

## Avaliação econômica da implantação de ilhas flutuantes artificiais para o tratamento de efluentes de tilapicultura

O tratamento de efluentes da aquicultura visa atender às exigências das novas legislações e às pressões de órgãos ambientais e da própria sociedade. Portanto, estudos que abordem a conservação do meio ambiente e a viabilidade econômica são fundamentais para o sucesso da atividade, uma vez que são itens indispensáveis para a sustentabilidade da aquicultura. O presente estudo avaliou a viabilidade econômica da implantação do sistema de ilhas flutuantes artificiais (IFAs) para o tratamento de efluentes de piscicultura por meio da aplicação de diferentes indicadores econômicos. O experimento foi realizado em dois sistemas (com e sem IFAs, em triplicatas) ao longo de um ciclo de produção semi-intensivo de tilápias do Nilo. Os valores médios do custo de produção e os seguintes indicadores econômicos foram calculados referente à condução do ciclo produtivo por hectare de espelho d'água: receita líquida financeira, índice de lucratividade, taxa interna de retorno e valor presente líquido. A despesa com ração foi o principal parâmetro que afetou os custos totais de produção em ambos os sistemas. O estudo mostrou que a rentabilidade econômica foi positiva para ambos os sistemas de produção. No sistema com IFAs, a implantação das estruturas representou 3,86% dos custos de produção resultando em baixo custo de investimento e manutenção, indicando rentabilidade da aplicação das IFAs ao sistema produtivo com ganhos econômicos atrativos e retorno do capital investido, atendendo as necessidades do pequeno e médio produtor rural.

**Palavras-chave:** Economia; Biorremediação; Indicadores econômicos; Meio ambiente; Sustentabilidade.

## Economic evaluation of the implementation of artificial floating islands systems for the treatment of tilapiculture effluents

Studies that address the preservation of the environment and confront economic indicators are fundamental for the success of the activity, since they are indispensable items for aquaculture sustainability. The objective of this work was to apply different economic indicators as a tool to assess the feasibility of implementing artificial floating island systems (AFIs), used to minimize the environmental impacts caused by the discharge of fish farming effluents. The experiment was carried out in two systems (with and without AFIs, in triplicates) along a semi-intensive production cycle of Nile tilapia. The average values of the cost of production and the following economic indicators were calculated regarding the conduct of the production cycle per hectare of water mirror: net financial revenue, profitability index, internal rate of return and net present value. Feed expense was the main parameter that affected total production costs in both systems. The study showed that the economic profitability was positive for both production systems. In the system with AFIs, the implementation of structures represented 3.86% of production costs, resulting in low-cost investments and maintenance, indicating profitability of the application of AFIs to the production system with attractive economic gains and return on invested capital, meeting the needs of small and medium rural producers.


**Keywords:** Economy; Bioremediation; Economic indicators; Environment; Sustainability.


Topic: **Desenvolvimento, Sustentabilidade e Meio Ambiente**


Received: **12/03/2022**

Approved: **29/03/2022**


Reviewed anonymously in the process of blind peer.


João Alexandre Saviolo Osti   
Universidade de Guarulhos, Brasil  
<http://lattes.cnpq.br/5205232657580262>  
<https://orcid.org/0000-0002-2154-2453>  
[joao.alexandre@prof.ung.br](mailto:joao.alexandre@prof.ung.br)

Roosevelt José Nascimento   
Universidade Brasil, Brasil  
<http://lattes.cnpq.br/6648093988771723>  
<https://orcid.org/0000-0001-8433-8081>  
[brakaceville@yahoo.com.br](mailto:brakaceville@yahoo.com.br)

Muniquê de Almeida Bispo Moraes   
Universidade de São Paulo, Brasil  
<http://lattes.cnpq.br/8346768620098276>  
<https://orcid.org/0000-0002-1433-2298>  
[muniquelibio@gmail.com](mailto:muniquelibio@gmail.com)

Adriana Sacioto Marcantonio   
Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios, Brasil  
<http://lattes.cnpq.br/0982826956795068>  
<https://orcid.org/0000-0002-2897-577X>  
[adriana.sacioto@gmail.com](mailto:adriana.sacioto@gmail.com)

Sergio Henrique Canelo Schalch   
Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios, Brasil  
<http://lattes.cnpq.br/1687390419469797>  
<https://orcid.org/0000-0001-7960-6213>  
[sschalch@apta.sp.gov.br](mailto:sschalch@apta.sp.gov.br)

Cacilda Thais Janson Mercante   
Instituto de Pesca, Brasil  
<http://lattes.cnpq.br/2540218012627093>  
<https://orcid.org/0000-0002-5591-8383>  
[cthaismercante@uol.com.br](mailto:cthaismercante@uol.com.br)



DOI: 10.6008/CBPC2179-6858.2022.003.0025

### Referencing this:

OSTI, J. A. S.; NASCIMENTO, R. J.; MORAES, M. A. B.; MARCANTONIO, A. S.; SCHALCH, S. H.; MERCANTE, C. T. J. Avaliação econômica da implantação de ilhas flutuantes artificiais para o tratamento de efluentes de tilapicultura. *Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais*, v.13, n.3, p.314-325, 2022. DOI: <http://doi.org/10.6008/CBPC2179-6858.2022.003.0025>

## INTRODUÇÃO

A produção de organismos aquáticos (aquicultura) é um setor econômico em expansão global devido à capacidade de produzir alimentos saudáveis e nutricionalmente ricos que representam uma fonte primária de proteínas em muitos países (FAO, 2020). No Brasil, o setor aquícola está em desenvolvimento com uma taxa de crescimento de 4,7% entre os anos 2020 e 2021, índice que é superior à outras atividades de produção animal<sup>1</sup>. Os setores mais representativos da produção nacional de pescado são a criação de peixes (piscicultura) e de camarões (carcinicultura), representando 69,9% e 20,6%, respectivamente, da produção nacional (BRASIL, 2016).

Embora crescente, o principal desafio da atividade de aquicultura na atualidade está relacionado com questões de sustentabilidade ambiental e econômica, uma vez que a pressão relacionada à conversão de áreas preservadas para a implantação dos empreendimentos e o acesso a água de boa qualidade e quantidade, que está cada vez mais escassa, podem ser empecilhos para o futuro da atividade (VALENTI et al., 2018; BOYD et al., 2020).

No Brasil, o lançamento direto dos efluentes oriundos da produção aquícola continental de viveiros escavados em cursos d'água naturais tem sido tema de grande discussão entre os produtores e legisladores nos últimos anos. Os estados têm intensificado cada vez mais o monitoramento e controle da qualidade da água do efluente descartado, e os produtores devem seguir as condições e padrões de lançamento de efluentes estabelecidos pela Resolução CONAMA 357 de 2005 (BRASIL, 2005) e Resolução CONAMA 430 de 2011 (BRASIL, 2011). Atualmente, atender estes padrões estabelecidos pela legislação vigente tem sido um entrave para adequação ambiental, principalmente para os pequenos produtores, pois tratamentos convencionais podem inviabilizar economicamente a produção devido aos elevados custos.

Nesse contexto, pesquisas que englobam a maior eficiência no uso dos recursos naturais e que reduzam os impactos ambientais causados pela atividade, como o tratamento do efluente de piscicultura, visam atender às exigências das novas legislações e às pressões de órgãos ambientais e da própria sociedade (BOYD et al., 2020).

As *Wetlands* Construídas (WCs), sistemas desenhados e construídos para o tratamento de efluentes a fim de utilizar processos naturais na remoção de nutrientes, são alternativas de baixo custo e de simples operação e manutenção, e apresentam grande eficiência na remoção de matéria orgânica de viveiros de aquicultura (CARBALLEIRA et al., 2016; OSTI et al., 2018b). No entanto, para neutralizar os efeitos da atividade sobre os recursos hídricos, estudos apontam a necessidade de uso de ao menos 10% da área de produção para a implantação das WCs (BIUDES, 2007; SIPAÚBA, 2013; HENARES et al., 2014), fato que pode também ser inviável economicamente, pois necessitaria da conversão de áreas preservadas ou a destinação da área de produção para a implantação das WCs. Nesse sentido, a implantação de sistemas de ilhas flutuantes artificiais (IFAs), colonizadas com macrófitas aquáticas, na área interna dos viveiros pode ser uma metodologia alternativa e economicamente viável para melhoria da qualidade da água do efluente dos

---

<sup>1</sup> <https://www.peixebr.com.br/anuario2022/>

viveiros.

Desta forma, projetos voltados ao desenvolvimento de tecnologias de aquicultura integrada que melhorem o uso dos recursos naturais, reduzam os impactos ambientais causados pela atividade e que sejam confrontados com indicadores econômicos da produção são indispensáveis para o desenvolvimento sustentável (VALENTI et al., 2018). Nesse contexto, tecnologias alternativas que sejam viáveis economicamente e que minimizem possíveis impactos em áreas preservadas podem contribuir para a sustentabilidade da aquicultura. O uso de sistemas de ilhas flutuantes artificiais (IFAs) tem sido testado em diferentes países com a finalidade de controle de poluição em diferentes ambientes aquáticos, como de resíduos de suinocultura (HUBBARD et al., 2004), nos sistemas de drenagem de águas (LYNCH et al., 2015; MA et al., 2021) e mais recentemente, no controle de lançamento de nutrientes por efluentes da piscicultura (OSTI et al., 2020; LI et al., 2021; SOMPRASERT et al., 2021).

Em comum, os estudos apresentados acima mostram a eficiência dos sistemas de IFAs na redução de nutrientes de diferentes fontes poluidoras, entretanto, não apresentam uma avaliação dos custos de implantação deste sistema. Neste sentido, o objetivo do presente estudo foi aplicar a análise econômica de produção e indicadores econômicos para avaliar a viabilidade da criação de tilápia do Nilo em viveiros escavados, adotando a implantação de sistemas de biorremediação por ilhas flutuantes artificiais (IFAs), utilizados para minimizar os impactos ambientais causados pelo lançamento de efluentes.

## MATERIAIS E MÉTODOS

### Área de estudo

O estudo foi desenvolvido no período de dezembro de 2018 a abril de 2019, na Estação Experimental em Aquicultura vinculada ao Polo Regional de Desenvolvimento Tecnológico do Agronegócio do Vale do Paraíba, município de Pindamonhangaba, Estado de São Paulo, Brasil (22° 56' 27" S, 45° 26' 32.2" W). Foram utilizados seis viveiros escavados (lateral e fundo de terra), com área superficial de 200 m<sup>2</sup> e aproximadamente 1,2 m de profundidade, totalizando o volume de 240 m<sup>3</sup>. A renovação de água foi constante e sem aeração mecânica (Figura 1).

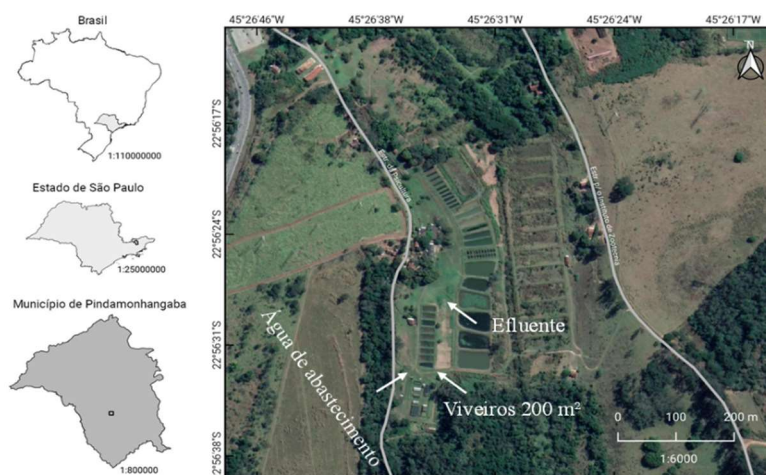
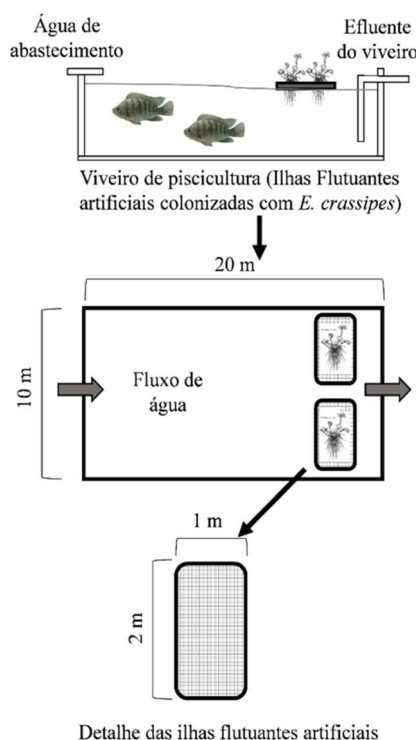


Figura 1: Localização da área de estudo.

## Delineamento experimental

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado com dois tratamentos e três réplicas. Os tratamentos foram os seguintes: T1) viveiro de engorda de tilápias com ilhas flutuantes artificiais (IFAs) colonizadas com o aguapé (*Eichhornia crassipes*); T2) viveiro de engorda de tilápias sem as ilhas flutuantes artificiais (SIFAs) (Figura 2). Uma área de 10% dos viveiros foi ocupada pelas IFAs. Este dimensionamento foi embasado nos estudos de Biudes (2007), Sipaúba-Tavares (2013) e Henares e Camargo (2014) para WCs, e adaptado para o formato de IFAs. Inicialmente, aproximadamente 80% da superfície das IFAs foram ocupadas pelo aguapé (detalhamento das estruturas e dimensão das IFAs estão disponíveis em Osti et al. (2020)) (Figura 3).

A espécie utilizada foi a tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*), indivíduos sexualmente revertidos, com peso médio inicial de 22,64 g, na densidade de três peixes por m<sup>2</sup>. O sistema de produção adotado foi o semi-intensivo. Os peixes foram alimentados duas vezes ao dia, com ração comercial extrusada contendo entre 32 e 45% de proteína bruta e a granulometria de 1 a 8 mm. A quantidade de ração ofertada foi de 1,5 a 3,0% da biomassa total estimada, sendo considerado o estágio de desenvolvimento da população (tamanho/idade) e a estimativa da biomassa produzida. Para a estimativa da biomassa produzida, foram realizadas biometrias mensais, considerando a análise de um lote contendo 10% da população total de cada viveiro. A biomassa inicial e final (g), a conversão alimentar aparente (CAA) e a produtividade (kg ha ciclo<sup>-1</sup>) foram avaliadas. A conversão alimentar aparente foi estimada por meio da relação entre a quantidade total de ração ofertada e o ganho de peso dos peixes em kg.



**Figura 2:** Viveiros para engorda de tilápia do Nilo (*O. niloticus*). Destaque para o dimensionamento do sistema de ilhas flutuantes artificiais colonizadas com *Eichhornia crassipes*.

## Análise econômica

### Custos de produção

Por se tratar de uma Estação Experimental em Aquicultura, os alevinos foram provenientes de projetos dos setores de reprodução e alevinagem da unidade e por este motivo, para a análise de custo, foram utilizados os valores nominais da Região do Vale do Paraíba, sem considerar os valores de transporte. Os preços praticados na região também foram aplicados aos valores de venda dos animais, uma vez que peixes com peso médio de 233,07 g são comumente destinados à engorda final de produções em tanques-rede e, por este motivo, apresentam valor médio de mercado que varia em torno de R\$ 7,50.



**Figura 3:** Sistema de engorda de tilápia do Nilo. (A) Detalhe do viveiro com o sistema de ilhas flutuantes artificiais; (B) Detalhe das biometrias para acompanhamento do desenvolvimento dos peixes. Fonte:

As IFAs foram confeccionadas em estruturas de PVC e redes de pesca. Para facilitar a colonização e manejo das IFAs com as macrófitas, estas foram construídas com 2 m<sup>2</sup> e agrupadas até ocuparem 10% da área do viveiro. O custo total das IFAs foi estimado em R\$ 37.000,00 considerando a produção em 1 hectare de lâmina d'água e o investimento diluído ao longo de 120 meses. Os exemplares de *E. crassipes* foram coletados de áreas internas à unidade experimental e por este motivo não foram computadas no custo de produção. Em relação a mão de obra (MDO) permanente, o período considerado para a análise econômica foi de quatro meses, após a estruturação dos viveiros de criação. A MDO não permanente utilizada torna-se necessária em função do período de produção e inerente ao estudo dos indicadores econômicos.

### Indicadores econômicos

Os indicadores de sustentabilidade econômica foram calculados de acordo com a metodologia descrita por Matsunaga et al. (1976), Scorvo Filho et al. (2006) e Valenti et al. (2018). Foi utilizado o período de um ciclo de produção (4 meses) para o cálculo dos custos operacionais.

#### 1) Custo operacional efetivo (COE):

- a) Mão de obra (MDO): permanente – foi considerado o valor de um salário-mínimo de R\$

1.045,00 e de diaristas – considerado o valor de R\$ 70,00 por diária (valores praticados na região);

b) Insumos: ração (dados do projeto), alevinos (foi considerado o valor de mercado aplicado regionalmente (Sales, com. pess.<sup>2</sup>) e cal virgem hidratado (calagem dos viveiros));

c) Material permanente: material utilizado para confecção das ilhas flutuantes – foram utilizados os valores do período de investimento por uso, considerado para uma taxa de retorno (*payback*) de 120 meses;

2) Custo operacional total (COT):

a) Impostos: contribuição previdenciária (Contribuição Especial da Seguridade Social Rural – CESSR) de 2,3% considerando o total de produção vendida e os encargos sociais da mão de obra permanente que foi considerado como 43% do total da folha de pagamento;

3) Preço de venda: os preços considerados foram os nominais da região do Vale do Paraíba (SALES, com. pess.<sup>1</sup>);

4) Receita bruta (R\$);

5) Receita líquida (R\$): preços considerados nominais da região do Vale do Paraíba (Sales, com. pess.<sup>1</sup>);

6) Índice de lucratividade: receita líquida / receita bruta;

7) Taxa mínima de atratividade (TMA): taxa hipotética que representa o custo de oportunidade de investimento, ou seja, representa a oportunidade de investir em um empreendimento ou no mercado de capitais. Foi considerada em 6% a.a. (taxa acumulada no período na modalidade IPCA + juros semestrais, atualizados em junho de 2020) para análise do valor presente líquido (VPL);

8) Taxa interna de retorno (TIR): foi aplicada sobre o total de investimentos considerando o período de análise da TMA;

9) Valor presente líquido (VPL): foi utilizado para calcular a rentabilidade econômica da produção por meio do fluxo de caixa.

Os valores de produção foram extrapolados considerando a produção em 1 (um) hectare, desta forma os custos operacionais de insumos e do material permanente também foram ajustados. Cabe ressaltar que, ao aumentar a área de criação, ocorrerá à diluição dos custos fixos de mão de obra, sem comprometer os resultados encontrados nos sistemas com IFAs e sem IFAs. Os valores médios dos dados zootécnicos de peso final e produção final foram comparadas entre IFAs e SIFAs com um teste T (SEMMAR, 2013).

## RESULTADOS

O peso médio individual final dos peixes nos sistemas de IFAs foi de 232,78 g e resultaram na produção total de 5.756 kg ha<sup>-1</sup>, estes valores não diferiram estatisticamente dos valores médios de 233,35 g e da produção total de 5,788 kg ha<sup>-1</sup>, observados no sistema SIFAs (Tabela 1). A quantidade de ração

<sup>2</sup> Fonte: Comunicação Pessoal: 16 de junho de 2020; Valter Sales, Piscicultura Valed, Tremembé/SP.

ofertada ao longo do período de criação foi a mesma para os dois sistemas de produção e totalizaram 9.743 kg ha<sup>-1</sup>.

Os custos com ração para a produção de tilápias foi de R\$ 24.016,96 por hectare, independentemente da presença ou não das ilhas. Este custo foi o principal parâmetro que afetou os custos operacionais totais (COT), variando de 61,41% para os viveiros com IFAs e 64,45% para os viveiros sem IFAs (Tabela 2, Figura 4). Outros fatores contribuíram ativamente ao COT e estão relacionados à compra de alevinos e da contratação de mão de obra (permanente e temporária). Embora os custos de mão de obra permanente tenham sido iguais para os dois sistemas (R\$ 4.180,00), os custos com a contratação de mão de obra temporária foram maiores nos viveiros com IFAs (R\$ 1.050,00), quando comparados ao SIFAs (R\$ 700,00), e mostram a necessidade de contratação de diaristas para a realização das atividades de confecção, manutenção e biometrias das ilhas flutuantes. A compra do material para a confecção e a manutenção das ilhas flutuantes, representando 3,86%, também apresentam um peso importante na porcentagem de contribuição do sistema para o COT.

**Tabela 1:** Dados do desenvolvimento zootécnico da produção de engorda de tilápia do Nilo em viveiro escavado (n=3) em sistema com ilhas flutuantes artificiais (IFAs) e sistema sem as ilhas flutuantes artificiais (SIFAs).

Parâmetros da produção	IFAs	SIFAs
Peso médio inicial (g)	23,97 ± 2,80	21,30 ± 1,30
Peso médio final (g)	232,78 ± 14,20 <sup>a</sup>	233,35 ± 44,35 <sup>a</sup>
Sobrevivência (%)	90	90
Produção final (kg ha <sup>-1</sup> )	5.753±395 <sup>a</sup>	5.788±1.170 <sup>a</sup>
Ração ofertada (kg ha <sup>-1</sup> )	9.743	9.743
CAA	1.70:1	1.73:1

\*Médias seguidas de letras diferentes na mesma linha indicam diferença significativa entre os sistemas de produção pela ANOVA seguida do teste de Tukey ( $p < 0,05$ ). CAA = conversão alimentar aparente.

**Tabela 2:** Custo total de produção semi-intensiva de tilápia do Nilo em viveiros escavados (custo estimados considerando a produção em 1 hectare de lâmina d'água) em sistema com ilhas flutuantes artificiais (IFAs) e sistema sem as ilhas flutuantes artificiais (SIFAs).

Especificações	Unidade	Preço (R\$)	Quantidade	IFAs (R\$)	SIFAs (R\$)
Alevinos	1000	175,00	30	5.250,00	5.250,00
Confecção IFA	20 m <sup>2</sup>	740,00*	3	1.541,67**	----
Ração (kg ha <sup>-1</sup> )	25 kg	10,30-115,50***	390	24.531,45	24.531,45
Cal virgem hidratado	20 kg	10,29	50	514,50	514,50
Mão de obra (diaristas)	3 e 2	70,00	5 dias	1050,00	700,00
<b>COE</b>	----	----	----	<b>32.887,62</b>	<b>30.995,95</b>
Mão de obra (permanente)	1	1.045,00	1	4.180,00	4.180,00
Encargos sociais	43%	----	----	1.797,40	1.797,40
Contribuição previdenciária (CESSR da produção total)	2,30%	----	----	1.084,17	1.086,83
<b>COT</b>	----	----	----	<b>39.949,19</b>	<b>38.060,18</b>

COE = custo operacional efetivo; COT = custo operacional total.

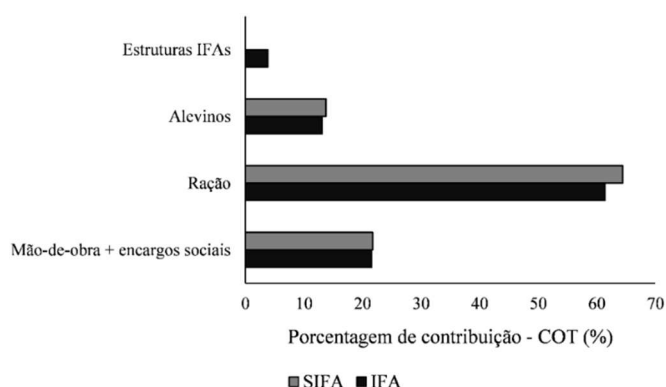
\*Custo unitário da estrutura de IFA com 20 m<sup>2</sup>;

\*\*Custos de produção no período (4 meses) considerando 1 hectare de lâmina d'água;

\*\*\*O valor variou de acordo com a granulometria da ração utilizada – Preço médio aplicado de R\$ 62,90.

Os custos indiretos de produção relacionados aos encargos sociais e contribuição social (CESSR) para o sistema com IFAs foi de R\$ 2.881,57, representando 7,21% sobre o respectivo COT. Para o sistema SIFAs foi de R\$ 2.884,23, correspondendo a 7,58% do COT do sistema. As despesas não operacionais (DNO), relacionadas aos investimentos (alevinos e IFAs), foram de R\$ 6.791,67 para o sistema com IFAs, representando 17,00% sobre o COT, enquanto que para o sistema SIFAs foram de R\$ 5.250,00, correspondendo a 13,79% sobre o respectivo COT.

Os custos e rentabilidade de um ciclo de produção semi-intensiva de tilápias do Nilo em viveiro escavado para sistemas com ilhas flutuantes artificiais (IFAs) e sem as ilhas flutuantes artificiais (SIFAs) são apresentados na Tabela 3. O custo operacional efetivo (COE) foi de R\$ R\$ 32.537,62 para o sistema IFAs, que comparado ao sistema SIFAs de R\$ 30.995,95, corresponde a variação (análise horizontal) ao acréscimo de 5,75%. O custo operacional total (COT) sobre o sistema IFAs foi de R\$ 39.599,19, enquanto que no sistema SIFAs correspondeu a R\$ 38.060,18, sendo verificado o acréscimo de 4,96%. A receita bruta (RB) da atividade foi proveniente da comercialização de 5.753 kg ha<sup>-1</sup> para o sistema IFAs, totalizando o valor de R\$ 47.137,95 e de 5.788 kg ha<sup>-1</sup> para o sistema SIFAs, totalizando a arrecadação de R\$ 47.253,38. A receita líquida financeira verificada para o sistema IFAs foi da ordem de R\$ 8.053,26 e para o sistema SIFAs de R\$ 9.707,70, representando um decréscimo de 26,00% (análise horizontal) sobre o sistema IFAs.



**Figura 4:** Representação porcentual do custo operacional total (COT) da produção semi-intensiva de tilápia do Nilo em viveiros escavados (custo considerando a produção em 1 hectare de lâmina d'água) em sistema com ilhas flutuantes artificiais (IFAs) e sistema sem as ilhas flutuantes artificiais (SIFAs).

**Tabela 3:** Produção, preço de venda, custo operacional e rentabilidade da produção semi-intensiva de tilápia do Nilo em viveiros escavados (custo considerando a produção em 1 hectare de lâmina d'água) em sistema com ilhas flutuantes artificiais (IFAs) e sistema sem as ilhas flutuantes artificiais (SIFAs).

Especificações	Unidade	Preço (R\$)	Quantidade	IFAs	SIFAs
Preço de venda	232,78 g (IFAs) 233,35 g (SIFAs)	7,50	27.000	R\$ 47.137,95	R\$ 47.253,38
COE	----	----	----	R\$ 32.537,62	R\$ 30.995,95
COT	----	----	----	R\$ 39.599,19	R\$ 38.060,18
Receita líquida	----	----	----	R\$ 8.053,26	R\$ 9.707,70
Índice de lucratividade	%	----	----	17,08	20,54
Taxa interna de retorno	%	----	----	8,00	14,00
Valor presente líquido	----	----	----	R\$ 1.283,87	R\$ 2.426,77

Em relação aos indicadores para a viabilidade dos sistemas apresentados, o índice de lucratividade (capacidade dos sistemas na geração de lucro) foi ligeiramente maior no sistema SIFAs (20,54%), quando comparado com o sistema com IFAs (17,08%). Esse indicador está relacionado a fração da receita líquida sobre a receita bruta.

A taxa interna de retorno (TIR), em relação a taxa mínima de atratividade (TMA) adotada em 6% a.a., correspondeu à 8% no sistema com IFAs relacionada ao investimento total de R\$ 34.843,67, enquanto para o sistema SIFAs correspondeu à 14%, associada ao investimento total de R\$ 33.302,00. Esse indicador sinaliza a viabilidade econômica dos sistemas apresentados e o total de investimento necessário para o período de produção nos dois sistemas (IFAs e SIFAs), demonstrando que a TIR é maior que a TMA. O valor presente líquido (VPL) verificado, em função do fluxo de caixa dos sistemas, indica a rentabilidade econômica para o



sistema com IFAs que correspondeu, positivamente, em R\$ 1.283,87 com o fluxo de caixa de R\$ 8.053,26; enquanto o VPL para o sistema SIFAs, também positivamente, correspondeu à R\$ 2.426,77 para o fluxo de caixa de R\$ 9.707,70.

Com uma receita de R\$ 47.137,95 para a produção com IFAs e R\$ 47.253,38 para a produção sem IFAs, e um custo operacional total (COT) de R\$ 39.599,19 (IFAs) e R\$ 38.060,18 (SIFAs), a produção por ciclo deverá ser de 5.326,56 kg ha<sup>-1</sup> (IFAs) que corresponde ao COT dividido pelo preço de venda de R\$ 7,50 por kg, e da produção de 5.074,70 kg ha<sup>-1</sup> (SIFAs) ao respectivo COT e considerado o mesmo preço de venda, para que o equilíbrio entre custo e receita seja atingido. Esta produção corresponde a uma redução de 15,26% para o sistema IFAs e de 19,45% para o sistema SIFAs da produção total observada no presente estudo.

## DISCUSSÃO

A utilização do sistema de ilhas flutuantes artificiais (IFAs), aplicada a produção semi-intensiva de tilápia do Nilo, demonstrou ser uma ferramenta importante para promover o desenvolvimento sustentável da atividade. No presente estudo, o caso analisado indica a rentabilidade da aplicação das IFAs ao sistema produtivo com ganhos econômicos atrativos e retorno do capital investido. O custo operacional total de produção nos sistemas com IFAs foi de R\$ 39.599,19, sendo este ligeiramente superior ao observado no sistema SIFAs (R\$ 38.060,18). E a produção final de 5.753 kg ha<sup>-1</sup> para IFAs e 5.788 kg ha<sup>-1</sup> para SIFAs, renderam um valor de venda final dos peixes de R\$ 47.137,95 e R\$ 47.253,38, respectivamente.

Dentre os fatores que contribuíram aos custos operacionais totais (COT), a compra da ração, item indispensável para o sucesso produtivo, foi o item de maior peso e custou ao produtor cerca de R\$ 24.000,00 por hectare, independentemente da presença ou não das ilhas, e representaram para ambos os sistemas, em termos de porcentagem de contribuição, entre 61-64%, sendo a diferença observada justificada pela contribuição do custo de confecção das ilhas que em termos de porcentagem contribuíram com 3,86% do COT. Resultados relatados por Furlaneto et al. (2006) e Turco et al. (2014) para a produção de tilápias em viveiros escavados e em tanques-rede, respectivamente, estimam que a ração representa entre 60-66% dos custos operacionais da produção, corroborando com os resultados encontrados neste estudo. O preço da ração está diretamente relacionado ao material utilizado para a sua formulação, sendo que produtos com maiores valores proteicos se tornam mais caros (KOCH et al., 2014; TURCO et al., 2014).

Quando não bem manejada, a ração pode onerar os custos de produção e afetar a viabilidade econômica desse tipo de empreendimento, por isso, sua formulação deve ser otimizada visando à redução de gastos da produção e comercialização e na melhoria da eficiência alimentar (CRIVELENTI et al., 2006). Neste sentido, a utilização da macrófita aquática (excedentes da IFAs) nas fábricas de produção de ração pode constituir uma fonte de renda extra para os piscicultores, além de reduzirem os custos de produção de ração, isto porque, a espécie de macrófitas aquática *E. crassipes* apresenta atributos importantes para formulação das rações para peixes, como energia bruta e minerais como cálcio, magnésio e manganês (BIUDES, 2007). Estudos como de Sarker et al. (2017) com carpas, mostram que 15% desta macrófita aquática pode ser adicionada à formulação da ração de peixes, sem prejuízos ao desenvolvimento dos peixes e

reduzindo desta forma os custos de produção da ração.

Embora a implantação do sistema IFAs tenha aumentado o custo de produção de tilápias em 3,86% (COT de R\$ 39.949,19), mostrou-se viável economicamente, gerando agregados econômicos (subprodutos). Esse aumento está relacionado à aquisição dos materiais necessários para a confecção das IFAs, o que pressionou o COE e a diminuição de despesas não operacionais aos sistemas aplicados. Pôde-se ainda verificar a viabilidade econômica do empreendimento ao analisar a diferença no retorno do investimento (TIR e VPL), mantendo a produção em relação ao custo de oportunidade (TMA), na análise dos sistemas, representando uma diferença R\$ 1.142,90 em relação ao VPL.

A implantação dos sistemas de ilhas flutuantes artificiais não interferiu na produção final de peixes (Tabela 1). Além disso, como observado por Osti et al. (2020), que avaliaram o fluxo de nutrientes dos viveiros analisados nesse estudo, as implantações das IFAs reduziram a carga de nutrientes exportada pela atividade em 66% para nitrogênio total e 27% para o fósforo total.

Adicionalmente, o maior custo de mão de obra temporária para os viveiros com IFAs (R\$ 1.050,00), quando comparados com viveiros sem IFAs (R\$ 700,00), que a princípio se firma com o aumento dos custos de produção, acaba por fortalecer o desenvolvimento social da atividade alavancando a geração de empregos indiretos, uma vez que as tarefas para a manutenção e manejo das IFAs são simples e podem ser realizadas por pessoas da comunidade local após o treinamento.

Estudos como o de Loureiro et al. (2021), que avaliaram um sistema produtivo em viveiros escavados com a criação de Curimatã e Tambatinga, mostram a viabilidade econômica desse sistema de produção e a sua importância para o segmento agrícola regional. Os resultados observados no presente estudo mostram, que embora tenha um aumento nos custos de produção para a implantação das IFAs, essa tecnologia é uma ferramenta voltada à sustentabilidade dos empreendimentos aquícolas, com investimentos de baixo custo e manutenção, e que buscam adequação com as leis ambientais, atendendo as necessidades do pequeno e médio produtor rural.

A necessidade de regularização dos empreendimentos aquícolas, notadamente quanto à adequação dos seus efluentes aos padrões estabelecidos pelas legislações locais, tem sido um entrave para o licenciamento ambiental da atividade, e a tecnologia de ilhas flutuantes artificiais tem se demonstrado uma importante ferramenta para este viés (MERCANTE et al. 2020). Isto porque, diferentemente do observado para outras tecnologias como as *wetlands* construídas, o sistema de IFAs não requer a necessidade da destinação de áreas produtivas ou a conversão de novas áreas ambientalmente protegidas para a confecção de sistemas de WC. Como exemplo, pode-se empregar uma propriedade com 1 ha de lâmina d'água de produção de peixes, na qual uma área de no mínimo 0,1 ha deve ser destinada para a construção do sistema de WC, o que corresponde a 10% da área produtiva. No município de Pindamonhangaba (local da presente área de estudo), segundo os dados disponíveis no sistema SITE AQUICULTURA<sup>3</sup>, o custo da compra da área de 1 ha em 2019, variou entre R\$ 23.151 e R\$ 35.988, ou seja, o custo médio da compra de 0,1 hectare seria

<sup>3</sup> <https://www.embrapa.br/site-aquicultura>

de R\$ 2.956,95, e a estes valores ainda deveriam ser acrescidos o custo para a confecção das *wetlands* construídas e os impostos territoriais acrescidos anualmente ao COT. Esses valores são superiores aos R\$ 1.541,67, observados para a confecção dos sistemas de IFAs.

## CONCLUSÕES

O sistema de ilhas flutuantes artificiais (IFAs) se apresenta como uma ferramenta economicamente viável e sinaliza que a atividade de aquicultura pode ser realizada com baixo impacto ambiental. Os resultados deste estudo mostram que, mesmo com o emprego das IFAs, há possibilidade de expansão da produção sobre o investimento inicial (custo fixo), diminuição dos custos de produção ao longo do processo e a economia circular, onde o sistema de produção pode gerar agregados econômicos na reutilização de insumos. Os indicadores favoráveis de rentabilidade financeira do empreendimento aquícola, com a utilização das IFAs demonstra ser economicamente viável, considerando a análise do valor presente líquido (VPL), que viabiliza a relação direta com a produção do período relacionado com a taxa interna de retorno (TIR) e a recuperação do capital investido, favorecendo o pequeno e médio produtor rural. Por fim, a comercialização das macrófitas aquáticas pode ser considerada como fonte de renda adicional aos produtores rurais.

Este estudo teve o financiamento da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo - FAPESP (Processo Nº 2018/12664-4). NASCIMENTO, R. J. agradece à Universidade Brasil pelo apoio e bolsa de mestrado no Programa de Titulação de Docentes (PTDO). Agradecemos ao Luiz Cláudio dos Santos Evangelista, Vanderson Natale Dias e a Fernanda Menezes França, pelo auxílio nas análises de campo e laboratoriais.

## REFERÊNCIAS

BIUDES, J. F. V.. **Uso de wetlands construídas no tratamento de efluente de carcinicultura**. Tese (Doutorado em Aqüicultura) - Universidade Estadual Paulista, São Paulo, 2007.

BOYD, C. E.; DABRAMO, L. R.; GLENCROSS, B. D.; HUYBEN, D. C.; JUAREZ, L. M.; LOCKWOOD, G. S.; MCNEVIN, A. A.; TACON, A. G. J.; TELETCHEA, F.; TOMASSO JR., J. R.; TUCKER, C. S.; VALENTI, W. C.. Achieving sustainable aquaculture: Historical and current perspectives and future needs and challenges. *Journal of the World Aquaculture Society*, v.51, n.3, p.578-633, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1111/jwas.12714>

BRASIL. **Resolução CONAMA no. 357, de março de 2005**. Brasília: DOU, 2005.

BRASIL. **Resolução CONAMA no. 430, de 13 de maio de 2011**. Brasília: DOU, 2011.

BRASIL. **Pesquisa pecuária municipal**. Rio de Janeiro: IBGE, 2016.

CARBALLEIRA, T.; RUIZ, I.; SOTO, M.. Effect of plants and surface loading rate on the treatment efficiency of shallow

subsurface constructed wetlands. *Ecological Engineering*, v.90, p.203-214, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2016.01.038>

CRIVELANTI, L. Z.; BORIN, S.; PIRTOUSCHEG, A.; NEVES, J. E. G.; ABDÃO, E. M.. Desempenho econômico da criação de tilápias do Nilo (*Oreochromis niloticus*), em sistema de produção intensiva. *Veterinária Notícias*, Uberlândia, v.12, n.2, p. 117-122, 2006.

FAO. **The State of World Fisheries and Aquaculture 2020**. Rome: FAO, 2020.

SOCORRO, J. D. F.; PINTO, C. S. M.; VERANI, J. R.; SILVA, A. L.. Custo operacional de produção da criação de tilápias vermelha da flórida e tailandesa em tanques-rede de pequeno volume. *Informações Econômicas*, São Paulo, v.36, n.10, p.71-79, 2006.

FURLANETO, F. P. B.; AYROZA, D. M. M. R.; AYROZA, L. M. S.. Custo e rentabilidade da produção de tilápia (*Oreochromis spp.*) em tanque-rede no médio Paranapanema, Estado de São Paulo, safra 2004/05. *Informações Econômicas*, São Paulo, v.36, n.3, 2006.

HENARES, M. N. P.; CAMARGO, A. F. M.. Treatment efficiency of effluent prawn culture by wetland with floating aquatic macrophytes arranged in series. **Brazilian Journal of Biology**, São Carlos, v.74, p.906-912, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1590/1519-6984.10413>

HUBBARD, R. K.; GASCHO, G. J.; NEWTON, G. L.. Use of floating vegetation to remove nutrients from swine lagoon wastewater. **Transactions of the ASABE**, Michigan, v.47, n.6, p.1963-1972, 2004. DOI: <https://doi.org/10.13031/2013.17809>

KOCH, J. F. A.; ESPERANCINI, M. S. T.; BARROS, M. M.; CARVALHO, P. L. P. F.; FERNANDES, A. C. J.; TEIXEIRA, C. P.; PEZZATO, L. E.. Avaliação econômica da alimentação de tilápias em tanques-rede com níveis de proteína e energia digestíveis. **Boletim do Instituto de Pesca**, São Paulo, v.40, n.4, p.605-616, 2014.

LI, S.; MUBASHAR, M.; QIN, Y.; NIE, X.; ZHANG, X.. Aquaculture waste nutrients removal using microalgae with floating permeable nutrient uptake system (FPNUS). **Bioresource Technology**, v.347, 126338, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2021.126338>

LOUREIRO, J. P. B.; SANTOS, L. S.; ROCHA, J. T. N.; SOARES, L. C. C.. Análise da viabilidade econômica da piscicultura em tanque escavado: estudo de caso no município de Tomé-Açu. **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais**, Aracaju, v.12, n.4, p.590-597, 2021. DOI: <http://doi.org/10.6008/CBPC2179-6858.2021.004.0045>

LYNCH, J.; FOX, L. J.; OWEN, J. S.; SAMPLE, D. J.. Evaluation of commercial floating treatment wetland technologies for nutrient remediation of stormwater. **Ecological Engineering**, v.75, p.61-69, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2014.11.001>

MA, C.; QIAO, Y.; BIN, L.; YAO, Y.. Performance of hybrid-constructed floating treatment wetlands in purifying urban river water: A field study. **Ecological Engineering**, v.171, e106372, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2021.106372>

MATSUNAGA, M.; BEMELMANS, P. F.; TOLEDO, P. D.; DULLEY, R. D.; OKAWA, H.; PEDROSO, I. A.. Metodologia de custo de produção utilizada pelo IEA. **Agricultura em São Paulo**, São Paulo, v.23, n.1, p.123-139, 1976.

MERCANTE, C. T. J.; OSTI, J. A. S.; MORAES, M. A. B.; DO CARMO, C. F.. A importância do fósforo na produção ambientalmente sustentável em aquicultura continental. In: CORDEIRO, C. A. M.. **Ciência e Tecnologia do Pescado: Uma Análise Pluralista**. São Paulo: Científica Digital, 2020. p.12-30.

OSTI, J. A. S.; DO CARMO, C. F.; CERQUEIRA, M. A. S.; GIAMAS, M. T. D.; PEIXOTO, A. C.; VAZ, A. M. S.; MERCANTE, C. T. J.. Nitrogen and phosphorus removal from fish farming effluents using artificial floating islands colonized by *Eichhornia crassipes*. **Aquaculture Reports**, v.17, p.e100324, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.aqrep.2020.100324>

OSTI, J. A. S.; HENARES, M. P.; CAMARGO, A. F. M.. A comparison between free-floating and emergent aquatic macrophytes in constructed wetlands for the treatment of a fishpond effluent. **Aquaculture Research**, v.49, p.3468-3476, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1111/are.13813>

SARKER, U.; ISLAM, M. T.; RABBANI, M. G.; OBA, S.. Genotypic diversity in vegetable amaranth for antioxidant, nutrient and agronomic traits. **Indian Journal of Genetics and Plant Breeding**, v.77, p.173-176, 2017. DOI: <https://doi.org/10.5958/0975-6906.2017.00025.6>

SEMMAR, N.. **Native Statistics for Natural Sciences Nova Science Publishers**. New York: Nova Science Publishers, 2013.

SIPAÚBA, L. H. T.. **Uso racional da água em aquicultura**. Jaboticabal: Funep, 2013.

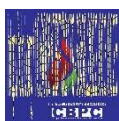
SOMPRASERT, S.; MUNGKUNG, S.; KREETACHAT, N.; IMMAN, S.; HOMKLIN, S.. Implementation of an Integrated Floating Wetland and Biofilter for Water Treatment in Nile Tilapia Aquaculture. **Journal of Ecological Engineering**, Lublin, v.22, n.8, 2021. DOI: <https://doi.org/10.12911/22998993/140267>

TURCO, P. H. N.; DONADELLI, A.; SCORVO, A. M. D. F.; SCORVO, J. D. F.; TARSITANO, M. A. A.. Análise econômica da produção de tilápia em tanques rede de pequeno volume. **Informações Econômicas**, São Paulo, v.44, p.5-11, 2014.

VALENTI, W. C.; KIMPARA, J. M.; PRETO, B. D. L.; MORAES-VALENTI, P.. Indicators of sustainability to assess aquaculture systems. **Ecological indicators**, v.88, p.402-413, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2017.12.068>

Os autores detêm os direitos autorais de sua obra publicada. A CBPC – Companhia Brasileira de Produção Científica (CNPJ: 11.221.422/0001-03) detêm os direitos materiais dos trabalhos publicados (obras, artigos etc.). Os direitos referem-se à publicação do trabalho em qualquer parte do mundo, incluindo os direitos às renovações, expansões e disseminações da contribuição, bem como outros direitos subsidiários. Todos os trabalhos publicados eletronicamente poderão posteriormente ser publicados em coletâneas impressas ou digitais sob coordenação da Companhia Brasileira de Produção Científica e seus parceiros autorizados. Os (as) autores (as) preservam os direitos autorais, mas não têm permissão para a publicação da contribuição em outro meio, impresso ou digital, em português ou em tradução.

Todas as obras (artigos) publicadas serão tokenizadas, ou seja, terão um NFT equivalente armazenado e comercializado livremente na rede OpenSea ([https://opensea.io/HUB\\_CBPC](https://opensea.io/HUB_CBPC)), onde a CBPC irá operacionalizar a transferência dos direitos materiais das publicações para os próprios autores ou quaisquer interessados em adquiri-los e fazer o uso que lhe for de interesse.



Os direitos comerciais deste artigo podem ser adquiridos pelos autores ou quaisquer interessados através da aquisição, para posterior comercialização ou guarda, do NFT (Non-Fungible Token) equivalente através do seguinte link na OpenSea (Ethereum).

*The commercial rights of this article can be acquired by the authors or any interested parties through the acquisition, for later commercialization or storage, of the equivalent NFT (Non-Fungible Token) through the following link on OpenSea (Ethereum).*



<https://opensea.io/assets/ethereum/0x495f947276749c646f68ac8c248420045cb7b5e/44951876800440915849902480545070078646674086961356520679561157812099894738945/>