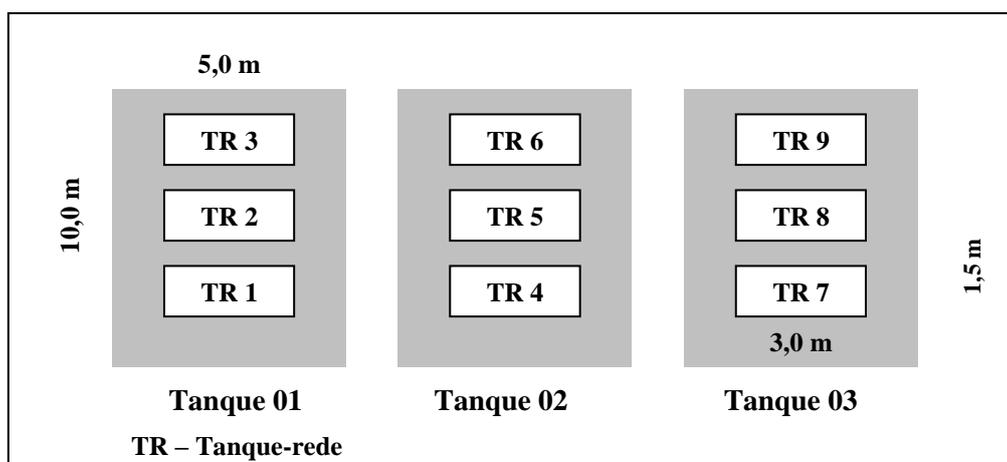


Figura 1. *Lay-out* da área experimental utilizada na pesquisa.

Foram testados três tratamentos, com três repetições cada, conforme descritos a seguir:

- Tratamento ET → Tanque 01 – Tanques-rede 1 (TR-1), 2 (TR-2) e 3 (TR-3): tanque abastecido com esgoto doméstico tratado no sistema de lagoas de estabilização (efluente final);
- Tratamento ED → Tanque 02 – Tanques-rede 4 (TR-4), 5 (TR-5) e 6 (TR-6): tanque abastecido com esgoto diluído, sendo a metade do volume constituída de esgoto

doméstico tratado e a outra metade, de água de poço;

- Tratamento AB → Tanque 03 – Tanques-rede 7 (TR-7), 8 (TR-8) e 9 (TR-9): o tanque foi abastecido com água bruta proveniente de fonte subterrânea; foi fornecida alimentação artificial (ração) neste tanque.

Nos tanques-rede foram estocados alevinos de molinésia *Poecilia* sp. na densidade experimental de 200 peixes/m<sup>3</sup> (600 peixes/tanque-rede), igualmente nos três tratamentos testados.

*Cultivo do peixe ornamental...*

Realizou-se biometria da população inicial piscícola estocada nos tanques experimentais, como indicado na Tabela 1.

Na presente pesquisa foram utilizados peixes da Família *Poeciliidae*, mais precisamente do

subgênero *Mollienesia*, popularmente conhecidos como molinésias, cultivados em esgoto doméstico tratado em um sistema de lagoas de estabilização.

Tabela 1. Comprimento total médio e peso médio dos peixes no início da pesquisa

Parâmetro Zootécnico	Tratamentos Experimentais		
	ET	ED	AB
Comprimento total inicial (mm)	12,6 ± 2,50a	12,5 ± 1,81a	12,0 ± 1,79a
Peso médio inicial (g)	0,032 ± 0,006a	0,033 ± 0,007a	0,032 ± 0,004a

ET – esgoto tratado; ED – esgoto diluído; AB – água bruta.

O experimento teve duração de 56 dias, tendo sido realizadas quatro biometrias. Na pesagem dos indivíduos, usou-se uma balança digital do tipo Filizola, modelo MF-I, com precisão de 0,5g. Para as medições de comprimento total dos peixes, utilizou-se um paquímetro digital *Western PRO* com precisão de 0,1mm. As análises de temperatura (7 análises) e oxigênio dissolvido (OD – 10 análises) foram monitoradas *in loco* utilizando-se uma sonda multiparamétrica modelo YSI-55. Para a realização das demais análises, foram coletadas amostras nos três tanques, as quais foram analisadas em laboratório, observando a metodologia constante do *Standard Methods* (APHA, 2005): pH (7

análises por tanque), condutividade elétrica (5 análises por tanque), alcalinidade total (5 análises por tanque), dureza total (5 análises por tanque), nitrogênio amoniacal total (6 análises por tanque), nitrito (7 análises por tanque), nitrato (5 análises por tanque), cloreto (5 análises por tanque) e Demanda Química de Oxigênio (DQO – 6 análises por tanque).

Os valores de amônia não ionizada (mg de  $N-NH_3 L^{-1}$ ) foram calculados a partir da aplicação dos resultados obtidos de amônia total, pH e temperatura, usando as Equações 01 e 02, propostas por Albert (1973) e Emerson *et al.* (1975), respectivamente.

$NH_3 = [NH_3 + NH_4^+] / [1 + 10^{(pKa-pH)}]$	(01)
$pKa = 0,0918 + 2729,92 / [T(^{\circ}C) + 273]$	(02)

Os parâmetros utilizados para a avaliação do rendimento zootécnico dos tratamentos testados foram: ganho de peso; ganho de peso diário; taxa de crescimento específico diário, crescimento, em comprimento; crescimento diário; taxa de sobrevivência.

Durante as biometrias realizadas (em número de quatro) no decorrer do cultivo, os peixes eram pesados e medidos, sendo possível estimar a relação peso:comprimento e, então, aplicar os fatores de condição alométrico e de Fulton. A relação peso:comprimento foi obtida plotando-se em gráfico o peso médio (g) dos peixes no eixo “x” e o comprimento total (cm) no eixo “y”, sendo gerada a curva que representa a dispersão dos pontos de intersecção entre os dois eixos,

representada pela Equação 03 (Santos *et al.*, 2002):

$$P = a.C^b \quad (03)$$

Sendo: P = Peso médio (g);

C = Comprimento total (cm);

a = Constante de regressão (intercepto);

b = Coeficiente de regressão (coeficiente angular).

Para estimar o bem-estar dos peixes, foram utilizados os fatores de condição de Fulton (Piedras *et al.*, 2006) e alométrico (Lemos *et al.*, 2006; Almeida e Nuñez, 2009), os quais estão representados nas Equações 04 e 05, respectivamente. Esses fatores devem ser mantidos em valores mais elevados possível e constantes ao longo do ciclo vital (Gomiero e Braga, 2003).

$$K_{\text{Fulton}} = \left( \frac{P}{C_t^3} \right) \times 100 \quad (04)$$

$$K_{\text{alom}} = \left( \frac{P}{C_t^3} \right) \times 100 \quad (05)$$

Sendo:

$K_{\text{Fulton}}$  = Fator de condição de Fulton;

3 = Constante de Fulton, a qual considera crescimento isométrico.

$K_{\text{alom}}$  = Fator de condição alométrico;

b = Coeficiente de regressão (coeficiente angular).

O coeficiente de regressão (b) equivale ao coeficiente de alometria ( $\theta$ ), que, por sua vez, representa a forma de crescimento do indivíduo (Santos *et al.*, 2002). Na Tabela 2, observam-se

as possíveis relações entre o coeficiente de alometria ( $\theta$ ) e as proporções de incremento de comprimento e peso.

Tabela 2. Possíveis relações entre o coeficiente de alometria ( $\theta$ ) e as proporções de incremento de comprimento e peso

Relação	Forma de crescimento	Proporção de incremento
$\theta < 3$	Alometria negativa	comprimento > peso
$\theta = 3$	Isometria	comprimento = peso
$\theta > 3$	Alometria positiva	comprimento < peso

Ao final do experimento foram retirados dez peixes, aleatoriamente, de cada tratamento, os quais foram anestesiados por imersão em solução com eugenol (300mg L<sup>-1</sup>), sacrificados por meio de secção cervical e fixados com solução de Davidson.

A utilização de molinésias, peixes ornamentais de pequeno porte, permitiu que os cortes histológicos abrangessem a total extensão corporal dos espécimes analisados; dessa forma, em cada lâmina foi possível observar todos os órgãos de cada peixe. Para preparação das lâminas, foi utilizado o processamento histológico padrão, conforme descrito em Camargo e Martinez (2007).

Para identificar a influência do meio ambiente no bem-estar dos peixes cultivados, utilizou-se o protocolo proposto por Bernet *et al.* (1999) para a avaliação dos tecidos amostrados. Essa metodologia avalia os danos ocorridos nos tecidos por meio de índices obtidos a partir de dois atributos numéricos: (1) a importância da alteração patológica definida por intermédio de um fator de importância; (2) a extensão da alteração patológica no tecido quantificada por meio de um escore numérico.

O fator de importância de uma lesão é dado em função do seu efeito sobre a habilidade do peixe em sobreviver (Bernet *et al.*, 1999), enquanto o valor numérico corresponde à extensão da lesão observada em todo o campo visual analisado sob microscopia.

O somatório da multiplicação do fator de importância pelo valor numérico das alterações diagnosticadas em cada um dos órgãos analisados resultou em diferentes valores desse índice para cada um dos órgãos (de dez peixes retirados aleatoriamente, de cada tratamento), o que permitiu as análises estatísticas.

Os dados de crescimento em comprimento, ganho de peso e ganho de peso diário, da taxa de crescimento específico, fatores de condição alométrico e de Fulton, índice de alteração histopatológica, assim como dos parâmetros de qualidade de água, foram submetidos às análises estatísticas ANOVA (*Analysis of Variance*) ou Kruskal-Wallis, e aos testes de Tukey ou Dunn, considerando uma significância mínima de 5,0% ( $p = 0,05$ ). Para isso, utilizou-se o programa *BioEstat 5.0*. Foram feitos os testes de *Lilliefors* e *Shapiro-Wilk* para a verificação da normalidade entre os dados. Também, foi cumprida a homocedasticidade, condição exigida para tais análises.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 3, apresentam-se os resultados médios e respectivos desvios padrão e níveis de significância dos parâmetros de qualidade das águas utilizadas nos três tratamentos.

A faixa de pH considerada ótima para o cultivo de organismos aquáticos, inclusive em sistemas

de reúso, varia de 6 a 9 (Colt, 2006). Observa-se que os valores de pH nos dois tratamentos com o uso de esgoto tratado (para ET, pH = 8,25; para ED, pH = 8,38) ficaram dentro da faixa considerada ótima. Já no tratamento que foi abastecido com água bruta de um poço freático, o valor médio de pH (9,57) ficou acima da faixa ótima, provavelmente devido à característica do subsolo da região.

Tabela 3. Resultados (média  $\pm$  desvio padrão), nível de significância e número de amostras dos parâmetros físico-químicos de qualidade das águas de cultivo

Parâmetros	Tratamentos experimentais			P	n
	ET	ED	AB		
Temperatura (°C)	27,0 $\pm$ 1,0 <sup>b</sup>	27,3 $\pm$ 1,0 <sup>ab</sup>	28,6 $\pm$ 1,2 <sup>a</sup>	0,0336	07
OD (mg O <sub>2</sub> L <sup>-1</sup> )	1,29 $\pm$ 1,10 <sup>b</sup>	2,06 $\pm$ 1,61 <sup>b</sup>	8,96 $\pm$ 1,92 <sup>a</sup>	0,0001	10
CE ( $\mu$ S cm <sup>-1</sup> )	927 $\pm$ 149 <sup>a</sup>	611 $\pm$ 102 <sup>b</sup>	383 $\pm$ 56 <sup>c</sup>	0,0001	05
Cloreto (mg L <sup>-1</sup> )	212,7 $\pm$ 11,1 <sup>a</sup>	127,0 $\pm$ 3,2 <sup>b</sup>	63,7 $\pm$ 3,2 <sup>c</sup>	0,0001	05
AT (mg CaCO <sub>3</sub> L <sup>-1</sup> )	206,4 $\pm$ 20,4 <sup>a</sup>	147,6 $\pm$ 23,5 <sup>b</sup>	117,1 $\pm$ 30,8 <sup>b</sup>	0,0006	05
DT (mg CaCO <sub>3</sub> L <sup>-1</sup> )	24,1 $\pm$ 2,0 <sup>a</sup>	17,4 $\pm$ 1,9 <sup>b</sup>	8,0 $\pm$ 1,4 <sup>c</sup>	0,0001	05
pH	8,61 $\pm$ 0,61 <sup>ab</sup>	8,53 $\pm$ 0,42 <sup>b</sup>	9,68 $\pm$ 0,18 <sup>a</sup>	0,0027	07
NAT (mg L <sup>-1</sup> )	2,65 $\pm$ 0,42 <sup>a</sup>	0,87 $\pm$ 0,38 <sup>b</sup>	0,41 $\pm$ 0,16 <sup>b</sup>	0,0001	06
N-NH <sub>3</sub> (mg L <sup>-1</sup> )	0,62 $\pm$ 0,53 <sup>a</sup>	0,22 $\pm$ 0,20 <sup>a</sup>	0,32 $\pm$ 0,13 <sup>a</sup>	0,1034	06
Nitrito (mg L <sup>-1</sup> )	1,04 $\pm$ 0,72 <sup>a</sup>	0,64 $\pm$ 0,49 <sup>ab</sup>	0,04 $\pm$ 0,05 <sup>b</sup>	0,0133	07
Nitrato (mg L <sup>-1</sup> )	0,20 $\pm$ 0,17 <sup>a</sup>	0,13 $\pm$ 0,11 <sup>a</sup>	0,11 $\pm$ 0,09 <sup>a</sup>	0,6886	05
DQO (mg O <sub>2</sub> L <sup>-1</sup> )	175,77 $\pm$ 42,10 <sup>a</sup>	115,67 $\pm$ 37,35 <sup>ab</sup>	96,36 $\pm$ 43,77 <sup>b</sup>	0,0116	06

OD: oxigênio dissolvido; CE: condutividade elétrica; AT: alcalinidade total; DT: dureza total; NAT: nitrogênio amoniacal total; N-NH<sub>3</sub>: amônia não ionizada; DQO: demanda química de oxigênio; ET: esgoto tratado; ED: esgoto diluído; AB: água bruta; p: nível de significância; n: número de amostras. Letras diferentes relativas a um mesmo parâmetro expressam diferença estatisticamente significativa.

Boyd e Tucker (1998) indicam a faixa ótima de temperatura para o cultivo de peixes tropicais entre 20 e 30°C; já Küçük (2010), cultivando *Poecilia velifera*, obteve melhores resultados em temperatura de 25°C, em comparação a 30°C. Nesta pesquisa, a temperatura média dos tratamentos ficou dentro da faixa considerada ideal.

Os valores de condutividade elétrica para aquicultura, segundo Boyd e Tucker (1998), devem ser menores que 1.000  $\mu$ S cm<sup>-1</sup>. Assim, é possível observar que apenas no final do período de cultivo esse valor foi ultrapassado somente no tratamento ET.

Segundo Colt (2006), a toxicidade da amônia é geralmente associada à concentração da amônia não ionizada (NH<sub>3</sub>), devido à sua capacidade de se mover através das membranas celulares. As concentrações de amônia não ionizada nos três tratamentos ficaram acima de 0,1mg/L, valor

proposto por Boyd e Tucker (1998) para exposições prolongadas.

Colt (2006) recomenda concentrações de oxigênio dissolvido (OD), em sistemas de reúso, acima de 3,5mg/L para espécies rústicas. Apenas o tratamento ET apresentou média de OD (3,09mg/L) abaixo do valor de referência. O valor médio de DQO no tratamento ET foi de 168,53mg/L, o que justifica a baixa concentração de OD.

Na Tabela 4 podem-se observar os resultados médios e respectivos desvios padrão dos parâmetros zootécnicos obtidos na avaliação de rendimento dos cultivos. Para todos os parâmetros de rendimento zootécnico avaliados, o tratamento abastecido com esgoto tratado diluído foi o que apresentou os melhores resultados, indicando que o esgoto doméstico tratado tem capacidade de sustentar o desenvolvimento da espécie testada nas condições de cultivo.

Tabela 4. Duração do cultivo (dias), resultados (média ± desvio padrão) e nível de significância (p) dos parâmetros zootécnicos obtidos no final do cultivo

Parâmetros Zootécnicos	Tratamentos Experimentais			p
	ET	ED	AB	
Dias de cultivo	56	56	56	-
Comprimento final (mm)	27,9±4,11c	35,2±5,57a	30,5±5,57b	0,0001
Crescimento (mm)	15,3±4,11c	22,7±5,57a	18,5±5,57b	0,0001
CD (mm dia <sup>-1</sup> )	0,273±0,073b	0,397±0,115a	0,323±0,110b	0,0001
Peso final (g)	0,439±0,091b	0,592±0,043a	0,269±0,048b	0,0001
Ganho de Peso (g)	0,407±0,091b	0,559±0,043 <sup>a</sup>	0,237±0,048b	0,0001
GPD (g dia <sup>-1</sup> )	0,007±0,002b	0,010±0,001a	0,004±0,001c	0,0001
TCE (% do peso dia <sup>-1</sup> )	4,63±0,44b	5,15±0,13a	3,78±0,33b	0,0001
Taxa de sobrevivência (%)	22,0±0,31c	95,9±14,79a	62,5±9,06b	-

ET: esgoto tratado; ED: esgoto tratado diluído; AB: água bruta; CD: crescimento diário; GPD: ganho de peso diário; TCE: taxa de crescimento específico. Letras diferentes relativas a um mesmo parâmetro expressam diferença estatisticamente significativa.

São poucos, ou mesmo inexistentes, os trabalhos sobre cultivo de molinésias em esgoto tratado, para fins de comparação com a presente pesquisa. Küçük (2010), cultivando *Poecilia velifera*, obteve ganho de peso diário variando de 0,0062g/dia a 0,0107g/dia, para águas com diferentes características – temperatura, dureza, alcalinidade, cálcio, magnésio, bicarbonato, amônia, nitrito, nitrato, condutividade elétrica. Pode-se observar que os valores citados foram semelhantes aos alcançados neste experimento.

Observa-se que o tratamento ED foi o que apresentou a maior taxa de sobrevivência, com média de 95,9±12,07%, seguido pelo tratamento AB, com 62,5 ± 7,40%, e pelo tratamento ET, com 22,0 ± 0,25%. Apenas os valores obtidos no tratamento ET ficaram abaixo dos alcançados por

Küçük (2010), que obteve taxas de sobrevivência variando de 33,3% a 55,6%. Alguns fatores podem ter causado a mortalidade dos peixes, dentre os quais é válido salientar o desequilíbrio na relação alcalinidade total:dureza total, que ocasionou a redução do poder tampão, com consequente elevação do pH, que, por sua vez, contribuiu para aumentar a concentração e toxicidade da amônia não ionizada para níveis subletais. A baixa concentração de oxigênio dissolvido também pode ter contribuído para a mortalidade.

Quanto à avaliação do bem-estar animal, na Tabela 5 constam os parâmetros da relação peso:comprimento, as equações geradas, os tipos de crescimento e os resultados médios para os fatores de condição alométrico e de Fulton.

Tabela 5. Tamanho das amostras utilizadas, parâmetros da relação peso:comprimento, equações geradas, tipos de crescimento e resultados (média±desvio padrão das amostras de peixes) dos fatores de condição (K) avaliados na pesquisa

Parâmetros	ET	ED	AB
N	33	37	33
A	0,0225	0,0225	0,0296
θ	2,8720	2,4947	2,1654
Equação (P:C)	$P = 0,0225 \times C^{2,8720}$	$P = 0,0270 \times C^{2,4947}$	$P = 0,0296 \times C^{2,1654}$
Crescimento	Alométrico negativo	Alométrico negativo	Alométrico negativo
K-Fulton	2,19±0,90 <sup>a</sup>	1,76±0,71a	1,83±0,65a
K-alométrico	2,39±0,95b	2,86±1,01ab	3,10±0,92a

n = tamanho da amostra; A = intercepto; θ: coeficiente de Alometria; K = fator de condição; P = peso (g); C = comprimento (cm); ET: esgoto tratado; ED: esgoto tratado diluído; AB: água bruta. Letras diferentes relativas a um mesmo parâmetro expressam diferença estatisticamente significativa.

O coeficiente de alometria – b (θ) apresentou valores de 2,872 no tratamento ET, 2,4947 no tratamento ED e 2,1654 no tratamento AB. Com exceção deste último, os valores obtidos ficaram

dentro dos recomendados pela literatura. Segundo Oscoz et al. (2005), todas as estimativas dos valores de “θ” devem estar na faixa de 2,5 a 3,5.

Para valores de “ $\theta$ ” menores que 3,0, o crescimento é considerado alométrico negativo, isto é, o peixe cresce mais que ganha peso. Esse comportamento foi observado, especialmente, para o tratamento AB.

O fator de condição (K) é um índice muito utilizado em estudos de biologia pesqueira, pois indica o grau de bem-estar do peixe frente ao meio em que vive, devendo permanecer constante, independentemente do tamanho que o peixe possa vir a ter em um determinado momento (Gomiero e Braga, 2003).

Para o fator de condição de Fulton ( $K_{\text{Fulton}}$ ), os tratamentos experimentais não apresentaram diferença estatisticamente significativa; no entanto, numericamente, o tratamento ET foi o de maior valor ( $2,19 \pm 0,90$ ), seguido pelo tratamento AB ( $1,83 \pm 0,65$ ) e pelo tratamento ED ( $1,76 \pm 0,71$ ). Kuçuk (2010), cultivando *Poecilia velifera* em diferentes padrões de qualidade de água, obteve valores do fator de condição de Fulton ( $K_{\text{Fulton}}$ ) de 1,45; 1,47; 1,54 e 1,61, em quatro tratamentos experimentais.

O coeficiente de alometria ( $\theta$ ) é aplicado na equação do fator de condição alométrico ( $K_{\text{alom}}$ ) para adaptar o fator ao crescimento da espécie em estudo, conforme as condições experimentais. Com a aplicação desse coeficiente, deixa-se de usar a constante de Fulton (3,0 – admitindo crescimento isométrico), que considera o crescimento isométrico para peixes em geral.

Quanto ao  $K_{\text{alom}}$ , o tratamento AB apresentou o maior resultado entre os tratamentos experimentais ( $3,10 \pm 0,92$ ), seguido pelo tratamento ED ( $2,86 \pm 1,01$ ) e pelo tratamento ET ( $2,39 \pm 0,95$ ). É válido salientar que o tratamento AB apresentou diferença estatisticamente significativa apenas quando comparado ao ET.

Tabela 6. Resultados (média  $\pm$  desvio padrão) dos índices de alteração, segundo Bernet *et al.* (1999), das brânquias e rins atribuídos por meio da avaliação histopatológica dos peixes dos três tratamentos experimentais

Órgãos	Tratamentos Experimentais			p
	ET	ED	AB	
Brânquias	10,6 $\pm$ 5,0b (n=9)	10,4 $\pm$ 4,1b (n=7)	16,0 $\pm$ 4,3 (n=7)	0,0081
Rins	21,7 $\pm$ 7,0a (n=10)	17,0 $\pm$ 7,7ab (n=8)	12,7 $\pm$ 3,6b (n=9)	0,0173

ET: esgoto tratado; ED: esgoto diluído AB: água bruta. n: número de amostras. Letras diferentes relativas a um mesmo parâmetro expressam diferença estatisticamente significativa.

Le Cren (1951) explica que os resultados do fator de condição são de difícil interpretação quando ocorre diferença entre as variáveis peso e comprimento das amostras avaliadas. Quando se tem um mesmo comprimento e variação apenas no peso, a comparação entre os resultados é fácil.

No presente estudo, os resultados de peso e comprimento apresentaram-se diferentes entre si, inclusive sendo as diferenças estatisticamente significativas. Dessa forma, a comparação direta dos resultados do fator de condição tornou-se difícil.

Ao se tratar de fator de condição, a principal referência científica é o trabalho realizado por Le Cren (1951). Esse autor cita que a “condição” de um peixe reflete as recentes características físicas e biológicas do ambiente, que influenciam, entre outros fatores, as condições alimentares. Dessa forma, o fator de condição pode ser usado como indicador da condição ambiental, podendo ser avaliado conjuntamente com os indicadores físico-químicos de qualidade de água. É possível apontar que o conjunto dos fatores avaliados indica o tratamento ED como o que proporcionou as melhores condições ambientais de cultivo, fato que resultou nos melhores resultados zootécnicos observados.

Não foram encontradas referências sobre fator de condição alométrico ( $K_{\text{alom}}$ ) para a espécie em estudo, não sendo possível a realização das comparações e avaliações pertinentes.

Excetuando-se as brânquias e rins, não foram observadas alterações significativas em nenhum outro órgão dos peixes cultivados nos três tratamentos experimentais. Na Tabela 6 podem ser observados os valores obtidos por meio do índice de alteração dos tecidos para as brânquias e rins dos três tratamentos experimentais.

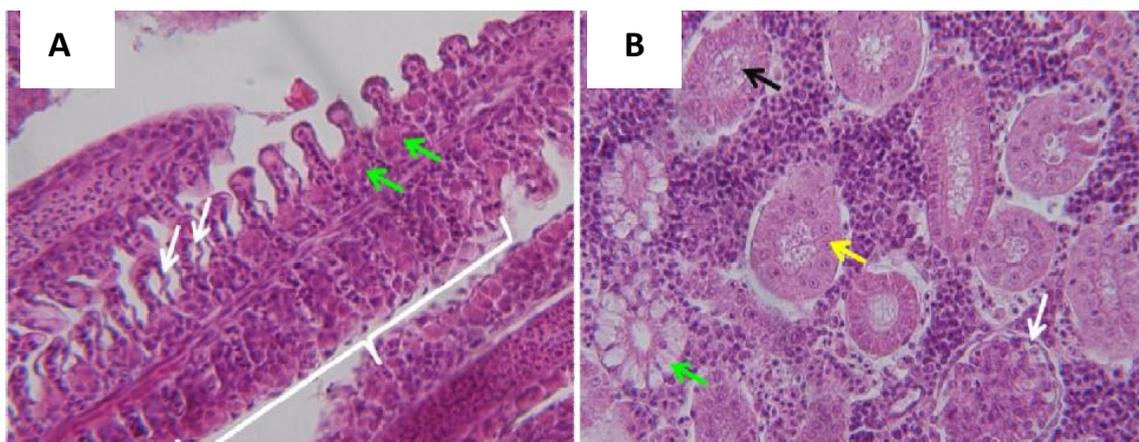
Observa-se que, nas brânquias, o valor do índice de alteração do tecido foi maior no tratamento AB que nos demais, inclusive apresentando diferença estatisticamente significativa para  $p < 0,05$ .

Já na avaliação histopatológica dos rins, o índice de alteração apresentou maior resultado nos peixes do tratamento ET, sendo a diferença estatisticamente significativa apenas em relação ao tratamento AB. O segundo maior resultado foi obtido nos peixes do tratamento ED e o menor, no tratamento AB, não havendo diferença estatisticamente significativa entre estes dois últimos.

A Figura 2 permite a visualização de algumas das alterações estruturais encontradas no presente estudo. Na Figura 2A é possível visualizar um filamento branquial primário no

tratamento AB, com levantamento do epitélio, hiperplasia dos ionócitos e fusão das lamelas secundárias. Na Figura 2B visualiza-se uma fotomicrografia da estrutura renal de um peixe do tratamento ET, onde são destacados tubos renais com oclusão, hipertrofia e vacuolização do epitélio desses tubos e hipertrofia do glomérulo com correspondente diminuição do espaço de Bowman.

As alterações histopatológicas podem ser usadas como indicadores de poluentes antropogênicos sobre os organismos, e são um reflexo da saúde da população presente em um determinado ecossistema. Estudos anteriores relataram que a exposição de peixes aos poluentes (agrícola, industrial e esgoto) resulta em várias alterações patológicas em diferentes tecidos de peixes (Mohamed, 2009).



Legenda: (A) brânquia tratamento AB; levantamento do epitélio (seta branca); hipertrofia e hiperplasia dos ionócitos (seta verde); fusão lamelar (chave branca). (B) rim tratamento ET; hipertrofia glomerular e diminuição do espaço de Bowman (seta branca); túbulo com núcleo celular hipertrofiado (seta amarela); túbulo com vacuolização das células epiteliais (seta verde); oclusão do túbulo renal e degeneração do epitélio (seta preta).

Figura 2. Amostras de alterações nos tecidos utilizados na avaliação hitopatológica dos peixes cultivados: (A) tecido branquial de peixe do tratamento AB; (B) tecido renal de peixe do tratamento ET.

Alterações como levantamento epitelial, hiperplasia e hipertrofia das células do epitélio, além de fusão lamelar, são exemplos de mecanismo de defesa, por meio do aumento da distância entre o ambiente externo e o sangue, impedindo a entrada de contaminantes (Camargo e Martinez, 2007).

Levantamento do epitélio lamelar é uma das primeiras alterações a ocorrerem nas brânquias dos peixes mediante ação aguda de substâncias

tóxicas como óleos, detergentes, metais pesados e amônia (Nascimento *et al.*, 2012). Óleos e detergentes são componentes comuns dos esgotos domésticos. Os resultados de amônia, neste experimento, foram elevados, especialmente no tratamento ET (Nitrogênio Amoniacal Total =  $2,65\text{mg L}^{-1}$ ;  $\text{NH}_3 = 0,62\text{mg L}^{-1}$ ).

Os rins constituem os primeiros órgãos dos peixes a serem afetados por contaminantes

presentes na água (Thophon *et al.*, 2003). Apesar das alterações histopatológicas nos rins de peixes não serem associadas a um agente estressor específico, Veiga *et al.* (2002) relatam que peixes expostos a contaminantes orgânicos apresentam degeneração tubular, com inchaço, embaçamento e vazamento do hialino; redução do espaço de Bowman e dilatação dos capilares dos glomérulos. As alterações histopatológicas observadas na presente pesquisa afetaram o rendimento zootécnico dos peixes cultivados, no entanto não inviabilizaram o cultivo da espécie em estudo, pois não podem ser diretamente relacionadas com a mortalidade observada. Um resultado de relevante importância observado na presente pesquisa foi o fato de não ter sido constatada ocorrência de vermes ou de outros parasitas nos músculos dos peixes analisados. Esse resultado complementa os obtidos por outras pesquisas realizadas com tilápias do Nilo, *Oreochromis niloticus* (Santos *et al.*, 2009; Monteiro *et al.*, 2011).

Não foram notadas ulcerações na pele, descamação, despigmentação, ou qualquer tipo de necrose significativa no corpo ou nadadeiras dos peixes nos três tratamentos testados.

### CONCLUSÕES

Observou-se que o esgoto doméstico tratado em lagoas de estabilização em série, para as condições da pesquisa, é adequado para o cultivo de *Poecilia* sp., quando diluído em água bruta, em partes iguais. O tratamento que utilizou esgoto doméstico tratado diluído em água (50% de cada parte) foi o que promoveu o melhor desempenho zootécnico dos peixes ornamentais da espécie *Poecilia* sp.. Dentre os fatores utilizados como indicadores de bem-estar animal, apenas a avaliação histopatológica foi capaz de proporcionar resultado conclusivo, apontando o tratamento abastecido com esgoto tratado diluído como o que proporcionou o ambiente mais confortável para o desenvolvimento dos peixes cultivados. As características ornamentais dos peixes cultivados não sofreram influência do uso do esgoto doméstico tratado no abastecimento dos tanques experimentais, pois não foi observada qualquer alteração nos padrões de coloração e formato de nadadeiras, nem sinais de ulceração, descoloração, descamação ou má-formação nos peixes.

### REFERÊNCIAS

- ALBERT, A. *Selective Toxicity*. London: Chapman and Hall, 1973, 597 p.
- ALMEIDA, S.C.A.; NUÑER, A.P.O. Crescimento de *Pimelodus maculatus* (Actinopterygii, Pimelodidae) estocados em diferentes densidades em tanques-rede. *Biotemas*. v.22, p.113-119, 2009.
- APHA – American Public Health Association. Standard Methods for the examination of water and wastewater. 19.ed. Washington, DC: APHA/AWWA – WPCF, 2005.
- BERNET, D.; SCHMIDT, H.; MEIER, W. *et al.* Histopathology in fish: proposal for a protocol to assess aquatic pollution. *J. Fish Dis.*, v.22, p.25-34, 1999.
- BOYD, C.E.; TUCKER, C.S. *Pond aquaculture water quality management*. Norwell, MA, USA: Kluwer Academic Publishers, 1998, 631p
- BUNTING, S.W. Confronting the realities of wastewater aquaculture in peri-urban Kolkata with bioeconomic modeling. *Water Res.*, v.41, p.499-505, 2007.
- CAMARGO, M.M.P.; MARTINEZ, C.B.R. Histopathology of gills, kidney and liver of a Neotropical fish caged in an urban stream. *Neotrop. Ichthyol.*, v.5, p.327-336, 2007
- COLT, J. Water quality requirements for reuse systems. *Aquac. Eng.*, v.34, p.143-156, 2006.
- EMERSON, K.R.; RUSSO, R.C.; LUND, R.E. *et al.* Aqueous ammonia equilibrium calculations: effect of pH and temperature. *J. Fish. Res. Board Can.*, v.32, p.2377- 2383, 1975.
- GOMIERO, L.M.; BRAGA, F.M.S. Relação peso:comprimento e fator de condição para *Cichla* cf. *ocellaris* e *Cichla monoculus* (Perciformes, Cichlidae) no reservatório de Volta Grande, rio Grande - MG/SP. *Acta Sci., Biol. Sci.*, v.25, p.79-86, 2003.
- KÜÇÜK, S. The effects of water type on growth, survival and condition of *Poecilia velifera*. *Afr. J. Biotechnol.*, v.9, p.760-763, 2010.
- LE CREN, E.D. The length-weight relationship and seasonal cycle in gonadal weight condition in the perch (*Perca fluviatilis*). *J. Anim. Ecol.*, v.20, p.201-219, 1951.

- LEMOS, J.R.G.; TAVARES-DIAS, M.; MARCON, J.L. *et al.* Relação peso:comprimento e fator de condição em espécies de peixes ornamentais do Rio Negro, Estado do Amazonas (Brasil). In: CONGRESSO IBEROAMERICANO VIRTUAL DE ACUICULTURA, 4., 2006. **Anais...** Disponível em: <http://www.civa2006.org>, p.721-725. Acessado em:
- MOHAMED, F.A.S. Histopathological Studies on *Tilapia zillii* and *Solea vulgaris* from Lake Qarun, Egypt. *World J. Fish & Marine Sci.*, v.1, p.29-39, 2009.
- MONTEIRO, C.A.B.; SANTOS, E.S.; MOTA, S. *et al.* Efeito da aeração por *air-lift* na alevinagem de tilápia do Nilo em esgoto doméstico tratado. *Revista DAE*, v.186, p.16-22, 2011.
- NASCIMENTO, A.A.; ARAÚJO, F.G.; GOMES, I.D. *et al.* Fish Gills Alterations as Potential Biomarkers of Environmental Quality in a Eutrophized Tropical River in South-Eastern Brazil. *J. Vet. Med.*, v.1, p.1-8, 2012.
- OSCOZ, J.; CAMPOS, F.; ESCALA, M.C. Weight-length relationships of some fish species of the Iberian Peninsula. *J. appl. ichthyol.*, v.21, p.73-74, 2005.
- PIEDRAS, S.R.N.; MORAES, P.R.R.; POUHEY, J.L.O.F. Desempenho de juvenis de catfish (*Ictalurus punctatus*) em diferentes temperaturas. *R. Bras. Agrociência*, v.12, p.367-370, 2006.
- SANTOS, A.F.G.N.; SANTOS, L.N.; ARAÚJO, F.G. *et al.* Relação peso:comprimento e fator de condição do acará, *Geophagus brasiliensis*, no reservatório de Lajes, RJ. *Rev. Univ. Fed. Rural, Série Ciências da Vida*, v.22, p.115-121, 2002.
- SANTOS, E.S.; OLIVEIRA, M.A.; MOTA, S. *et al.* Crescimento e qualidade dos alevinos de tilápia do Nilo produzidos em esgoto doméstico tratado. *Rev. Cienc. Agron.*, v.40, p.232-239, 2009.
- SAXBY, A.; ADAMSA, L.; SNELGROVE, D. *et al.* The effect of group size on the behaviour and welfare of four fish species commonly kept in home aquaria. *Appl. anim. behav. sci.*, v.125, p.195-205, 2010.
- SUDHA, C. Study on induced breeding in ornamental fish, *poecilia sphenops*. *Eur. J. Exp. Biol.*, v.2, p.1250-1255, 2012.
- THOPHON, S.; KRATRACHUE, V.; UPATHAN, E.S. *et al.* Histopathological alterations of white seabass, *Lates calcarifer* in acute and subchronic cadmium exposure. *Environ. Pollut.*, v.121, p.307-320, 2003.
- VEIGA, M.L.; RODRIGUES, E.L.; PACHECO, F.J. *et al.* Histopathologic changes in the kidney tissue of *Prochilodus lineatus*, 1836 (Characiformes, Prochilodontidae) induced by sublethal concentration of Trichlorfon exposure. *Braz. Arch. Biol. Technol.*, v.45, p.171-175, 2002.