

AVALIAÇÃO DA SUSTENTABILIDADE AMBIENTAL DO CULTIVO DE PEIXES ORNAMENTAIS COM REUSO DE ÁGUA

EMANUEL SOARES DOS SANTOS¹, RAFAHEL MARQUES MACÊDO FONTENELE²,
FRANCISCO SUETÔNIO BASTOS MOTA², ANDRÉ BEZERRA DOS SANTOS²

¹Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará (IFCE) - *Campus* de Acaraú

²Universidade Federal do Ceará (UFC)

<emanuelaqua@yahoo.com.br>, <rafahelf@yahoo.com.br>,
<suetonio@secrel.com.br>, <andre23@ufc.br>

Resumo. A presente pesquisa teve como objetivo avaliar a sustentabilidade da utilização de esgotos domésticos tratados na criação do peixe ornamental molinésia *Poecilia* sp. por meio do Índice de Sustentabilidade Ambiental para Reuso em Aquicultura (ISARA) proposto. Foram testados três tratamentos: ET - abastecido com esgoto tratado em lagoas de estabilização; ED - abastecido com esgoto tratado e água bruta diluídos em iguais proporções; AB - abastecido com água bruta. Nos tratamentos abastecidos com esgoto doméstico tratado não foi ofertado ração. O esgoto doméstico utilizado foi o efluente final de um sistema de lagoas de estabilização, e a água bruta proveniente de fonte subterrânea. O ISARA foi calculado utilizando os valores normalizados (0 a 1) dos indicadores de qualidade de água, taxas de sobrevivência, de reuso de água e de uso de ração; estabelecendo pesos variando de zero a três a cada um deles, conforme sua importância. O resultado de ISARA para o tratamento AB (0,36) foi o mais baixo entre os tratamentos testados, podendo o cultivo nestes moldes ser considerado como de baixa sustentabilidade. O tratamento ET apresentou ISARA de 0,45, este resultado ficou um pouco abaixo do apresentado pelo tratamento ED (0,51), estando os dois tratamentos classificados como atividade de média sustentabilidade. Os resultados obtidos com o uso do Índice de Sustentabilidade Ambiental para Reuso em Aquicultura (ISARA) apontam o cultivo do peixe ornamental *Poecilia* sp. realizado com uso de esgoto doméstico tratado diluído e sem fornecimento de ração como a opção mais sustentável dentre as alternativas testadas.

Palavras-chaves: Aquicultura ornamental. Esgoto doméstico tratado. Geração de renda. *Poecilia* sp. Sustentabilidade.

Abstract. This research aimed to evaluate the sustainability of the use of treated wastewater in the creation of ornamental fish mollie *Poecilia* sp. through the Environmental Sustainability Index for Reuse in Aquaculture (ISARA) proposed. Three treatments were tested: ET - stocked with treated wastewater in stabilization ponds; ED - stocked with treated sewage and raw water diluted in equal proportions; AB - stocked with raw water. In the treatments supplied with treated sewage was not offered feed. Domestic sewage effluent was used a system of stabilization ponds, and raw water from underground source. The ISARA was calculated using the normalized values (0-1) of water quality indicators, survival rate, water reuse rate and feed use rate; establishing weights from zero to three and each of them, according to their importance. The result of ISARA to treat AB (0.36) was the lowest among the tested treatments can cultivation in this way be regarded as low sustainability. The ET treatment showed ISARA 0.45, this result was slightly below presented by ED treatment (0.51), with the two treatments classified as average sustainability activity. The results obtained from the use of the Environmental Sustainability Index for Reuse in Aquaculture (ISARA) indicate the cultivation of ornamental fish *Poecilia* sp. performed using treated sewage diluted and without ration supply as the most sustainable option among the different alternatives.

Keywords: Ornamental aquaculture. Treated domestic sewage. Income generation. *Poecilia* sp. Sustainability.

1 INTRODUÇÃO

Nos dias atuais, sabe-se que a problemática da escassez de água no planeta não está relacionada com a quantidade de água existente, mas, sim, com a desigualdade na distribuição nas diversas regiões e com a qualidade (SANTOS et al., 2011). Estas preocupações levam a dirigir a atenção para as regiões áridas e semi-áridas do planeta. Nesses locais, a pressão sobre os recursos hídricos é bastante elevada, tanto do ponto de vista da gestão dos usos múltiplos, onde constantemente é avaliada a quantidade de água que será destinada a cada uso, como da manutenção da qualidade, ponderando o potencial dos impactos dos usos nos mananciais, considerando que a água destinada a um respectivo uso poderá retornar ao corpo de água como um efluente impactante.

A respeito disso, a *World Health Organization* (Organização Mundial de Saúde) admite que o uso de águas residuárias está sendo vista como um contexto mais amplo por conta da gestão integrada dos recursos hídricos, especialmente nas regiões áridas e semi-áridas (WHO, 2006).

Esta mesma organização completa citando que uma importante característica das águas residuárias, que as destacam como um recurso hídrico confiável, é a manutenção de vazões praticamente constantes em todo o ano, inclusive durante a estação seca. E afirma que o uso de águas residuárias já realiza um importante papel na suplementação da oferta hídrica em muitas comunidades de regiões áridas e semi-áridas ao redor do mundo (WHO, 2006).

Observa-se que nas pesquisas com reúso de água em atividades agropecuárias o foco tem sido a produção de alimento, no intuito de suprir as carências nutricionais das populações rurais, principalmente em regiões áridas. No entanto, a melhoraria da vida do homem do campo pode ser promovida pelo aumento da sua renda, proporcionando-lhe a possibilidade de suprir suas necessidades para viver dignamente. Paralelamente, está a idéia de fixar o homem no campo, contribuindo, assim, com a função social que as atividades produtivas devem cumprir em busca da sustentabilidade.

De maneira geral, os sistemas de tratamentos biológicos aeróbios podem produzir efluentes dentro das condições exigidas para aquicultura, não sendo necessárias grandes intervenções para a realização do cultivo. É válido salientar que os sistemas de lagoas de estabilização em série com mais de três lagoas, em condições normais de funcionamento, geralmente produzem efluentes de boa qualidade para o uso em aquicultura (SANTOS; SILVA, 2007).

Esgoto tratado em nível primário e secundário tem sido utilizado com sucesso na piscicultura em

diversos experimentos ao longo de anos (BALASUBRAMANIAN; PAPPATHI; RAJ, 1995; HOSETTI; FROST, 1995; GHOSH; FRIJNS; LETTINGA, 1999; GHOSH, 2004; KHALIL; HUSSEIN, 1997; PHANVAN; ROUSSEAU; PAUW, 2008; SANTOS et al., 2009b; SANTOS et al., 2009a). Desta forma, torna-se necessário o desenvolvimento de ferramentas para avaliar a sustentabilidade deste tipo de atividade.

Um dos desafios da construção do desenvolvimento sustentável é criar instrumentos de mensuração capazes de prover informações que facilitem a avaliação do grau de sustentabilidade das sociedades, monitorem as tendências de seu desenvolvimento e auxiliem na definição de metas de melhoria (POLAZ; TEIXEIRA, 2009). Em relação a este instrumental que deve ser criado é válido salientar que, o principal papel dos indicadores é transformar dados em informações relevantes para os tomadores de decisão e o público (CALIJURI et al., 2009).

Os indicadores constituem componentes de avaliação ambiental importantes, capazes de quantificar alterações na qualidade do meio ambiente e na quantidade de recursos naturais, bem como avaliar os esforços desenvolvidos visando à melhoria do meio ambiente ou à mitigação de sua degradação (MATTAR NETO; KRÜGER; DZIEDZIC, 2009).

Em escala mundial, a maior parte da indústria aquícola é dedicada à produção de alimentos. No entanto, para alguns países a produção de peixes ornamentais é de fundamental importância, como é o caso de Singapura, que responde por 40% das exportações, já nos Estados Unidos, a produção de peixes ornamentais é o quarto maior setor da aquicultura, ficando atrás apenas dos cultivos de bagre do canal, truta e salmão (TLUSTY, 2002). É tamanha a importância deste segmento de mercado o qual estima-se que o comércio varejista mundial de peixes ornamentais movimente mais de 350 milhões de animais anualmente, dos quais 80 a 90% são de espécies de água doce (BARTLEY, 2000; SAXBY et al., 2010).

O Brasil apresenta grande potencial para o desenvolvimento do setor de peixes ornamentais, podendo ser uma importante fonte de renda para população rural e urbana, pois este tem excepcional capacidade de geração de emprego para a população de baixa renda (RIBEIRO; LIMA; KOCHENBORGER, 2010).

Na presente pesquisa foram utilizados peixes das espécies *Poecilia sphenops* (Valenciennes, 1846) e *Poecilia latipinna* (Lesueur, 1821) e o cruzamento destas, popularmente conhecidos no Brasil como molinésias, os quais fazem parte da família Poeciliidae que é composta por aproximadamente 220 espécies divididas em 28 gêneros (LUCINDA, 2003; LUCINDA; REIS,

2005). Esta família era dividida nos gêneros *Mollinnesia*, *Allopoecilia*, *Limia*, *Pamphorichthys*, *Lebistes* e *Micropoecilia*, que posteriormente foram agrupados em um único gênero *Poecilia*, mantendo quatro subgêneros. O gênero resultante, *Poecilia*, é muito complexo e amplamente distribuído, desde o sudeste dos Estados Unidos, passando pela Bolívia e indo até o sul do Brasil. Estas são encontradas em uma ampla gama de habitats, apresentam diferenciação morfológica e comportamental dentro e entre espécies (BREDEN et al., 1999).

Os molinésias são peixes de pequeno porte com tamanho comercial variando entre 5,0 e 7,0 cm. Os machos são mais coloridos que as fêmeas e possuem uma longa nadadeira dorsal adiposa que lhes dá uma aparência fabulosa (KÜÇÜK, 2010). São peixes filtradores fitoplantófagos com reconhecida rusticidade entre os aquarofilistas e aquicultores ornamentais. As espécies dessa família são peixes tropicais, euritérmicos e eurialinos. Apesar de não serem peixes muito prolíferos, por serem vivíparos facilita a perpetuação da prole, pois os peixes já nascem com tamanho grande quando comparado a outras espécies de peixes ornamentais (HERNANDEZ; BUCKLE, 2002; SCHLUPP; PARZEFALL; SCHARTL, 2002).

A presente pesquisa teve como objetivo avaliar a sustentabilidade ambiental da utilização de esgotos domésticos tratados na criação do peixe ornamental molinésia *Poecilia* sp. (Block & Schneider, 1801) por meio do Índice de Sustentabilidade Ambiental para Reuso em Aquicultura (ISARA), para com isso, oferecer a comunidade uma nova ferramenta para auxiliar na avaliação da sustentabilidade da atividade aquícola.

2 MATERIAL E MÉTODOS

Os experimentos foram realizados no Centro de Pesquisa sobre Tratamento de Esgotos e Reuso de Águas (3°55'1,51"S; 38°23'37,75"O), localizado no município de Aquiraz-CE, Brasil. Utilizou-se três tanques construídos em alvenaria com 40 m³ de volume útil, cada, abastecidos 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; e/ou água sem tratamento (água bruta) proveniente de fonte subterrânea. Em cada tanque foram colocados três tanques-rede com volume útil de 3,0 m³.

Na Figura 1 pode ser observada a disposição dos tanques-rede dentro dos tanques de alvenaria utilizados no cultivo experimental.

Foram testados três tratamentos, com três repetições cada, conforme descritos na Tabela 1:



Figura 1: Fotografia da área experimental utilizada para o cultivo do peixe ornamental *Poecilia* sp. com reuso de água.

Nos tanques-rede foram estocados alevinos de molinésia *Poecilia* sp. na densidade experimental de 200 peixes/m³ (600 peixes/tanque-rede), igualmente nos três tratamentos testados.

Nos tratamentos que receberam esgoto doméstico tratado não foi ofertada ração, a nutrição dos peixes era proveniente do alimento natural, composto principalmente da comunidade planctônica, que já estava presente no esgoto tratado e que se desenvolveu no decorrer do cultivo.

Também não foi fornecida aeração artificial em qualquer dos tratamentos experimentais, objetivando verificar a adaptação da espécie ao ambiente de estudo com o mínimo de incremento de tecnologia ao cultivo, reduzindo, assim, os custos de produção. Para a avaliação de sustentabilidade ambiental do cultivo de peixes ornamentais com água de reuso (esgoto doméstico tratado) foi proposto o Índice de Sustentabilidade Ambiental para Reuso em Aquicultura (ISARA) adaptando a metodologia proposta por Santos et al. (2011).

Todos os indicadores utilizados na composição do ISARA foram normalizados por meio da transformação do valor real obtido em um quantum que varia entre zero e um, de forma que o valor um significa a melhor condição de sustentabilidade alcançada e o valor zero o desempenho mais desfavorável, ou seja, sustentabilidade não alcançada (RABELO, 2007).

Os indicadores de qualidade de água medidos no decorrer dos 56 dias de cultivo experimental e os respectivos valores máximos e mínimos considerados na normalização dos resultados para utilização no ISARA foram: pH, de 6 a 9; Oxigênio dissolvido (OD), de 1,0 a 7,0 mg de O₂ L⁻¹; Nitrogênio Amoniacal Total (NAT), de 5,0 a 20,0 mg L⁻¹; Demanda Química de Oxigênio

Tabela 1: Descrição dos tratamentos experimentais utilizados para o cultivo do peixe ornamental *Poecilia* sp. com reuso de água.

Tratamento	Descrição	Detalhamento
ET	Esgoto Tratado	tanque abastecido com esgoto doméstico tratado;
ED	Esgoto Diluído	tanque abastecido com esgoto diluído, sendo esgoto doméstico tratado e água bruta em partes iguais;
AB	Água Bruta	tanque abastecido com água,bruta proveniente de fonte subterrânea; foi fornecida alimentação artificial,(ração).

(DQO), de 5,0 a 800,0 mg de O₂ L⁻¹.

Os citados valores foram considerados por serem os propostos pelo Programa de Pesquisa em Saneamento Ambiental (Prosab) para o uso de efluente doméstico por Bevilacqua, Bastos e Lanna (2006), por Boyd e Tucker (2012) para aquicultura e por Colt (2006) para sistemas de reuso em aquicultura.

As análises de temperatura e concentração de oxigênio dissolvido (OD) foram monitoradas *in loco* utilizando-se uma sonda multiparamétrica modelo YSI-55. Para a realização das demais análises, foram coletadas amostras de água dos três tanques, as quais foram analisadas em laboratório observando a metodologia constante do *Standard Methods* (APHA, 2005).

Para as Taxas de Sobrevivência (S), de Reuso de Água (RA) e de Uso de Ração (UR) os valores variaram de 0 a 100%. É válido salientar que para a taxa de sobrevivência e de reuso de água o valor ótimo na escala é 100% enquanto para a taxa de uso de ração a escala é invertida, sendo o valor ótimo 0%, isto é, a aquicultura com maior sustentabilidade é aquela em que não é necessário o uso de ração.

Foram definidas 11 classes para distribuir igualmente os valores dos indicadores no intervalo de zero a um estabelecendo assim o fator de normalização a ser aplicado para eles no cálculo do ISARA, adaptando o método sugerido por Pesce e Wunderlin (2000) e Santos et al. (2011).

Para a definição do intervalo de classe de normalização (I_c) foi aplicada Equação 01 a todos os indicadores utilizados conforme Santos et al. (2011).

$$I_c = \frac{|V_f - V_i|}{N_c - 1} \quad (1)$$

Onde: I_c = Intervalo de classe de normalização; V_f = Valor considerado indesejado ou insustentável para o indicador que está sendo avaliado; V_i = Valor considerado desejado ou sustentável para o indicador que está sendo avaliado; N_c = Número de classes que foi estabelecida.

A partir dos valores obtidos para o fator de normalização foi possível definir as equações de normalização referentes aos indicadores apresentados, em que va-

lor de cada indicador substitui o “x” em sua respectiva equação, fornecendo o valor normalizado “y”. Para o pH, como o valor ótimo (7,0) é no meio da escala, foram produzidas duas equações. Para os demais indicadores foi estabelecida apenas uma equação como segue na Tabela 2.

O ISARA foi calculado utilizando os valores normalizados, como anteriormente citado, e foi estabelecido pesos variando de zero a três a cada um dos indicadores que o constituem conforme sua importância. Para o cálculo do ISARA foi utilizada a Equação 02, a qual foi adaptada da metodologia aplicada por Nascimento e Araújo (2008) e Santos et al. (2011).

$$ISARA = \sum_{i=1}^m \left(\frac{E_i \times P_i}{m \times P_{maxi}} \right) \quad (2)$$

Onde: ISARA = Índice de Sustentabilidade Ambiental para Reuso em Aquicultura; E_i = Escore do i-ésimo indicador; P_i = Peso do i-ésimo indicador; P_{maxi} = Peso máximo do i-ésimo indicador; i = 1, ..., m; m = Número de indicadores.

A classificação adotada para avaliação dos resultados de ISARA está disposta na Tabela 3.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 4 estão expostos os resultados dos indicadores obtidos nos três tratamentos experimentais, assim como os respectivos valores calculados para o Índice de Sustentabilidade Ambiental para o Reuso em Aquicultura (ISARA).

Gráficos de radar foram utilizados em diversas pesquisas como ferramenta de auxílio à análise de sustentabilidade, pois estes facilitam a visualização dos resultados, assim como suas interações (MUGA; MIHELIC, 2008). Segundo Santos et al. (2011) quanto mais longe do centro do gráfico, melhores são os resultados, dessa forma, avalia-se a sustentabilidade ambiental a partir da comparação do tamanho das áreas: quanto maior a área, maior é a sustentabilidade da atividade. Na Figura 2 segue o gráfico de radar com os resultados dos indicadores que compõem o ISARA para os três tratamentos testados.

Tabela 2: Equações de normalização dos indicadores utilizados nos cálculos do Índice de Sustentabilidade Ambiental para Reuso em Aquicultura (ISARA).

Indicador (x)	Equação de Normalização	Indicador (x)	Equação de Normalização
pH	$y = -0,6667x + 5$	DQO (mg de O ₂ L ⁻¹)	$y = -0,0013x + 1,0063$
pH	$y = 0,6667x - 5$	S (%)	$y = 0,01x$
OD (mg de O ₂ L ⁻¹)	$y = 0,1744x - 0,1343$	RA (%)	$y = 0,01x$
NAT (mg L ⁻¹)	$y = -0,0556x + 1,1111$	UR (%)	$y = -0,01x$

OD: Oxigênio Dissolvido; NAT: Nitrogênio amoniacal total; DQO: Demanda química de oxigênio; S: Taxa de sobrevivência; RA: Taxa de reuso de água; UR: Taxa de uso de ração.

Tabela 3: Classificação de sustentabilidade ambiental adotada para avaliação dos resultados do Índice de Sustentabilidade Ambiental para Reuso em Aquicultura (ISARA).

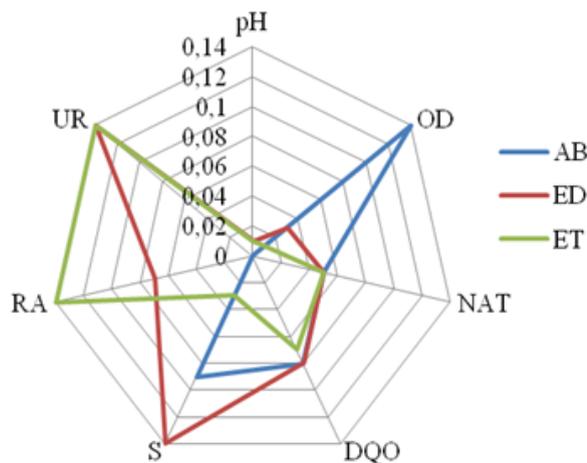
Nível de Sustentabilidade	ISARA
Insustentável	0,00 - 0,20
Baixa Sustentabilidade	0,21 - 0,40
Média Sustentabilidade	0,41 - 0,60
Potencialmente Sustentável	0,61 - 0,80
Sustentável	0,81 - 1,00

Adaptado de Nascimento e Araújo (2008), Santos et al. (2011).

Tabela 4: Resultados dos indicadores utilizados na composição do ISARA, assim como seus respectivos valores parciais e finais para os três tratamentos experimentais.

Indicadores	ET		ED		AB	
	Resultados	VP	Resultados	VP	Resultados	VP
pH	8,61	0,01	8,53	0,01	9,68	0,00
OD (mg de O ₂ L ⁻¹)	1,29	0,01	2,06	0,03	8,96	0,14
NAT (mg L ⁻¹)	2,65	0,05	0,87	0,05	0,41	0,05
DQO (mg de O ₂ L ⁻¹)	175,77	0,07	115,67	0,08	96,36	0,08
Taxa de Sobrevivência (%)	22,00	0,03	95,90	0,14	62,5	0,09
Taxa de Reuso de Água (%)	100,00	0,14	50,00	0,07	0,00	0,00
Taxa de Uso de Ração (%)	0,00	0,14	0,00	0,14	100,00	0,00
ISARA	#	0,45	#	0,51	#	0,36

ISARA: Índice de Sustentabilidade Ambiental para Reuso em Aquicultura; VP: Valor Parcial do ISARA; ET: Esgoto tratado; ED: Esgoto diluído; AB: Água bruta; OD: Oxigênio Dissolvido; NAT: Nitrogênio amoniacal total; DQO: Demanda química de oxigênio.



ET: Esgoto tratado; ED: Esgoto diluído; AB: Água bruta; OD: Oxigênio Dissolvido; NAT: Nitrogênio amoniacal total; DQO: Demanda química de oxigênio; S: Taxa de sobrevivência; RA: Taxa de reúso de água; UR: Taxa de Uso de Ração.

Figura 2: Sobreposição dos gráficos de radar que representam os resultados dos indicadores utilizados no Índice de Sustentabilidade Ambiental para Reuso em Aquicultura (ISARA)

No experimento realizado por Santos et al. (2011) para avaliação da sustentabilidade do reúso de água no cultivo de tilápias do Nilo *Oreochromis niloticus* (Linnaeus, 1758), o tratamento que utilizou apenas água bruta para o abastecimento dos tanques obteve o melhor resultado, sendo considerado como de sustentabilidade média pelo Índice de Sustentabilidade Ambiental para Reuso em Piscicultura (ISARP) por estes proposto.

No entanto, diferentemente do citado ISARP, o ISARA proposto no presente trabalho, leva em consideração as Taxas de Reúso de Água (RA) e de Uso de Ração (UR) na sua composição, fazendo que o tratamento que utilizou apenas água bruta (AB) obtenha o resultado mais baixo entre os testados (ISARA=0,36), podendo o cultivo nestes moldes ser considerado como de baixa sustentabilidade (ISARA: 0,21-0,4). Este resultado pode ser bem visualizado por meio da área limitada pela linha azul no gráfico de radar, que foi a menor das três áreas (Figura 2). Neste tratamento a elevada concentração de OD influenciou de forma positiva aumentando a sustentabilidade; o pH, além das taxas de reúso de água e uso de ração anteriormente mencionadas, levaram ao baixo nível de sustentabilidade apontado.

O tratamento ET apresentou ISARA de 0,45, este resultado ficou um pouco abaixo do apresentado pelo tratamento ED (ISARA=0,51); estando os dois trata-

mentos classificados como atividade de média sustentabilidade (ISARA: 0,41-0,60). Para o ISARP de Santos et al. (2011), o cultivo de tilápia com uso apenas de esgoto tratado no abastecimento do tanque foi classificado como de baixa sustentabilidade.

A área delimitada de verde na Figura 2 representa o tratamento ET onde pode ser observado que as taxas de reúso de água e de uso de ração influenciaram positivamente o resultado, já os resultados de concentração de OD, pH e taxa de sobrevivência influenciaram negativamente no nível de sustentabilidade neste tratamento.

O resultado do tratamento ED pode ser observado na área delimitada de marrom na Figura 2, neste a elevada taxa de sobrevivência, moderada taxa de reúso de água e baixa taxa de uso de ração elevaram o nível de sustentabilidade deste tratamento. Os resultados de pH e OD foram os que mais prejudicaram a sustentabilidade do cultivo nestes molde.

Com algumas medidas simples, comumente utilizadas na atividade aquícola, o nível de sustentabilidade dos tratamentos ED e ET pode ser aumentado consideravelmente, como exemplo pode ser citado: (a) A realização de calagem, no intuito de corrigir a relação dureza:alcalinidade da água e, conseqüentemente, os níveis de pH; (b) O uso de aeração mecânica, o que elevaria a concentração de OD;

Esta afirmativa é apoiada pelo resultado obtido por Santos et al. (2011), que ao aplicar aeração mecânica no cultivo de tilápias com uso de esgoto, elevou a o nível de sustentabilidade de baixo para o médio conforme os parâmetros do ISARP.

São necessários mais estudos para o aprimoramento das metodologias de cultivo utilizadas na aquicultura na busca da sustentabilidade, assim como para o desenvolvimento de ferramentas que auxiliem na avaliação desta atividade.

4 CONCLUSÕES

O resultado obtido com o uso do Índice de Sustentabilidade Ambiental para Reuso em Aquicultura (ISARA) classificou o cultivo do peixe ornamental molinésia *Poecilia* sp. realizado com uso de esgoto doméstico tratado diluído e sem fornecimento de ração (ED) como de média sustentabilidade, sendo esta a opção mais sustentável dentre as alternativas testadas.

Com a utilização de aeração mecânica e a correção de pH os níveis de sustentabilidade dos tratamentos que utilizaram esgoto tratado no abastecimento dos tanques poderão aumentar consideravelmente, inclusive ao ponto do tratamento que utilizou apenas esgoto tratado (ET) tornar-se mais sustentável do que aquele que uso esgoto tratado diluído (ED).

5 AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem aos Programas Prosab / Finep, ao CNPq, a Funcap (Fundação Cearense de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico) e à Cagece (Companhia de Água Esgoto do Ceará), pelo apoio para realização da pesquisa.

REFERÊNCIAS

- APHA (Ed.). *Standard Methods for the examination of water and wastewater*. 19. ed. Washington DC: American Public Health Association American Water Works Association (APHA/AWWA), 2005.
- BALASUBRAMANIAN, S.; PAPPATHI, R.; RAJ, S. P. An energy budget and efficiency of sewage-fed fish ponds. *Bioresource Technology*, v. 52, n. 2, p. 145 – 150, 1995. ISSN 0960-8524. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0960852495000157>>.
- BARTLEY, D. Responsible ornamental fisheries. *FAO Aquaculture Newsletter (FAO)*, 2000.
- BEVILACQUA, P. D.; BASTOS, R. K. X.; LANNA, E. A. T. Uso de esgotos tratados para produção animal. *Santos, MLF Tratamento e Utilização do Esgoto Sanitário. Rio de Janeiro: ABES, RiMa*, p. 275–330, 2006.
- BOYD, C. E.; TUCKER, C. S. *Pond aquaculture water quality management*. [S.l.]: Springer Science & Business Media, 2012.
- BREDEN, F.; PTACEK, M. B.; RASHED, M.; TAPHORN, D.; FIGUEIREDO, C. A. Molecular phylogeny of the live-bearing fish genus poecilia (cyprinodontiformes: Poeciliidae). *Molecular phylogenetics and evolution*, Elsevier, v. 12, n. 2, p. 95–104, 1999.
- CALIJURI, M. L.; SANTIAGO, A. d. F.; CAMARGO, R. d. A.; NETO, R. F. M. Estudo de indicadores de saúde ambiental e de saneamento em cidade do norte do Brasil. *Eng Sanit Ambient, SciELO Brasil*, v. 14, n. 1, p. 19–28, 2009.
- COLT, J. Water quality requirements for reuse systems. *Aquacultural Engineering*, v. 34, n. 3, p. 143 – 156, 2006. ISSN 0144-8609. Design and Selection of Biological Filters for Freshwater and Marine Applications. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S014486090500124X>>.
- GHOSH, C. Integrated vermi-pisciculture - an alternative option for recycling of solid municipal waste in rural India. *Bioresource Technology*, v. 93, n. 1, p. 71 – 75, 2004. ISSN 0960-8524. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S096085240300292X>>.
- GHOSH, C.; FRIJNS, J.; LETTINGA, G. Performance of silver carp (*Hypophthalmichthys molitrix*) dominated integrated post treatment system for purification of municipal waste water in a temperate climate. *Bioresource Technology*, v. 69, n. 3, p. 255 – 262, 1999. ISSN 0960-8524. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0960852498001874>>.
- HERNANDEZ, M. R.; BUCKLE, L. F. R. Temperature tolerance polygon of poecilia sphenops valenciennes (pisces: Poeciliidae). *Journal of Thermal Biology*, v. 27, n. 1, p. 1 – 5, 2002. ISSN 0306-4565. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0306456501000080>>.
- HOSETTI, B. B.; FROST, S. A review of the sustainable value of effluents and sludges from wastewater stabilization ponds. *Ecological Engineering*, v. 5, n. 4, p. 421 – 431, 1995. ISSN 0925-8574. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0925857495000054>>.
- KHALIL, M.; HUSSEIN, H. Use of waste water for aquaculture: an experimental field study at a sewage-treatment plant, Egypt. *Aquaculture Research*, Wiley Online Library, v. 28, n. 11, p. 859–865, 1997.
- KÜÇÜK, S. The effects of water type on growth, survival and condition of poecilia velifera. *African Journal of Biotechnology*, Academic Journals (Kenya), v. 9, n. 5, 2010.
- LUCINDA, P. H. F. Family poeciliidae. In: REIS, R. E.; KULLANDER, S. O.; FERRARIS, C. J. (Ed.). *Check List of the Freshwater Fishes of South and Central America*. Porto Alegre: EDIPUCRS, 2003. p. 555 – 581.
- LUCINDA, P. H. F.; REIS, R. E. Systematics of the subfamily poeciliinae bonaparte (cyprinodontiformes: Poeciliidae), with an emphasis on the tribe cnesterodontini hubbs. *Neotropical Ichthyology*, SciELO Brasil, v. 3, n. 1, p. 1–60, 2005.
- MATTAR NETO, J.; KRÜGER, C. M.; DZIEDZIC, M. Análise de indicadores ambientais no reservatório do Passaúna. *Eng Sanit Ambient, SciELO Brasil*, v. 14, n. 2, p. 205–214, 2009.

- MUGA, H. E.; MIHELICIC, J. R. Sustainability of wastewater treatment technologies. *Journal of environmental management*, Elsevier, v. 88, n. 3, p. 437–447, 2008.
- NASCIMENTO, S. C. O. D.; ARAÚJO, R. C. P. d. Avaliação da sustentabilidade do projeto de piscicultura curupati-peixe no açude castanhão, jaguaribara-ce. *PRODEMA/UFC*, 2008.
- PESCE, S. F.; WUNDERLIN, D. A. Use of water quality indices to verify the impact of cordoba city (argentina) on suqui'a river. *Water Research*, v. 34, n. 11, p. 2915 – 2926, 2000. ISSN 0043-1354. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S004313540000361>>.
- PHAN-VAN, M.; ROUSSEAU, D.; PAUW, N. D. 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*, v. 281, n. 1-4, p. 28 – 33, 2008. ISSN 0044-8486. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0044848608003098>>.
- POLAZ, C. N. M.; TEIXEIRA, B. A. d. N. Indicadores de sustentabilidade para a gestão municipal de resíduos sólidos urbanos: um estudo para são carlos (sp). *Revista Engenharia Sanitária e Ambiental*, SciELO Brasil, v. 14, n. 3, p. 411–420, 2009.
- RABELO, L. S. Indicadores de sustentabilidade: Uma seqüência metodológica para a mensuração do progresso ao desenvolvimento sustentável. *Mercator-Revista de Geografia da UFC*, Universidade Federal do Ceará, v. 6, n. 11, p. 130, 2007.
- RIBEIRO, F. d. A. S.; LIMA, M. T.; KOCHENBORGER, C. J. B. Panorama do mercado de organismos aquáticos ornamentais. *Boletim Sociedade Brasileira de Limnologia, Mossoró - RN*, 2010.
- SANTOS, A. B.; SILVA, M. E. Tecnologias de tratamento de esgoto. In: MOTA, S.; AQUINO, M. D.; SANTOS, A. B. (Ed.). *Reuso de Agua em Irrigacao e Piscicultura*. A: P, 2007. v. 1, p. 43–68.
- SANTOS, E. S.; OLIVEIRA, M. A.; MOTA, S.; AQUINO, M. D.; VASCONCELOS, M. M. Crescimento e qualidade dos alevinos de tilápia do nilo produzidos em água de esgoto doméstico tratado. *Revista Ciência Agronômica*, v. 40, n. 2, p. 232–239, 2009b.
- SANTOS, E. S. d.; MOTA, S.; SANTOS, A. B. d.; MONTEIRO, C. A. B.; FONTENELE, R. M. M. Environmental sustainability evaluation of the treated sewage use in aquaculture. *Engenharia Sanitaria e Ambiental*, SciELO Brasil, v. 16, n. 1, p. 45–54, 2011.
- SANTOS, E. S. d.; NETO, M. F.; MOTA, S.; SANTOS, A. B. d.; AQUINO, M. D. d. Cultivo de tilápia do nilo em esgoto doméstico. *Revista DAE*, Revista DAE, 2009a.
- SAXBY, A.; ADAMS, L.; SNELGROVE, D.; WILSON, R. W.; SLOMAN, K. A. The effect of group size on the behaviour and welfare of four fish species commonly kept in home aquaria. *Applied Animal Behaviour Science*, v. 125, n. 3-4, p. 195 – 205, 2010. ISSN 0168-1591. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0168159110001292>>.
- SCHLUPP, I.; PARZEFALL, J.; SCHARTL, M. Biogeography of the amazon molly, poecilia formosa. *Journal of Biogeography*, Wiley Online Library, v. 29, n. 1, p. 1 – 6, 2002.
- TLUSTY, M. The benefits and risks of aquacultural production for the aquarium trade. *Aquaculture*, v. 205, n. 3 - 4, p. 203 – 219, 2002. ISSN 0044-8486. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0044848601006834>>.
- WHO. *Guidelines for the Safe Use of Wastewater, Excreta and Greywater: Wastewater and excreta use and aquaculture*. [S.l.]: World Health Organization, 2006.