

**UNIVERSIDADE BRASIL
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AMBIENTAIS
CAMPUS ITAQUERA**

ROOSEVELT JOSE DO NASCIMENTO

**AVALIAÇÃO ECONÔMICA DA APLICAÇÃO DE SISTEMAS DE ILHAS
FLUTUANTES ARTIFICIAIS VISANDO A ADEQUAÇÃO AMBIENTAL
DE EFLUENTES DE EMPREENDIMENTOS AQUÍCOLAS**

**ECONOMIC EVALUATION OF THE APPLICATION OF ARTIFICIAL
FLOATING ISLANDS SYSTEMS AIMING AT THE ENVIRONMENTAL
SUITABILITY OF AQUACULTURE EFFLUENTS**

São Paulo – SP
2020



PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AMBIENTAIS

ROOSEVELT JOSE DO NASCIMENTO

**AVALIAÇÃO ECONÔMICA DA APLICAÇÃO DE SISTEMAS DE ILHAS
FLUTUANTES ARTIFICIAIS VISANDO A ADEQUAÇÃO AMBIENTAL
DE EFLUENTES DE EMPREENDIMENTOS AQUÍCOLAS**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais da Universidade Brasil, como parte dos requisitos necessários para obtenção do título de Mestre em Ciências Ambientais.

Prof. Dr. João Alexandre Saviolo Osti
Orientador

São Paulo – SP
2020

FICHA CATALOGRÁFICA

N198a Nascimento, Roosevelt Jose do.
Avaliação econômica da aplicação de sistemas de ilhas flutuantes artificiais visando a adequação ambiental de efluentes de empreendimentos aquícolas/ Roosevelt Jose do Nascimento. São Paulo – SP: [s.n.], 2020.
53 p.: il.; 29,5cm.

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós Graduação em Ciências Ambientais da Universidade Brasil, como complementação dos créditos necessários para obtenção do título de Mestre em Ciências Ambientais.

Orientador: Prof. Dr. João Alexandre Saviolo Osti

1.Economia. 2.Biorremediação. 3.Indicadores Ambientais.
4.Meio Ambiente. 5.Sustentabilidade. I.Título.

CDD 639.310981

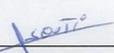


TERMO DE APROVAÇÃO

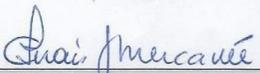
ROOSEVELT JOSÉ DO NASCIMENTO

**“AVALIAÇÃO ECONÔMICA DA APLICAÇÃO DE SISTEMAS DE ILHAS FLUTUANTES
ARTIFICIAIS VISANDO A ADEQUAÇÃO AMBIENTAL DE EFLUENTES DE
EMPREENDIMENTOS AQUÍCOLAS”**

Dissertação aprovada como requisito parcial para obtenção do título de **Mestre**
no Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais da Universidade Brasil,
pela seguinte banca examinadora:


Prof(a). Dr(a). João Alexandre Saviolo Osti (presidente-orientador)


Prof(a). Dr(a). Juliana Heloisa Pinê Américo Pinheiro (Universidade Brasil)


Prof(a). Dr(a). Cacilda Thais Janson Mercante (Instituto de Pesca)

Fernandópolis, 11 de dezembro de 2020
Presidente da Banca Prof.(a) Dr.(a) João Alexandre Saviolo Osti



Termo de Autorização

Para Publicação de Dissertações e Teses no Formato Eletrônico na Página WWW do Respetivo Programa da Universidade Brasil e no Banco de Teses da CAPES

Na qualidade de titular(es) dos direitos de autor da publicação, e de acordo com a Portaria CAPES no. 13, de 15 de fevereiro de 2006, autorizo(amos) a Universidade Brasil a disponibilizar através do site <http://www.universidadebrasil.edu.br>, na página do respectivo Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu*, bem como no Banco de Dissertações e Teses da CAPES, através do site <http://bancodeteses.capes.gov.br>, a versão digital do texto integral da Dissertação/Tese abaixo citada, para fins de leitura, impressão e/ou *download*, a título de divulgação da produção científica brasileira.

A utilização do conteúdo deste texto, exclusivamente para fins acadêmicos e científicos, fica condicionada à citação da fonte.

Título do Trabalho: "AVALIAÇÃO ECONÔMICA DA APLICAÇÃO DE SISTEMAS DE ILHAS FLUTUANTES ARTIFICIAIS VISANDO A ADEQUAÇÃO AMBIENTAL DE EFLUENTES DE EMPREENDIMENTOS AQUÍCOLAS"

Autor(es):

Discente: Roosevelt José do Nascimento

Assinatura: _____

Orientador: João Alexandre Saviolo Osti

Assinatura: _____

Data: 11/dezembro/2020

AGRADECIMENTOS

A Universidade Brasil ao apoio e bolsa de mestrado no Programa de Titulação de Docentes (PTDO), e ao incentivo aos docentes da Faculdade de Mauá - Fama.

A Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo - FAPESP (Processo Nº 2018/12664-4) pelo apoio e financiamento da pesquisa.

Ao Prof. Dr. Luiz Sérgio Vanzela, Coordenador do curso, pelas orientações, ensinamentos e apoio.

A secretaria acadêmica da Universidade Brasil, em menção a Ecreziana Santos da Silva, gratidão infinita.

Ao Prof. Dr. João Alexandre Saviolo Osti; orientador exímio; com humildade; sabedoria, confiança, paciência, conselhos (“respire fundo”), ao dimensionar a elucidação dos estudos, correlacionando aos momentos da vida, em mensurar o cotidiano do período.

A Prof^a. Ma. Delma Gonçalves e Prof. Vicente Donizetti na convivência, dedicação e carinho, a amizade de alguns anos!

As adoráveis: minha irmã de todos os minutos, Prof^a. Rosicler Maria do Nascimento, minha esposa Prof^a. Nelira Miguel, na continuação da vida!

A minha mãe. Zilda Aceville do Nascimento! Eterna luz.

RESUMO

A necessidade de se tratar o efluente da aquicultura visa atender às exigências das novas legislações e às pressões de órgãos ambientais e da própria sociedade. Estudos que abordem a preservação do meio ambiente e confrontem com os indicadores econômicos são fundamentais para o sucesso da atividade, uma vez que são itens indispensáveis para sustentabilidade da aquicultura. O objetivo deste trabalho foi aplicar diferentes indicadores econômicos como ferramenta para avaliar a viabilidade da implantação de sistemas de ilhas flutuantes artificiais (IFAs), utilizados para minimizar os impactos ambientais causados pelo lançamento de efluentes de piscicultura. 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. Os custos com ração foi o principal parâmetro que afetou os custos de produção, 63,10% para IFAs e 60,12% para sem IFAs. A implantação das estruturas aumentou em 4,73% os custos de produção. O estudo mostrou que a rentabilidade econômica foi positiva para ambos sistemas de produção. Os resultados encontrados neste estudo, mostram que as estruturas de IFAs são ferramentas voltadas a sustentabilidade dos viveiros de piscicultura, com investimentos de baixo custo e manutenção e que buscam adequação com a leis ambientais, atendendo as necessidades ao pequeno e médio produtor rural.

Palavras-chave: Economia. Biorremediação. Indicadores ambientais. Meio ambiente. Sustentabilidade.

ABSTRACT

The need to treat the aquaculture effluent aims to meet the requirements of the new legislation and the pressure from environmental agencies and society itself. 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 (IFAs), 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 IFAs, in triplicates) along a semi-intensive production cycle of Nile tilapia. The average values of the production cost 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 costs were the main parameter that affected production costs, 63.10% for IFAs and 60.12% for without IFAs. The implementation of the structures increased production costs by 4.73%. The study showed that the economic profitability was positive for both production systems. The results found in this study show that the structures of IFAs are tools aimed at the sustainability of fish farming ponds, with low-cost investments and maintenance and that seek adaptation to environmental laws, meeting the needs of small and medium rural producers.

Keywords: Economy. Bioremediation. Environmental indicators. Environment. Sustainability.

DIVULGAÇÃO E TRANSFERÊNCIA DE CONHECIMENTO

Os efluentes de piscicultura (atividade de criação de peixes em cativeiro) apresentam elevadas concentrações de nutrientes (principalmente nitrogênio e fósforo) gerados especialmente pelas sobras de ração não consumidas ou convertidas em biomassa pelos peixes, o lançamento sem tratamento deste efluente em corpos d'água receptores (rios, riachos, córregos) tem sido um entrave para a regularização ambiental destes empreendimentos aquícolas, assim tecnologias que busquem a adequação destes efluentes às normas e padrões da legislação ambiental para lançamento desses resíduos, são fundamentais para o sucesso da atividade. O presente estudo aborda os aspectos econômicos da produção de tilápias, sobretudo para produções que buscam novas tecnologias, auxiliando no desenvolvimento sustentável da atividade de aquicultura, notadamente para os pequenos e médio produtores rurais. Assim, neste trabalho, analisamos e discutimos a viabilidade econômica do uso da tecnologia de ilhas flutuantes artificiais (IFAs) colonizadas com plantas aquáticas do tipo aguapé que visa melhorar a qualidade da água do efluentes de viveiros escavados utilizados para a criação de peixes. Os resultados demonstram que a estrutura foi eficiente na remoção de nitrogênio e fósforo reduzindo a carga lançada pelo efluente advindo da piscicultura. Neste estudo verificamos que a ração é o principal custo da produção de peixes, representando entre 60,12 e 63,10% dos custos de produção. A implantação das estruturas aumentou em 4,73% os custos de produção. O estudo mostrou que a rentabilidade econômica foi positiva para ambos sistemas de produção. Os resultados encontrados neste estudo, mostram que as estruturas de IFAs são ferramentas voltadas a sustentabilidade da atividade de piscicultura em viveiros escavados, com investimentos de baixo custo e manutenção e que buscam adequação com a leis ambientais, atendendo as necessidades ao pequeno e médio produtor rural.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Tilápia.....	21
Figura 2 - Produção mundial de pesca de captura (extrativista) e aquicultura.....	22
Figura 3 - Disponibilidade de água doce e produção aquícola.....	22
Figura 4 - Mercado mundial de proteína animal.....	23
Figura 5 - Produção nacional de tilápias.....	25
Figura 6 - Localização da área de estudo.....	31
Figura 7 - Detalhe das ilhas flutuantes artificiais.....	33
Figura 8 - Sistema de engorda.....	34
Figura 9 - Representação percentual dos custos de produção.....	38
Figura 10 - Representação dos custos operacionais.....	39

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Dados do desenvolvimento zootécnico.....	34
Tabela 2 - Custo total de produção em viveiros escavados em sistema de ilhas flutuantes artificias e em sistema sem ilhas flutuantes artificiais.....	37
Tabela 3 - Produção, preço de venda, custo operacional em viveiros escavados em sistema de ilhas flutuantes artificias e em sistema sem de ilhas flutuantes artificiais.....	39

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	13
2 OBJETIVOS.....	19
2.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	19
3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	20
3.1 ESPÉCIE ALVO DE ESTUDO.....	20
3.2 PRODUÇÃO AQUÍCOLA MUNDIAL.....	22
3.3 PRODUÇÃO AQUÍCOLA NACIONAL.....	23
3.4 EFLUENTES DA AQUICULTURA.....	25
3.5 SISTEMAS DE FITORREMEDIAÇÃO.....	26
3.6 SISTEMAS DE ILHAS FLUTUANTES ARTIFICIAIS.....	28
3.7 DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO DA AQUICULTURA.....	29
4 METODOLOGIA.....	31
4.1 ÁREA DE ESTUDO.....	31
4.2 SISTEMA DE PRODUÇÃO.....	31
4.3 DIMENSIONAMENTO DAS ILHAS FLUTUANTES ARTIFICIAIS.....	32
4.4 INDICADORES ZOOTÉCNICOS.....	34
4.5 INDICADORES ECONÔMICOS.....	35
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	37
5.1 RESULTADOS.....	37
5.2 DISCUSSÃO.....	41
6 CONCLUSÃO.....	43
REFERÊNCIAS.....	44
ANEXO A - Planilha de cálculo de investimentos com ilhas flutuantes artificiais.....	49

ANEXO B - Planilha de cálculo de investimentos sem ilhas flutuantes artificiais.....51

1 INTRODUÇÃO

A relevância econômica, em relação ao crescimento da população mundial, a preocupação com a segurança alimentar e a relação com a sustentabilidade ambiental estão entre os principais desafios a serem enfrentados pelos países para as próximas décadas (FAO 2016), para o ano de 2050, estima-se que a população mundial seja de 9 bilhões de pessoas e, para alimentar essa população, a produção anual de carnes deverá ter acréscimos exponenciais em mais de 200 milhões de toneladas, até alcançar os 470 milhões. O Brasil, um dos principais agentes no mercado internacional de carnes, junto com a China, a União Europeia e os Estados Unidos, não somente na produção de carnes bovina, suína e de frango, mas também na produção de pescado, o crescimento destas produções é primordial para superar o déficit alimentar mencionado.

A produção de organismos aquáticos em cativeiro (atividade conhecida como 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). Dados do relatório do Banco Mundial (2013), referem-se que cerca de 62% dos peixes para o consumo humano virão da aquicultura até 2030. Neste contexto, a FAO, confere ao Brasil, um papel de potencial produtor aquícola, atribuindo ao país uma produção esperada de 20 milhões de toneladas por ano, a serem produzidas até 2030. As estimativas apontam a aquicultura como o setor produtor de alimentos que mais crescerá no mundo. Os dados da FAO (2020) evidenciam o crescimento da aquicultura, que já representa 73,8 milhões de toneladas de pescado no mundo, ou seja, cerca de 44% da produção mundial.

O continente asiático é principal produtor mundial de pescado, representado principalmente pela China, Índia, Vietnã e Bangladesh, e foi responsável por 89% da produção de todo pescado proveniente da aquicultura com aproximadamente 65 milhões de toneladas, sendo somente a China responsável por cerca de 60% dessa produção (FAO, 2016).

Inserindo o continente americano, a produção foi de aproximadamente 1,7 milhões de toneladas, sendo estimado 2,3% de toda produção mundial de pescado

proveniente de aquicultura. O Chile, como principal produtor sul americano, com a produção em torno de 1,2 milhões de toneladas, tendo obtido aproximadamente 1,6% da produção mundial (FAO, 2016). De acordo com os dados da FAO (2016), o Brasil é o segundo maior produtor da América do Sul destacando-se no cenário mundial e desponta entre os 25 principais produtores mundiais de organismos aquáticos, ocupando a 14ª posição, podendo ser um dos poucos países que virão atender à crescente demanda por pescado e derivados. Ainda segundo os dados da FAO (2016), a produção aquícola brasileira contribuiu com cerca de 562,5 mil toneladas, gerando R\$ 3,87 bilhões (IBGE, 2015). Desse modo, acredita-se que na próxima década haja um crescimento de 104% dessa produção (FAO, 2016).

No Brasil, a atividade de aquicultura encontra-se em franco desenvolvimento com uma taxa de crescimento de 4,9% entre os anos 2018 e 2019, produzindo 758.006 toneladas (PEIXE-BR 2020), sendo os setores mais representativos da produção nacional de pescado a criação de peixes (atividade conhecida como piscicultura) e de camarões (atividade conhecida como carcinicultura), representando 69,9% e 20,6%, respectivamente, da produção nacional (IBGE, 2016).

Ao analisar a expansão da produção aquícola no país, é preciso entender todo o contexto em que a atividade se encontra inserida e seus aspectos econômicos e financeiros, desde sua introdução (mensuração) na década de 1970 até os ganhos de mercado e consolidação no início dos anos 2000. Isto porque, entre os anos de 2002 e 2005 foram implantados os primeiros frigoríficos de tilápia e que tinham como objetivo principal o mercado externo. Com a valorização do Real frente ao Dólar a partir de 2005 e a crise econômica mundial em 2008, o pescado cultivado foi ganhando mais espaço e aceitação também no mercado interno (KUBITZA, 2015).

Nos últimos anos a aquicultura nacional desponta como uma atividade emergente na cadeia produtiva de carnes, segundo Kubitzza (2015), apesar do país ser um grande produtor de frangos, bovinos e suínos, a aquicultura foi o setor de carnes que apresentou maior pontos percentuais na produção entre 2004 e 2014, com crescimento médio anual de quase 8%, contra 5,1% para bovinos, 4,1% para o frango e 2,9% para suínos. Ainda observa que a indústria de produção de tilápia, enquanto a produção de peixes (piscicultura) cresceu em torno de 10%, no período de 2004 a 2014, a produção de tilápia teve acréscimo na ordem de mais de 14%. Atualmente, os

dados da PeixeBr (2020) mostram que a tilápia representa 57% da produção nacional, o que faz do país como o 4^o maior produtor desta espécie.

Devido às condições de boa adaptação a diferentes ambientes, a produção brasileira vem se especializando na criação e na produção da tilápia, transformando-a na principal espécie aquícola. O Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) incluiu, a partir de 2013, a aquicultura na sua Pesquisa Pecuária Municipal (PPM) (IBGE, 2018), e, de acordo com os dados, enquanto outras espécies oscilam, a tilápia apresenta crescimento constante, representando mais de 45% da produção de peixes em 2015, ou seja, mais de 219 mil toneladas de um total de 483 mil toneladas de pescado. A tendência é que, de acordo com o crescimento demonstrado, esta espécie passe a ter mais espaço na produção nacional, por meio da busca de mercado interno, bem como nas exportações para o mercado externo.

Embora crescente, o principal desafio da atividade de aquicultura na atualidade está relacionado com questões de sustentabilidade ambiental, econômica e social, uma vez que a pressão relacionada à conversão de novas 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 empecilho para o futuro da atividade (VALENTI, 2000; BOYD et al., 2020), desta forma reduzir os impactos causados pela atividade de aquicultura visa atender às exigências das novas legislações e às pressões de órgãos ambientais e da própria sociedade (BOYD, 2003).

Isto porque, embora fornecendo vários benefícios, a aquicultura ainda é uma das atividades mais questionadas por ambientalistas (FROEHLICH et al., 2017; NAYLOR et al., 2000), muitas vezes em função do sistema de produção como o monocultivo arraçoado, em virtude dos grandes volumes de ração que são fornecidos, não consumidos e/ou não incorporados na biomassa dos organismos para a poluição dos corpos de água (NAYLOR et al., 2000), a introdução de espécies exóticas, que pode trazer patógenos às espécies locais, bem como, a competição de alimentos em caso de escapes, colaborando com a diminuição e perda da biodiversidade aquática local (FERREIRA et al., 2011).

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. Isto se deve ao fato

que 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 (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.

Uma forma de adequação dos efluentes de viveiros de aquicultura é por meio da tecnologia de wetlands construídas (WC's). Quando comparados com sistemas convencionais de tratamento de efluente, as WC's são alternativas de mais baixo custo e de simples operação e manutenção, e apresentam grande eficiência na remoção de matéria orgânica de viveiros de aquicultura (SCHULZ et al., 2003; LIN et al., 2005; HENRY-SILVA e CAMARGO, 2008; CARBALLEIRA et al., 2016; OSTI et al., 2018), entretanto, estudos apontam há necessidade de uso de ao menos 10% da área de produção para a implantação das WC's (BIUDES, 2007; HENARES e CAMARGO 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 WC's. 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 economicamente viável para melhoria da qualidade da água do efluente oriundo da atividade de aquicultura continental.

Os sistemas de IFAs tem sido testado em diferentes países com a finalidade de controle da poluição de efluente das mais variadas fontes, como de resíduos de suinocultura (HUBBARD et al., 2004); nos sistemas de drenagem de água pluviais (HEADLEY e TANNER 2006; LYNCH et al., 2015); em locais de bacias de drenagem de minas ácidas (GUPTA et al., 2020) e mais recentemente no controle do lançamento de nutrientes por efluentes de piscicultura (OSTI et al., 2020). Em comum, os estudos mostram que a tecnologia de IFAs tem se tornado uma opção viável ambientalmente na remoção de nutrientes e metais da água e/ou na retenção do material particulado em suspensão, assim, estudos complementares que avaliem a viabilidade econômica destes sistemas de tratamento são fundamentais para o sucesso da implementação da tecnologia, uma vez que estão diretamente relacionados sobre os recursos a serem aplicados em um empreendimento, como também do dimensionamento dos

investimentos preconizados em capital futuro e ou na capacidade de saldar dívidas e compromissos (ASSAF NETO, 2010).

A utilização dos indicadores econômicos é fundamental para o desenvolvimento de projetos na aquicultura, pois auxiliam os empreendedores no planejamento, controle e tomada de decisões da atividade (AYROZA et al., 2011). Estes indicadores devem ser considerados em observação ao crescimento do sistema de produção de peixes, e em especial a tilápia-do-nylo, que por suas características de rusticidade, adaptada à variados métodos de criação e por apresentarem a relação custo benefício referente ao índice de lucratividade do empreendimento, os métodos utilizados e análises dos custos de produção devem ser propostos de forma a elucidar o investimento sem o qual, como qualquer investimento, pode prenunciar o fracasso da atividade (TOMAZELLI JUNIOR e CASACA, 2001).

Desta forma, projetos voltados ao desenvolvimento de tecnologias de aquicultura integrada que melhoram o uso dos recursos naturais e reduzam os impactos ambientais causados pela atividade e que este sejam confrontados com indicadores econômicos da produção, são indispensáveis para o desenvolvimento sustentável da aquicultura (VALENTI et al., 2018).

A produção aquícola pode ser realizada dentro das boas práticas de manejo (BMP) (CHOPIN et al., 2001). Desse modo, a aquicultura moderna se inserida dentro do conceito de sustentabilidade, pode oferecer a sustentabilidade social, ambiental e econômica. Componentes esses que formam os três pilares da sustentabilidade, sendo essenciais e não dissociáveis para que a atividade continue estável, visto que a aquicultura é uma atividade que utiliza recursos naturais, manufaturados e humanos, no entanto estes recursos devem ser usados de formada melhor forma possível e racional para que a atividade seja duradoura e lucrativa. Portanto, existe um ciclo entre a produção e o desenvolvimento sustentável, já que a sociedade e a economia dependem dos recursos gerados pelo meio ambiente (VALENTI et al., 2018).

Nesse sentido, a observação de oportunidade no investimento de empreendimento aquícola, torna-se um agregado econômico importante na economia nacional e local, fato que adotado como política pública; o empreendimento não se restringe apenas à produção de alevinos e à ração animal, concentra-se também outros setores de atividade complementar a cadeia produtiva, como o setor a de insumos, de processamento, sistemas produtivos, agroindústria, comercialização e mercado consumidor, também concerne na geração de empregos diretos e indiretos,

renda, impostos, entre outros, por ser uma atividade que pode ser controlada, organizada com o objetivo de exploração produtiva, econômica e financeira, correlacionada ao desenvolvimento e crescimento econômico sustentável do empreendimento.

2 OBJETIVOS

Avaliar se a tecnologia de biorremediação por ilhas flutuantes artificiais (IFAs) que visam a adequação ambiental de efluentes de viveiro de piscicultura são economicamente viáveis para os produtores rurais, para tanto foram utilizados diferentes indicadores econômicos de sustentabilidade aquícola para a produção de tilápia-do-nilo em viveiros escavados.

2.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Investigar os principais custos da produção de tilápia-do-nilo em viveiros escavados.
- Verificar os custos da confecção do sistema de ilhas flutuantes artificiais.
- Testar diferentes indicadores de sustentabilidade econômica afim de avaliar o sistema de produção de tilápias com a implementação de ilhas flutuantes artificiais.

3 REVISÃO DA LITERATURA

3.1 ESPÉCIE ALVO DE ESTUDO

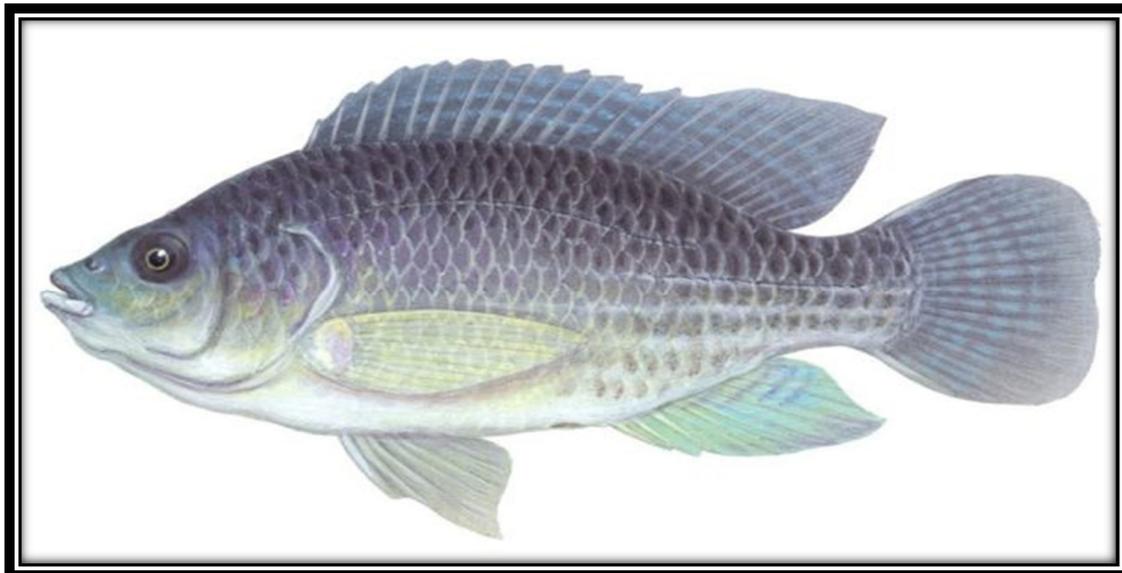
A espécie *Oreochromis niloticus* (LINNAEUS 1758) é oriunda da bacia hidrográfica do rio Nilo na África, por este motivo recebe o nome de tilápia-do-nilo. É caracterizada por apresentar listras verticais na nadadeira caudal de coloração metálica, o corpo curto e alto, a cabeça e a cauda são pequenas (ver **Figura 1**) e, quando alevino apresenta um colorido metálico em tom verde azulado na cabeça (HERMANN, 1997).

Tipicamente tropicais, adaptam-se entre 27,0 e 32,0°C, para abaixo ou para cima destas temperaturas, nota-se redução do apetite, consumo e crescimento. Abaixo de 18°C, o sistema imunológico das tilápias é afetado. Para estes peixes, temperaturas entre 8,0 e 14,0°C são letais, considerando-se a espécie, a linhagem e as condições dos peixes e do ambiente (KUBITZA, 2000). Entre os diversos fatores que afetam o desenvolvimento do peixe, a temperatura tem o efeito mais significativo em seu crescimento e desenvolvimento, influenciando nas funções dos tecidos e nas estruturas vitais (MARTELL et al., 2005).

Atualmente fazendo-se presente na África, Ásia, Europa e América do Norte e do Sul, a tilápia, foi a espécie que mais imigrou e migrou territorialmente, constituindo habitats e biótopos diferentes nas mais distantes e diversas partes do mundo, sendo considerado um peixe cosmopolita. Habitando continentes diferentes, modificou-se aspectos físicos e hábitos pela necessidade de se adaptar e sobreviver ao clima, temperatura, entre outros fatores do ponto de vista biológico (SNA, 2020).

Dentro das características que indicam o potencial para a criação e industrialização comercial da espécie, destacam-se excelente conversão de proteína vegetal em animal, baixo custo comparativo de produção, desova parcelada ao longo do ano, bem como sua resistência às doenças, às altas temperaturas, à baixa concentração de oxigênio dissolvido e à alta concentração de amônia na água (MACINTOSH & LITTLE, 1995; PHELPS e POPMA, 2000).

Figura 1 - Tilápia



Fonte: (Fierp.org.br)

3.2 PRODUÇÃO AQUÍCOLA MUNDIAL

Dados do relatório anual da FAO (2018) a piscicultura é a atividade que mais cresce no mundo (**Figura 2**). A produção pesqueira mundial, incluindo: peixes, crustáceos, moluscos e outros animais aquáticos, foi da ordem de 171 milhões de toneladas, com um valor comercial de US\$ 362 milhões de dólares. Os peixes de água doce e salgada contribuíram com 54.1 % milhões de toneladas. A tilápia participou com 4.5 milhões de t, ou seja 8.8 % da produção mundial. O avanço da produção, principalmente, nos trópicos, está relacionado ao melhoramento genético e os avanços científicos tecnológicos da biotecnologia, destacando nesse particular a reprodução artificial desenvolvida principalmente na China, Japão, Índia, Tailândia e no Egito, os grandes produtores internacionais (**Figura 3**).

Figura 2 - Produção mundial da pesca de captura (extrativista) e aquicultura

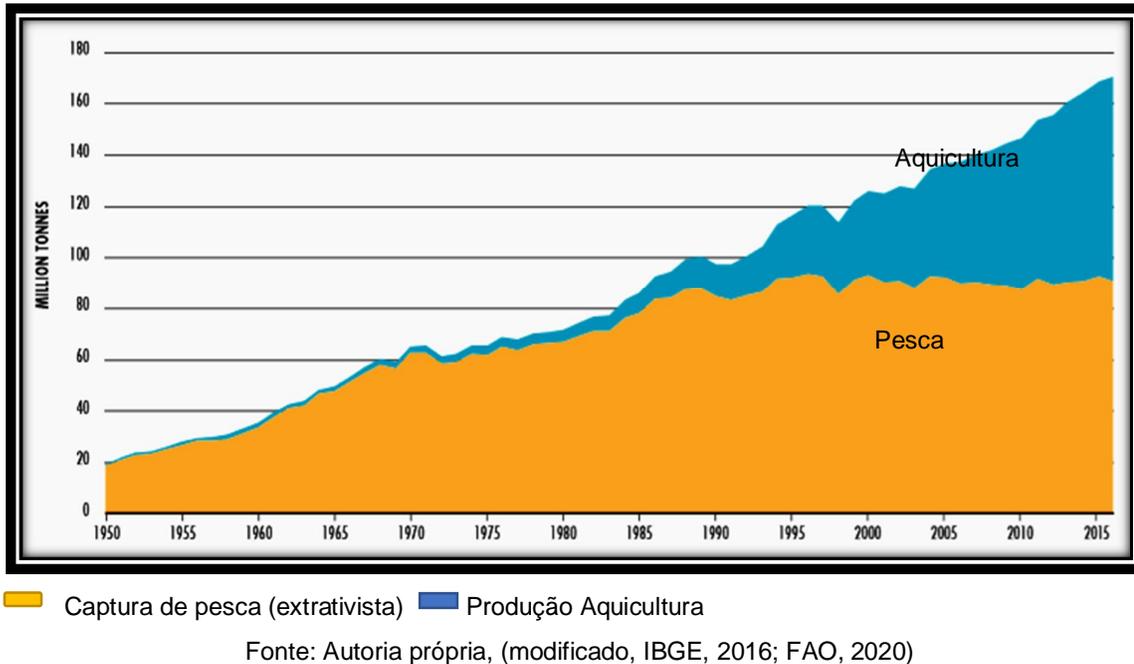
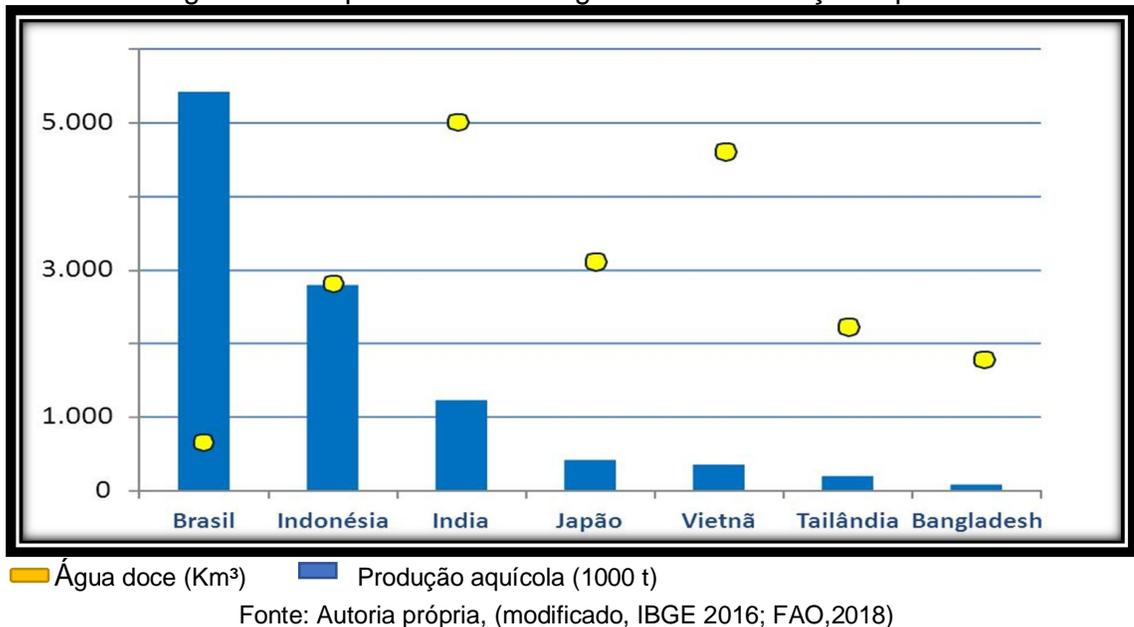


Figura 3 – Disponibilidade de Água doce e Produção aquícola



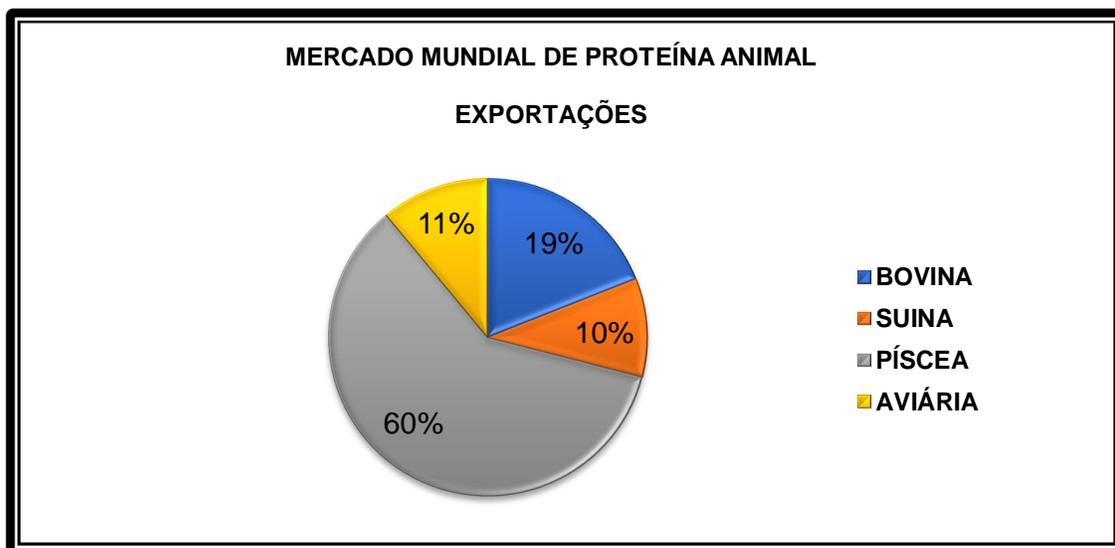
O potencial de crescimento da aquicultura em todo o mundo é significativo, uma vez que a tecnologia é de fácil assimilação, a produção pode apresentar baixo custo de implantação e a atividade pode ser praticada também nos oceanos, por

representarem uma área equivalente a 70% da superfície do planeta, respondem por apenas 2% da alimentação humana (DUARTE et al., 2009).

Inserese também, o grande desafio mundial de produzir alimentos para a subsistência de uma população que segundo a ONU (2019) pode chegar a 8,5 bilhões de pessoas em 2030, estimando que a população urbana mundial terá crescimento maior do que a rural. Em 2018 a população urbana superou a rural e as projeções para os próximos 10 anos são de que a população rural sofra uma redução em -0,07% enquanto a urbana deverá crescer a uma taxa de 1,69%. Esse é um motivo de preocupação, pois exige a intensificação da produção de alimentos no campo para atender a esta demanda e os avanços tecnológicos (ONU, 2018).

Sendo o pescado, importante fonte de proteína para grande parcela da população mundial, poderá contribuir ainda mais para o atendimento de parte da crescente demanda por alimento (**Figura 4**). No entanto, as práticas predatórias de pesca vêm continuamente reduzindo os estoques naturais de pescados, o que levou ao crescimento da produção aquícola, especialmente no início dos anos 1990.

Figura 4 – Mercado Mundial



Fonte: Autoria própria com dados extraídos do IBGE (2016); FAO (2018)

3.3 PRODUÇÃO AQUÍCOLA NACIONAL

O Brasil desponta entre os 25 principais produtores de organismos aquáticos, ocupando a 14ª posição (FAO, 2016) e pode ser um dos poucos países que virão atender à crescente demanda por pescado e derivados. Segundo os dados da FAO

(2016), a produção aquícola brasileira contribuiu com cerca de 562,5 mil toneladas, gerando R\$ 3,87 bilhões (IBGE, 2015). Desse modo, acredita-se que na próxima década haja um crescimento de 104% dessa produção (FAO, 2016).

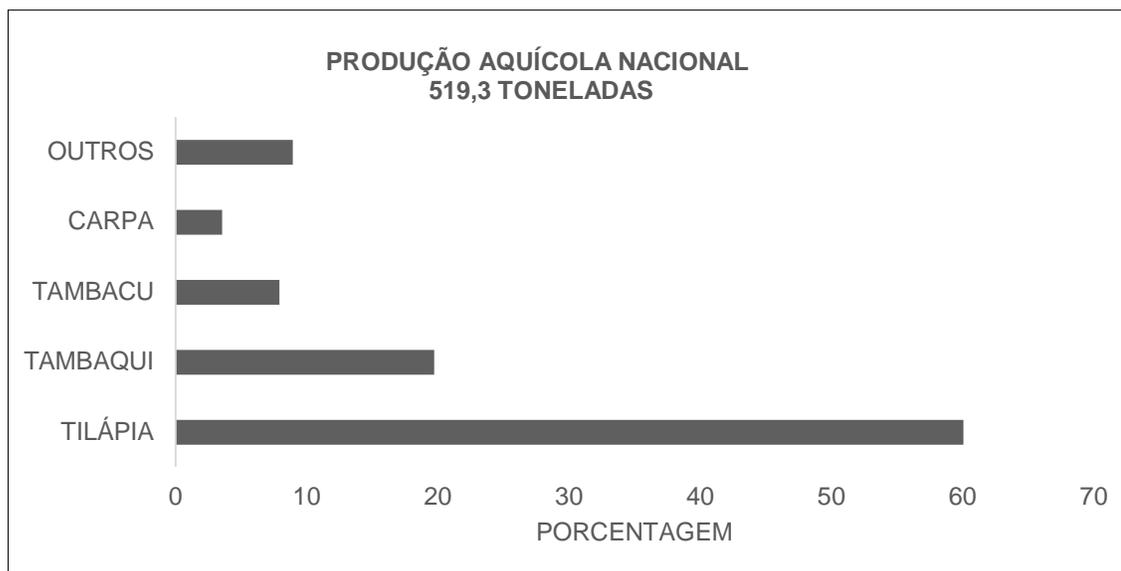
De acordo com os dados da FAO (2016), o Brasil é o segundo maior produtor da América do Sul destacando-se no cenário mundial. Desde 2004, a produção nacional (particularmente de tilápia) obteve crescimento anual de 14,2%, despontando como uma atividade emergente na cadeia produtiva de carnes.

O Brasil possui condições de se tornar um grande produtor de pescado e, portanto, aumentar a produção interna, pois possui vasta extensão marítima com 8.500 km; 12% da água doce disponível do planeta; grande volume d'água represado em reservatórios e de água subterrânea; condições climáticas favoráveis; disponibilidade de mão de obra; características de ambiente propícias à produção intensiva, localização estratégica para escoamento da produção para América do Norte, Europa e Cone Sul, além do mercado interno de diferentes classes econômicas. Entretanto, os desafios tanto para a ampliação da produção aquicultura quanto ao volume de produção, ainda são muito grandes.

Da produção brasileira de pescado, a piscicultura contribuiu em torno de 69,9% da produção nacional, e a carcinicultura com aproximadamente 20,6%, sendo estes, os setores que mais representam a produção nacional (IBGE, 2016).

Da produção da tilápia, o crescimento foi de 11,9% em relação a 2017, com 400.280 toneladas produzidas em 2018, representando (55,4%) da produção brasileira de peixes de cultivo. Entre os estados produtores, o Paraná destaca-se como maior produtor com 94%, São Paulo com 95%, Santa Catarina com 74%, Minas Gerais com 95%, e o estado da Bahia com 81%, relacionados ao total do cultivo de peixes no País (PEIXE BR, 2019). Esses estados representam aproximadamente 60% da produção nacional.

Figura 5 – Produção Nacional



Fonte: Autoria própria com dados extraídos do IBGE, Diretoria de Pesquisas, Coordenação de Agropecuária, Pesquisa da Pecuária Municipal, 2018.

3.4 EFLUENTES DA AQUICULTURA

A aquicultura vem proporcionando benefícios econômicos e sociais, porém, como qualquer outra atividade de produção animal, a preocupação de órgãos governamentais, organizações não governamentais e pesquisadores quanto aos impactos ambientais, quando é praticada sem planejamento e conhecimento adequado (GOLDBURG; TRIPLETT, 1997).

Os possíveis impactos ambientais provocados pela aquicultura, estão a redução de áreas naturais, tais como mangues e áreas costeiras alagadas para a instalação dos tanques e viveiros; espécies exóticas; a disseminação de doenças dos organismos cultivados para organismos nativos e a geração de efluentes que promovem a eutrofização dos ambientes aquáticos (BOYD, 2003).

A eutrofização tem recebido grande atenção de órgãos governamentais e pesquisadores em diversos países (SCHWARTZ; BOYD, 1994; BOYD; GAUTIER, 2000; OSTI et al., 2020). Os efluentes dos viveiros de cultivo são produzidos devido à necessidade das contínuas renovações da água dos viveiros para garantir a qualidade da água e uma maior produtividade (BOYD; QUEIROZ, 2004). Estes efluentes são enriquecidos com nitrogênio, fósforo, material particulado em suspensão e matéria orgânica (MACINTOSH et al., 2001; PÁEZ-OSUNA, 2001; COHEN et al., 2005).

Quando lançados, sem tratamento adequado, nos ecossistemas aquáticos, podem favorecer o processo de eutrofização artificial dos corpos d'água receptores destes efluentes (HENRY-SILVA et al., 2006; BIUDES, 2007; HENRY-SILVA; CAMARGO, 2008).

Os efluentes gerados pela ação do homem que são lançados na natureza através dos corpos d'água ou do ar, dividindo-se em dois tipos: líquidos ou gasosos. É público e notório que os efluentes possuem variadas fontes, o que leva a diversos tipos de tratamento. Podem ter origem doméstica ou industrial.

O maior problema ambiental no cultivo de organismos aquáticos está relacionado aos seus efluentes de grande potencial de poluição das águas naturais. Embora estes efluentes não apresentem altas concentrações de poluentes quando comparados aos efluentes industriais ou domésticos, por vezes podem conter concentrações de algumas variáveis limnológicas acima daquelas permitidas, que se torna uma fonte de poluição (BOYD; SCHIMITTOU, 1999).

O fator relacionado à descarga excessiva de nutrientes por efluente é a razão introduzida ao sistema de criação (BUREAU et al., 2003; BUREAU e HUA, 2010; WANG et al., 2012), seja diretamente pela dispersão do alimento não ingerido ou pelos produtos metabólicos gerados pelos organismos (AMIRKOLAIE, 2011). Os efluentes de piscicultura são compostos principalmente pela presença em excesso de fosfatos, nitratos, matéria orgânica e outros insumos, como antibióticos, fungicidas e hormônios (OLIVEIRA et al., 2006), podendo ser tratados de acordo com o seu grau, o que pode envolver a própria qualidade de determinado efluente antes mesmo de ser lançado no corpo que será o seu receptor.

Destaca-se ainda que as características dos efluentes dependem basicamente: da qualidade da água de abastecimento, da qualidade e da quantidade dos alimentos fornecidos, do tempo do efluente dentro dos sistemas de criação, da área de lâmina d'água, da densidade de estocagem e da biomassa dos organismos, fertilizantes, calagem, do período de descarte: período de chuva e de estiagem (Rubim, 2015). Nesse sentido, o tratamento de efluentes de tanques escavados através da fitorremediação é uma alternativa para promover a melhoria da qualidade dos efluentes gerados, minimizando seus impactos ambientais e promovendo a sustentabilidade da atividade econômica.

3.5 SISTEMAS DE FITORREMEDIAÇÃO

A fitorremediação pode ser realizada tanto em sistemas naturais (ex. rios e riachos) como em wetlands construídas (WC's). A tecnologia de tratamento de águas residuárias, conhecida como WC's, foi empregada na Alemanha por Käthe Seidel do Instituto Max Planck em 1952, usando a macrófita aquática *Scirpus lacustris* plantada sobre brita para a remoção de fenol e na redução da carga orgânica proveniente de efluente de laticínio (KADLEC e; KNIGHT, 1996). Ainda na Alemanha na década de 1970, testou-se a eficiência na remoção de poluentes em leitos cultivados usando como meio de suporte solo de alta quantidade de silte e plantado com *Phragmites australis* (HEGEMANN, 1996).

Os sistemas de WC's colonizadas com macrófitas aquáticas vem sendo empregado para no tratamento de efluentes de aquicultura, e em geral, mostram que estes sistemas removem nutrientes do efluente e podem permitir a reutilização da água na atividade aquícola (LIN et al., 2002; SCHULZ et al., 2003; LIN et al., 2005; HENRY-SILVA; e CAMARGO, 2006a; HENRY-SILVA; e CAMARGO, 2008a; SU et al., 2011).

Muitos desses dos citados estudos foram realizados com os comparativos de sistemas de tratamento com macrófitas aquáticas de diferentes espécies, mas pertencentes ao mesmo grupo ecológico (emersas ou flutuantes). O uso de associação de diferentes espécies de macrófitas é um fator positivo, pois cada planta reage de forma diferente às mudanças sazonais, aumentando a eficiência do sistema (MALTAISLANDRY et al., 2009). Entretanto, os sistemas com macrófitas aquáticas flutuantes apresentam vantagens em relação com macrófitas emersas, pois a retirada de biomassa dos vegetais flutuantes para que a eficiência de remoção seja a ideal é muito mais fácil (BIUDES; CAMARGO, 2008).

A eficiência das WC's pode variar em função do tempo de retenção hidráulica, das espécies utilizadas, do biofilme (microrganismos associados) e dos grupos ecológicos das macrófitas utilizadas (OSTI, 2013). Outro ponto que deve ser destacado é que observaram que algumas espécies de macrófitas aquáticas são particularmente sensíveis à poluição (bioindicadoras de resposta), enquanto outras, bioindicadoras de acumulação, podem acumular poluentes em concentrações elevadas, sem apresentarem sintomas visíveis. Desta forma, o dimensionamento das

WC's e de qual espécie de macrófita a se utilizar deve estar diretamente relacionado ao efluente que será tratado (PEIXOTO et al., 2005).

A *Eichhornia Crassipes*, conhecida popularmente como aguapé, é uma espécie com hábito de vida livre flutuante. Esta espécie tem sido largamente utilizada em estratégias de fitorremediação para restauração de ambientes aquáticos naturais ou não naturais, principalmente em função das grandes quantidades de nutrientes que podem ser estocadas em sua biomassa (CÂMARA et al., 2015). Em geral, os macronutrientes se apresentam em maiores concentrações nas folhas, enquanto os micronutrientes apresentam-se em quantidades maiores nas raízes.

3.6 SISTEMAS DE ILHAS FLUTUANTES ARTIFICIAIS

As ilhas flutuantes artificiais (IFAs) são uma variação dos sistemas de tratamento por (WC's) visando a melhoria da qualidade da água de diferentes fontes poluidoras. As ilhas flutuantes artificiais (IFAs) e as wetlands construídas têm sido utilizadas como tecnologia de engenharia ecológica para a mitigação da eutrofização e melhoria da qualidade da água gerando pouca poluição secundária em comparação com o tratamento químico e físico de nutrientes (ZHAO et al. 2012; KEISER-VLEK et al. 2014).

As IFAs são projetadas para flutuar na superfície da água com flutuadores e são estruturados para estabilizar as raízes das plantas e os caules subterrâneos. Macrófitas emersas são plantadas sobre as estruturas, que funcionam de forma semelhante aos tapetes flutuantes naturais. A eficiência do tratamento do IFAs foi avaliada no controle da poluição, como águas residuais riachos, escoamento de águas pluviais, drenagem de minas ácidas e reservatórios de abastecimento de água (HUBBARD et al. 2004; HEADLEY & TANNER 2006; LYNCH et al. 2015). Na piscicultura, a introdução de *Eichhornia crassipes* dentro dos viveiros evidenciou efeito positivo na redução da condutividade, ortofosfatos, fósforo total, turbidez e coliformes termotolerantes na coluna de água e também ajudou na diminuição da matéria orgânica e do cobre, ferro e zinco no sedimento (SIPAUBA-TAVARES et al., 2015).

A eficiência do tratamento das IFAs está relacionada com remoção básica de nutrientes por absorção das plantas, além da inibição do crescimento do fitoplâncton pela atenuação da luz, e pela herbivoria do zooplâncton (PARK et al., 2018). Revisão sobre esse tema foi elaborada por YEH et al. (2015) onde os autores discutiram sobre

as vantagens dessa tecnologia para variadas aplicações. Tais aplicações incluem, segundo os referidos autores, a remoção de nutrientes, a produção de biomassa, usos na aquicultura e na agricultura. Ainda, segundo YEH et al. (2015) a implantação de plantas aquáticas dentro de ecossistemas aquáticos para tratamento da água das mais diversas fontes tem grande potencial de aplicações que ainda são relativamente pouco exploradas. Ressaltaram, ainda que estudos voltados às IFAs são raros e pouco mencionados na literatura.

3.7 DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO DA AQUICULTURA

As taxas de crescimento observadas para a produção aquícola no Brasil (MPA, 2012) podem ser atribuídas a diversos fatores de ordem técnica e econômica. A partir da década de 90, com o desenvolvimento de rações comerciais para peixes no país, notadamente a atividade propiciou melhor qualidade de produção, baseando-se na escala mundial.

Em sistemas de produção semi-intensivo, super - intensivo e intensivo, a ração usada em todo seu ciclo de engorda, estimasse que a ração representa entre 60% a 66% dos custos operacionais (FURLANETO et al., 2006; TURCO et al., 2014), para a produção de tilápias em viveiros escavados e em tanques-rede.

No entanto, a viabilidade econômica de um sistema de produção no curto prazo (ao longo de um ciclo de produção), é a partir do estudo e do planejamento de sua produção e dos insumos utilizados, através da análise de custos e receitas geradas no sistema produtivo.

No princípio econômico de produtividade, existem três fatores a serem observados:

1) A produção (quantidade) pode ser maior, do que a atual, com um incremento proporcional do custo;

2) A produção pode ser incrementada com um aumento menos que proporcional nos custos;

3) A produção maior, obtida com um aumento mais que proporcional aos custos (SRAFFA, 1989); ou seja; a produção é incrementada podendo ser os custos unitários constantes, crescentes ou decrescentes. A aquicultura por ser uma atividade

zootécnica poderia ser uma atividade com uma economia de produção a custos decrescentes (MEADE, 1989).

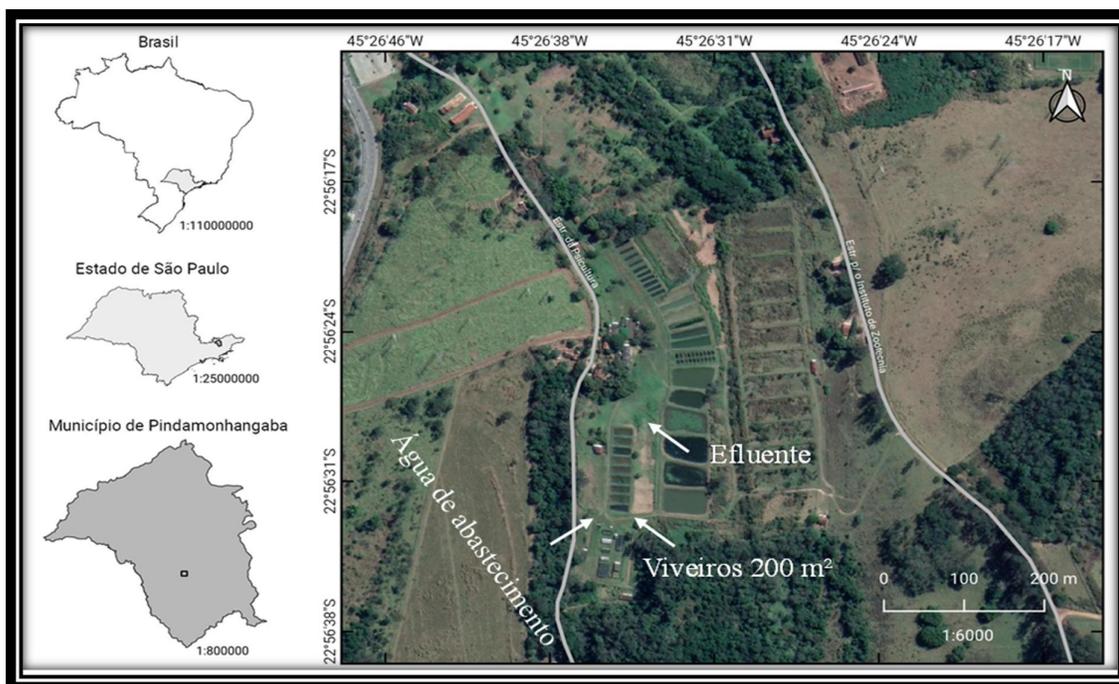
Porém, a aquicultura está relacionada aos limites dos fatores econômicos e aos fatores biológicos, onde o processo do cultivo, em função da produção, tende a um planejamento pesquisado e elaborado onde também incluso o manejo da produção em culturas aquáticas como observado por Osti et al. (2020), influencia na produtividade, desde a maximização da produção, passando pela diminuição dos riscos, até a melhor forma de distribuição da produção no mercado. (TIAN et al, 2000).

4 METODOLOGIA

4.1 ÁREA DE ESTUDO

Para este estudo foram utilizados dados do estudo realizado no período de dezembro de 2018 a abril de 2019 (133 dias), 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 ($22^{\circ} 56' 27''$ S, $45^{\circ} 26' 32.2''$ W) (Figura 6). Foram utilizados seis viveiros escavados (lateral e fundo de terra), com área superficial de 200 m^2 e aproximadamente 1,2 m de profundidade, totalizando volume de 240 m^3 . A renovação de água foi constante e sem aeração mecânica. A água de abastecimento foi proveniente do reservatório de água localizado dentro da fazenda experimental e o efluente foi descartado no corpo receptor de água (Ribeirão do Borba), que é um dos formadores do Ribeirão do Cortume, integrante da bacia hidrográfica do rio Paraíba do Sul, SP, Brasil (Figura 6).

Figura 6 - Localização da área de estudo



Fonte: Google Earth pro – Imagem obtida em 23 de julho de 2019

4.2 SISTEMA DE PRODUÇÃO

A espécie utilizada foi a tilápia-do-nylo (*Oreochromis niloticus*), indivíduos sexualmente revertidos, com peso médio inicial de 22,64 g, na densidade de três peixes por m². O sistema de produção adotado foi o semi-intensivo de produção. Os peixes foram alimentados duas vezes ao dia, com ração comercial extrusada contendo entre 45 a 32% de proteína bruta e a granulometria de 1 a 8 mm. A quantidade de ração ofertada foi de 3.0 a 1.5% da biomassa total estimada, sendo considerando 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) e produtividade (kg ha ciclo-1) foram avaliados. Todos os procedimentos utilizados durante este estudo seguiram os critérios éticos adotados para a experimentação animal “Colégio Brasileiro de Experimentação Animal” (COBEA) e foram aprovados pelo Comitê de ética de experimentação animal do Instituto de Pesca (CEEAIIP) (Protocolo No. 08/2018).

4.3 DIMENSIONAMENTO ECONÔMICO DAS ILHAS FLUTUANTES ARTIFICIAIS

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado, contendo dois tratamentos e três repetições da seguinte forma:

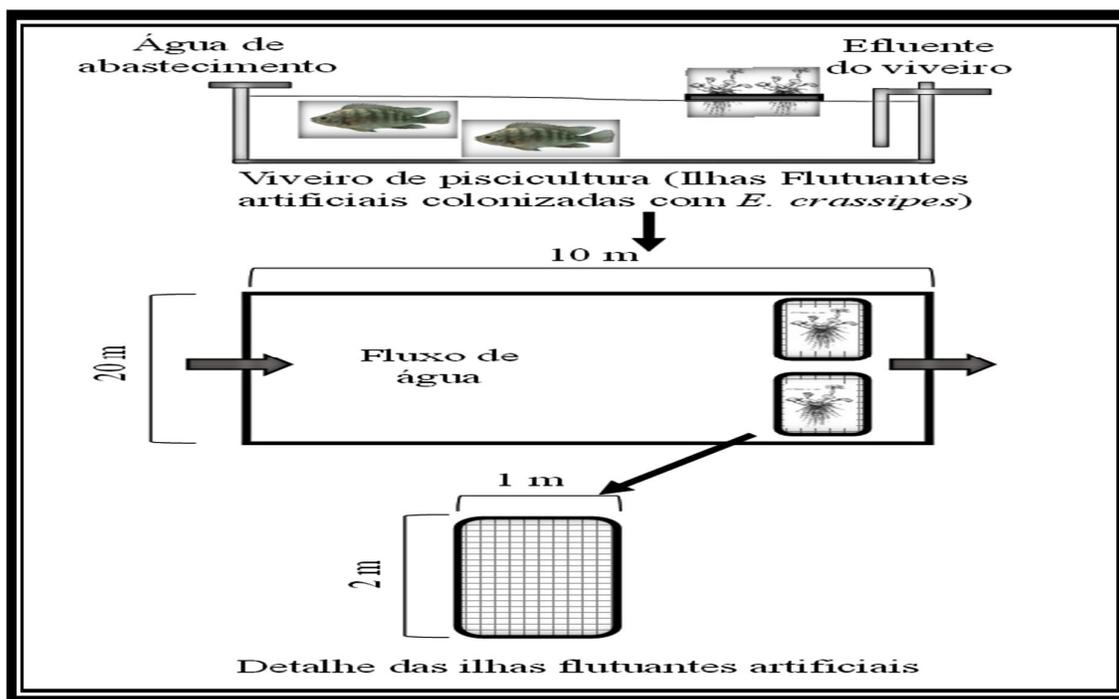
1) Tratamento IFAs – Monocultivo de tilápias com ilhas flutuantes artificiais, na densidade de 3 tilápias m² (200 m²) de viveiro.

2) Tratamento SIFAs - Monocultivo de tilápias sem ilhas flutuantes artificiais, na densidade de 3 tilápias m² (200 m²) de viveiro.

As ilhas flutuantes artificiais (IFAs) foram construídas com áreas de 2 m² e confeccionadas de canos de PVC e redes de pesca, a escolha do material foi devido a facilidade de ser encontrado e do seu baixo custo (**Figura 7**). Além disso, estas estruturas são de fácil instalação e manutenção e são robustas o suficiente para suportarem os manejos dos aguapés e não precisam ser retiradas durante as biometrias dos peixes. A utilização das redes de pesca na confecção das IFAs está

relacionada a fixação dos sistemas radicular das macrófitas, evitando com isso a dispersão para o viveiro.

Figura 7 - Viveiros para engorda de tilápia-do-nylo (*O. niloticus*). T1, viveiros com as ilhas flutuantes artificiais e colonizadas com a *Eichhornia crassipes* (destaque para o dimensionamento das IFAs). T2, viveiro sem as ilhas flutuantes artificiais



. Fonte: (Modificado de OSTI et al., 2020)

4.4 INDICADORES ZOOTÉCNICOS

O experimento durou 133 dias. Ao final, os viveiros foram drenados e os peixes foram despescados e contados. Uma amostra randomizada de 10% da população de peixes de cada viveiro foi pesada (**Figura 8 3B**). O peso médio final, sobrevivência e produção final da população de peixes em viveiros com a tecnologia de ilhas flutuantes artificiais (**Figura 8 3A**) foram de 232,78 g por animal⁻¹, 90%, e 5743 kg ha⁻¹, respectivamente. Para os viveiros sem IFAs, foram de 233,35 g por animal⁻¹, 90%, e 5788 kg ha⁻¹, respectivamente (**Tabela 1**). A produção final e a sobrevivência foram similares aquelas observadas por Pezzato et al. (2004) e Luz e Portella (2005). A quantidade de ração ofertada ao longo do período de criação foi a mesma para os dois sistemas de produção e totalizaram 9,743 kg ha⁻¹. O desempenho produtivo da tilápia-do-nylo do presente estudo está detalhado em Osti et al. (2020).

Figura 8 - 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: Osti, (2018)

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 (IFA) e sistema sem as ilhas flutuantes artificiais (SIFA)

Parâmetros da produção	IFA	SIFA
<i>Tilápia-do-nilo</i>		
Peso médio inicial (g)	23.97 ± 2.8	21.30 ± 1.30
Peso médio final (g)	232.78 ± 14.2 ^a	233.35 ± 44.35 ^a
Sobrevivência (%)	90	90
Produção final (kg ha ⁻¹)	5753±395 ^a	5788±1170 ^a
Ração ofertada (kg ha ⁻¹)	9743	9743

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

Fonte: (modificado de Osti et al. 2020)

4.5 INDICADORES ECONÔMICOS

Os indicadores de sustentabilidade econômica avaliados, 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 (5 meses) para o cálculo do custo operacional.

1) Custo Operacional Efetivo (COE): Para o cálculo do COE foi utilizada a somatória dos custos:

a) Mão de obra: permanente – foi considerado o valor de um salário mínimo de R\$ 1.045,00 e de diaristas – foi considerado o valor de R\$ 70 por diária, (valores praticados na região ¹);

b) Insumos: ração (dados do projeto), alevinos (foi considerado o valor de mercado aplicado regionalmente (Sales, com. pess.¹) 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): Para o cálculo do COT foi utilizada a somatória dos custos do COE e adicionado:

a) Impostos: contribuição previdenciária (Contribuição Especial da Seguridade Social Rural – CESSR), foi calculada a taxa de 2,3% sobre os valores da receita das vendas dos peixes) e os encargos sociais da mão-de-obra permanente que foi considerado como 43% do total da folha de pagamento.

3) rendimento (kg ciclo⁻¹ por hectare); preço de venda (R\$ kg⁻¹, os preços considerados foram os nominais da região do Vale do Paraíba (Sales, com. pess.¹));

4) receita bruta (RB) (R\$);

¹ Fonte: Comunicação Pessoal: 16 de junho de 2020; Valter Sales, Piscicultura Valed, Tremembé/SP.

5) receita líquida financeira (receita bruta – custo operacional total) (R\$); os preços considerados foram os nominais da região do Vale do Paraíba (Sales, com. pess.¹).

6) Índice de Lucratividade (IL em %): (receita líquida financeira/receita bruta) *100.

7) Taxa Mínima de Atratividade (TMA): A taxa mínima de atratividade (TMA, como 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% aa, (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 em %): A taxa interna de retorno de investimento TIR, (considerando o período de análise da TMA) foi aplicada sobre o total de investimentos.

9) Valor presente líquido (VPL): foi utilizado para calcular a rentabilidade econômica da produção, neste projeto foi considerado viável economicamente quando os valores de TIR forem maiores que TMA, considerando o fluxo de caixa.

Os preços empregados neste estudo foram atualizados em junho de 2020. 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.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 RESULTADOS

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 foi utilizado para a análise de custo 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 a engorda final de produções em tanques-rede e por este motivo apresentam valor de mercado que variam entre R\$ 7,00 e R\$ 8,00 reais.

Os gastos com a alimentação dos peixes foi o principal parâmetro que afetou os custos operacionais totais (COT), estes representaram 63,10% dos COT dos viveiros com o sistema de ilhas flutuantes artificiais (IFAs) e 60,12% dos viveiros sem IFAs (**Tabela 2; Figura 9**). Outros fatores contribuíram ativamente aos COT e estão relacionados a compra de alevinos e da contratação de mão de obra (permanente e temporária) (**Tabela 2; Figura 9**). A confecção e manutenção dos sistemas de IFAs aumentaram em 4,73% nos COT quando comparados com os sistemas sem IFAs (**Tabela 2; Figura 9**).

Tabela 2 - Custo total de produção de tilápia-do-nilo em viveiros escavados (custo considerando a produção em 1 hectare de lâmina d'água) em sistema com ilhas flutuantes artificiais (IFA) e sistema sem as ilhas flutuantes artificiais (SIFA)

Especificações	Unidade	Preço (R\$)	Quantidade	IFA (R\$)	SIFA (R\$)
Alevinos	1000	175,00	30.000	5.250,00	5.250,00
Confecção IFA	20 m ²	740,00*	50	1.541,67	----
Ração (kg ha ⁻¹)	25 kg	38,79- 130,95**	194.852,00	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
<i>Custos Operacionais Efetivos</i>	----	----	----	32.887,62	30.995,95
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	2,30%	----	----	1.084,17	1.086,83
<i>Custos Operacionais Totais</i>	----	----	----	39.949,19	38.060,18

* valor total sem considerar o valor de investimento por uso. ** o valor variou de acordo com a granulometria da ração utilizada. Fonte: Autoria própria

Figura 9 - Representação percentual dos custos de produção de tilápia-do-nilo em viveiros escavados (custo considerando a produção em 1 hectare de lâmina d'água) em sistema com ilhas flutuantes artificiais (IFA) e sistema sem as ilhas flutuantes artificiais (SIFA)



Fonte: Autoria própria

Na tabela 2 e figura 9, relacionadas com as despesas de produção, verifica-se que a mão de obra (MDO) para o sistema com IFAs atingiu R\$ 5.230,00 representando 13,09% sobre o COT para essa produção, enquanto para o sistema sem IFAs a MDO foi de R\$ 4.880,00 representando 12,82% sobre o COT relacionado. A matéria prima (MP) utilizada para os dois sistemas foi de R\$ 24.531,45; porém, para o sistema com IFAs representou 61,41% e 64,45% sobre os COT respectivamente. Observa-se que o item ração correspondeu a 60,12% para o sistema com IFAs e 63,10% para o sistema sem IFAs. No item Cal hidratado com o custo de R\$ 514,50 para os dois sistemas, representou 1,29% e 1,35% sobre os respectivos COT.

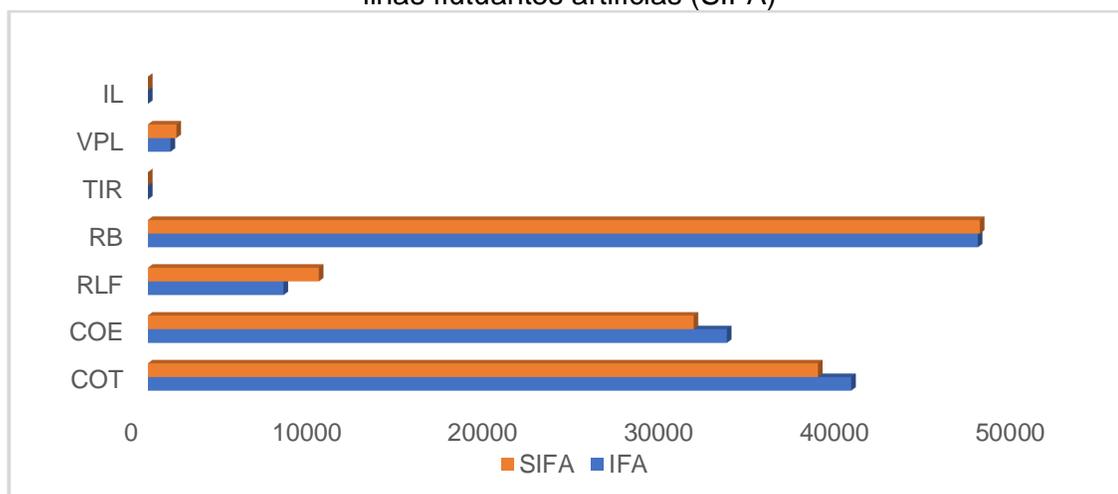
Os custos indiretos de produção (CIF) relacionados aos encargos sociais e contribuição social para o sistema com IFAs foi de R\$ 2.881,57 representando 7,21% sobre o respectivo COT. Para o sistema sem IFAs foi de R\$ 2.884,23 e correspondendo a 7,58% do COT do sistema. As despesas não operacionais (DNO);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

Tabela 3 - Produção, preço de venda, custo operacional e rentabilidade da produção de tilápia-do-nilo em viveiros escavados (custo considerando a produção em 1 hectare de lâmina d'água) em sistema com ilhas flutuantes artificiais (IFA) e sistema sem as ilhas flutuantes artificiais (SIFA)

Especificações	Unidade	Preço (R\$)	Quantidade	IFA	SIFA
Preço de venda	232,78g (IFA) 233,35g (SIFA)	7,50	27000	R\$ 47.137,95	R\$ 47.253,38
COE	----	----	----	R\$ 32.887,62	R\$ 30.995,95
COT	----	----	----	R\$ 39.949,19	R\$ 38.060,18
Receita líquida financeira	----	----	----	R\$ 7.703,26	R\$ 9.707,70
Índice de lucratividade	%	----	----	16,34%	20,54%
Taxa interna de retorno	%	----	----	8,00%	14,00%
Valor presente líquido	----	----	----	R\$ 1.283,87	R\$ 1.617,94

Fonte: Autoria própria

Figura 10 - Representação dos custos operacionais e rentabilidade da produção de tilápia-do-nilo em viveiros escavados (custo considerando a produção em 1 hectare de lâmina d'água) em sistema com ilhas flutuantes artificiais (IFA) e sistema sem as ilhas flutuantes artificiais (SIFA)



Fonte: Autoria própria

Na tabela 3 e figura 10 apresenta-se os dados dos custos e rentabilidade de um ciclo de produção de tilápias-do-nilo em viveiro escavado para sistemas com ilhas flutuantes artificiais (IFA) e sem as ilhas flutuantes artificiais (SIFA). O custo operacional efetivo (COE) foi de R\$ 32.887,62 para o sistema com IFAs e de R\$

30.995,95 para o sistema sem IFA, correspondendo a um acréscimo (análise horizontal) de 5,75%. O custo operacional total (COT) correspondeu a R\$ 39.949,19 para o sistema com IFAs, um acréscimo de 4,73% sobre o sistema sem IFAs da ordem de R\$ 38.060,18. A receita bruta (RB) da atividade foi proveniente da comercialização de 5.753 kg ha⁻¹ para o sistema com IFA e 5788 kg ha⁻¹ para o sistema sem IFA, e totalizaram o valor de R\$ 47.137,95 e R\$ 47.253,38, respectivamente. A receita líquida financeira verificada para o sistema com IFAs foi da ordem de R\$ 7.703,26 e para o sistema sem IFAs de R\$ 9.707,70 representando 26,02% (análise horizontal) sobre o sistema com IFAs.

Pôde-se verificar em relação aos indicadores para a viabilidade dos sistemas apresentados; o índice de lucratividade (IL); capacidade dos sistemas na geração de lucro; para o sistema com IFAS correspondeu à 16,34% e para o sistema sem IFAs foi de 20,54%. 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%aa; para o sistema com IFAs correspondeu à 8%, relacionada ao investimento total de R\$ 35.193,67, enquanto para o sistema sem IFAs correspondeu à 14%, correspondendo ao investimento total de R\$ 33.302,00; ou seja, esse indicador sinaliza a viabilidade econômica dos sistemas apresentados e sobre o total de investimento necessários para o período de produção nos dois sistemas (IFA) e (SIFA), 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\$ 7.703,26; enquanto o VPL para o sistema sem IFAs, também positivamente, correspondeu à R\$ 1.617,94 para o fluxo de caixa de R\$ 9.707,70. Considerando o período de análise da produção dos sistemas.

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\$ 39.949,19 (IFA) e R\$ 38.060,18 (SIFA), a produção por ciclo de produção deverá ser de 5.326,56 kg ha⁻¹ (IFA) que corresponde ao COT dividido pelo preço de venda de R\$ 7,50 por kg e da produção de 5.074,70 kg ha⁻¹ (SIFA) 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 diminuição de 15,26% para o sistema (IFA) e de uma

diminuição de 19,45% (SIFA) da produção total observada nos sistemas no presente estudo.

5.2 DISCUSSÃO

A ração foi o item com maior peso nos custos de produção e representou 63,10% para o sistema IFA e 60,12% para o sistema SIFA. 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% a 66% dos custos operacionais da produção, corroboram com os resultados encontrados neste estudo. O preço da ração está diretamente relacionado com 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 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 das 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) e estudos como de Sarker et al. (2017), mostram que 15% desta macrófita aquática por ser adicionada na formulação da ração de peixes, sem prejuízos ao desenvolvimento de carpas e reduzindo desta forma os custos de produção da ração.

A implantação do sistema de IFAs mostrou-se viável economicamente e que pode gerar agregados econômicos (subprodutos). O COT da ordem de R\$ 39.949,19 elevou o custo da produção de tilápias em 4,73%. Este aumento está relacionado a necessidade de materiais utilizados para a confecção das IFAs, 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\$ 334,07 em relação ao VPL.

Foi observado que a implantação dos sistemas de ilhas flutuantes artificiais não interferiram na produção final de peixes (Tabela 1) e como observado por Osti *et al.* (2020), que avaliaram o fluxo de nutrientes dos viveiros estudados neste trabalho, mostram que as implantações das IFAs reduziram a carga de nutrientes exportada pela atividade em 66% para nitrogênio Total e 27% para o fósforo total. Estes resultados mostram, que embora tenha um aumento nos custos operacionais para a implantação das IFAs, esta metodologia mostra-se como uma ferramenta voltada a sustentabilidade dos empreendimentos aquícolas, com investimentos de baixo custo e manutenção e que buscam adequação com a leis ambientais, atendendo as necessidades ao pequeno e médio produtor rural.

A produção, demonstra ainda espaço para o crescimento econômico e regional levando-se em conta o investimento e implementação na infraestrutura tecnológica, para que mantenha uma linha de estabilidade de oferta e sustentabilidade ao meio ambiente, para assim fornecer também o excedente ou agregado econômico aos produtores e consumidores. Neste sentido, o aguapé tem um grande potencial para aproveitamento da sua biomassa. Como exemplo temos o uso do aguapé na alimentação e forragem para ruminantes, como reportado por Henry-Silva e Camargo (2002), os autores ainda complementam que também pode ser aproveitada as lâminas foliares como suplemento alimentar e as raízes para produção de biogás e adubação do solo. Para Perazza *et al.* (1981), a compactação do aguapé, quando da disponibilidade, é considerada um excelente substrato para orquídeas. Já segundo Pinassi (2009) a utilização da biomassa das plantas aquáticas provenientes dos sistemas de fitorremediação, podem gerar um importante adubo orgânico, por meio do processo de compostagem, reduzindo o descarte desordenado da biomassa após a retirada do sistema de tratamento.

6 CONCLUSÃO

O estudo sinaliza a capacidade do sistema de produção em viveiros escavados utilizando ilhas flutuantes artificiais e o emprego de macrófitas, visando análise econômica de sustentabilidade do empreendimento aquícola, como também direciona para a observação dos componentes econômicos, sociais e ambientais.

Nota-se: a economia de escala; ou seja; há a possibilidade de expansão da produção sobre o investimento inicial (custo fixo) e diminuição dos custos de produção ao longo do processo e a economia circular, onde o sistema de produção gera agregados econômicos na reutilização dos insumos. Como direcionador dos custos variáveis no custo operacional efetivo, a ração acaba se tornando um item relevante para a gestão do sistema de produção, representando aproximadamente; em média à 62% do COE. Os indicadores favoráveis de rentabilidade financeira do empreendimento aquícola; com a utilização de ilhas flutuantes artificiais 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.

A atividade é dependente do desenvolvimento de esforços que visam o aprimoramento dos processos gerenciais e gestão financeira, inclusive de novas tecnologias, no suporte de toda cadeia de produção, do empreendimento com ilhas flutuantes artificiais, ponto fundamental para a viabilidade econômica.

Tendo em vista a necessidade da adequação ambiental dos efluentes por parte dos piscicultores, novos indicadores de sustentabilidade econômica devem ser dimensionados a fim de avaliar os custos de diferentes sistemas de biorremediação, como a implementação de wetlands construídas. Afim de reduzir os custos de produção, também deve ser considerado a possibilidade da comercialização das macrófitas aquáticas como fonte de renda adicional aos produtores rurais.

REFERÊNCIAS

- ASSAF NETO, A. **Curso de Administração Financeira**. 2ªed. Atlas, 2010.
- AYROZA, L. M. S. *et al.* Custos e rentabilidade da produção de juvenis de tilápia-do-Nilo em tanques-rede utilizando se diferentes densidades de estocagem. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 40, n. 2, p. 231-239, 2011.
- BANCO MUNDIAL. **Fish to 2030: prospects for fisheries and aquaculture**. Washington: Banco Mundial, Dec. 2013. Disponível em: <http://www.fao.org/fishery/sofia/en>. Acesso em: 20 ago. 2020.
- BIUDES, J. F. V. **Uso de Wetlands construídas no tratamento de efluente de carcinicultura**. Tese (Doutorado em Aquicultura) - Programa de Pós-graduação em Aquicultura. São Paulo: Universidade Estadual Paulista, 2007.
- BOYD, C. E. *et al.* Achieving sustainable aquaculture: Historical and current perspectives and future needs and challenges. **Journal of the World Aquaculture Society**, 51(3), 578-633, 2020. DOI: 10.1111/jwas.12714
- BOYD, C.E. Guidelines for aquaculture effluent management at the farm-level. **Aquaculture, Amsterdam**, v. .226, p. 101-112, 2003.
- BOYD, C. E.; SCHIMITTOU, H. R. Achievement of sustainable aquaculture through environmental management. **Aquaculture Economics & Management**, Philadelphia, v.3, n.1. p.59-69, 1999.
- CÂMARA; M.Y.F., *et al.* Influência Temporal no Potencial Fitorremediador da Eichhornia Crassipes em Ambiente Natural. **Revista: Química, Ciência, Tecnologia e Sociedade**. Disponível em: <http://periodicos.uern.br/index.php/qcts/about>. Acesso em: 15 out. 2020.
- 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:10.1016/j.ecoleng.2016.01.038
- CHOPIN, T. *et al.* Integrating seaweeds into marine aquaculture systems: a key towards sustainability. **J. Phycol.** v,37, p. 975 – 986, 2001.
- CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução n° 430**, de 03 de maio de 2011. /08/2020.
- CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução n° 357**, de 17 de março de 2005.
- CRIVELENTI, L. Z. *et al.* Desempenho econômico da criação de tilápias do Nilo (*Oreochromis niloticus*), em sistema de produção intensiva. **Veterinária Notícias**. v. 12, n. 2, p. 117-122, 2006.

DUARTE *et al.* Return to Neverland: shifting baselines affect eutrophication restoration targets. **Estuaries and Coasts**, v. 32, p. 29 – 36, 2009.

EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Pesca e Aquicultura**. Disponível em: <https://www.embrapa.br/>. Acesso em: 15 ago. 2020.

FAO, 2020. The State of World Fisheries and Aquaculture 2020. **Sustainability in action**. Rome. Disponível em: <https://doi.org/10.4060/ca9229en>. Acesso em: 06 jul. 2020.

FAO, 2019 - **ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS PARA ALIMENTAÇÃO E A AGRICULTURA**. FAOSTAT. Dados. Disponível em: <http://www.fao.org/faostat/es/#data>. Acesso em: 20 set. 2020.

FAO, 2016. **The State of World Fisheries and Aquaculture 2016 (SOFIA)**. Rome, Italy; 2016 p. 200. Report No: I5555. Disponível em: <http://www.fao.org/fishery/sofia/en>. Acesso em: ago.2020.

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

GOMES, M. V. T. **Fitorremediação utilizando *Typha domingensis* em sistema de zonas húmidas construídas**. Tese de doutorado. Natal: UFRN. p.100, 2013.

HENARES, M. N. P.; CAMARGO, A. F. M., Treatment efficiency of effluent prawn culture by wetland with floating aquatic macrophytes arranged in series. **Braz. J. Biol**, v.74, p. 906-912, 2014.

HENRY-SILVA, G.G. & CAMARGO, A.F.M. Tratamento de efluentes de carcinicultura por macrófitas aquáticas flutuantes. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 37, p. 181-188, 2000.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Estatísticas/ Econômicas**. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/9107-producao-da-pecuaria-municipal.html?edicao=17941&t=publicacoes>. Acesso em: 12 set. 2020.

KADLEC, R.H.; KNIGHT, R.L. (1996). Treatment Wetlands. Florida: Lewis Publishers. 893 p. In: SEZERINO, P. H. BENTO, A. P.; DECEZARO, S. T.; MAGRI, M. E.; PHILIPPI, L. S. Experiências brasileiras com wetlands construídos aplicados ao tratamento de águas residuárias: parâmetros de projeto para sistemas horizontais. **Eng. Sanit. Ambient.**, Rio de Janeiro, v. 20, n. 1, p. 151-158, 2015.

KOCH, João Fernando Albers, *et al.* Avaliação econômica da alimentação de tilápias em tanques-rede com níveis de proteína e energia digestíveis. **Boletim Do Instituto De Pesca**. São Paulo: Inst. Pesca, v. 40, n. 4, p. 605-616, 2014. Disponível em: https://www.pesca.agricultura.sp.gov.br/40_4-605-616.pdf. Acesso em: 15 jul. 2020.

KUBITZA, F. Panorama da aquicultura: principais espécies, áreas de cultivo, rações, fatores limitantes e desafios. **Revista Panorama da Aquicultura**, Rio de Janeiro, n. 150, ago. 2015

KUBITZA, F. **Tilápia – tecnologia e planejamento na produção comercial**. Jundiaí: Divisão de Biblioteca e Documentação, p. 289, 2000.

LINNAEUS, C. **Systema Naturae per regna tria naturae, secundum classes, ordines, genera, species, cum characteribus, differentiis, synonymis, locis**. 10 ed. Laurentius Salvius: Holmiae. p.824, 1758.

LIN Y. F., JING S.R., LEE D. Y.; WANG T. W. Nutrient removal from aquaculture wastewater using a constructed wetlands system. **Aquaculture, Amsterdam**. v. 209, p. 169-184, 2002.

LUZ, R.K.; PORTELLA, M.C. Tolerance to the air exposition test of *Hoplias lacerdae* larvae and juvenile during its initial development. **Braz Arch Biol Technol**. p. 48: 567-573. 2005.

MACINTOSH, D. J.; LITTLE, D. C. Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). In: N.R. BROMAGE & R. J. ROBERTS (eds.). Broodstock management and egg and larval quality. **Blackwell Science**, Oxford p. 277-320, 1995.

MATSUNAGA, M. *et al.* **Metodologia de custo de produção utilizada pelo IEA**. Agricultura em São Paulo, São Paulo, v.23, p.123-139, 1976.

MEADE, J. W. **Aquaculture management**. New York. Van Nostrand Reinhold, p. 175, 1989.

MINISTÉRIO DA PESCA E AQUICULTURA - MPA. **Boletim estatístico de pesca e aquicultura do Brasil 2011**. Brasília: República Federativa do Brasil, 2012.

NAYLOR, R. *et al.* Effect of aquaculture on world fish supplies. **Nature**. p. 1017-1024, 2000. Disponível em: <https://www.nature.com/articles/35016500>. Acesso em 08 fev.2020.

OSTI, J. A. S. *et al.* Nitrogen and phosphorus removal from fish farming effluents using artificial floating islands colonized by *Eichhornia crassipes*. **Aquaculture Reports**, v.17, 100324, 2020. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352513419304533>. Acesso em: 06 ago.2020.

OSTI, J. A. S, HENARES, N.P., CAMARGO, A.F.M. The efficiency of free-floating and emergent aquatic macrophytes in constructed wetlands for the treatment of a fishpond effluent. **Aquaculture Reports**, v. 49, p. 3468-3476, 2018. Disponível em: Disponível em: <http://hdl.handle.net/11449/176765>. Acesso em: 06 ago. 2020.

PEIXE, B. (2020). Anuário Brasileiro da Piscicultura PEIXE BR 2020. São Paulo: **Associação Brasileira da Piscicultura**. Disponível em:

<https://www.peixebr.com.br/lancamento-anuario-peixe-br-de-piscicultura-piscicultura-2020/>. Acesso em: 04 mai. 2020.

PEIXOTO, G.L. *et al.* Estrutura do componente arbóreo de um trecho de Floresta Atlântica na Área de Proteção Ambiental da Serra da Capoeira Grande, Rio de Janeiro, RJ, Brasil. **Acta Botânica Brasilica**, p. 539-547, 2005.

PHELPS, R.P.; POPMA, T.J. Sex reversal of tilapia. In: COSTA-PIERCE, B.A.; RAKOCY, J.E. (Eds.) Tilapia aquaculture in the Americas.: **World Aquaculture Society**, v.2, p. 34-59, 2000.

PIETERSE, A. H.; MURPHY, K. **Aquatic weeds and management of nuisance aquatic vegetation**. New York: Oxford University Press, p. 593, 1990.

PINASSI, R. P. **Análise do potencial de uso das macrófitas aquáticas do sistema de áreas alagadas construídas da ETE da Comunidade de Serviços Emaús (Ubatuba, SP), como adubo orgânico**. Dissertação de Mestrado. São Carlos – SP: USP, p. 87, 2009.

RUBIM, M. A. L.; SAMPAIO, P. R. I.; PAROLIN, P. **Biofilter efficiency of Eichhornia crassipes in wastewater treatment of fish farming in Amazonia**. Pyton, Buenos Aires, n. 84, p. 244-251, 2015. ISSN 0031 9457

SANTOS, M. M. *et al.* Nível de arraçoamento e frequência alimentar no desempenho de alevinos de tilápia-do-nilo. **Boletim Instituto da Pesca**, v. 41, n. 2, p. 387 -395, 2015.

SARKER, U., Islam, M. T., Rabbani, M. G. & Oba, S. **Genotypic diversity in vegetable amaranth for antioxidant, nutrient and agronomic traits**. Indian J. Genet. Pl. Br. v.77, p. 173–176, 2017.

SCHAAFSSMA, J.A., BALDWIN, A. H.; STREB, C.A. **An evaluation of a constructed wetland to treat wastewater from a dairy farm in Maryland, USA**. Ecol. Eng., v. 14, p. 199– 206. 1999.

SAFRA ES. (2020). Disponível em: <https://www.safraes.com.br/piscicultura/tilapia-segundo-peixe-mais-consumido-mundo>. Acesso em: 19 set. 2020.

SCORVO FILHO, J. D. *et al.*, 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.

SNA. (2020). Disponível em: <https://www.sna.agr.br/fao-aquicultura-podera-superar-pesca-extrativa-ja-em-2019>. Acesso em: 19 set.2020

SEMMAR, N. Native Statistics for Natural Sciences.**Science Publishers**, New York (2013).

TIAN, H. *et al.* Effect of interannual climate variability on carbon storage in Amazonian ecosystems. **Nature**, p. 664-667, 1998.

TOMAZELLI JUNIOR, O.; CASACA, J. M. **Panorama da Aquicultura**, Rio de Janeiro, 2001.

TURCO, P.H.N.; DONADELLI, A.; SCORVO, A.M.D.F.; SCORVO FILHO, J.D.; TARSITANO, M.A.A. Análise econômica da produção de tilápia em tanques rede de pequeno volume. **Informações Econômicas**, v. 44, n. 14, p. 5-11, 2014.

VALENTI, W. C. (2000). Aquaculture for sustainable development. In W.C. Valenti, C. R. Poli, J. A. Pereira, & J. R. Borghetti (Eds.). **Aquicultura no Brasil: bases para um desenvolvimento sustentável**, (p.17-24). Brasília, DF: CNPq/Ministério da Ciência e Tecnologia.

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.

ANEXO A - Planilha de cálculo de investimento com ilhas flutuantes artificiais

INVESTIMENTO					
DADOS	PRODUÇÃO/ha	UNIDADE Kg e m²	PREÇO		TOTAL
ALEVINOS 23,97g	30000	679,2	R\$ 175,000		R\$ 5.250,00
IFAS 10% da área	50	R\$ 37.000,00	R\$ 740,00		R\$ 1.541,67
TOTAL					R\$ 6.791,67

CUSTO OPERACIONAL					
DADOS	QUANTIDADE	REFERÊNCIA	PREÇO/Kg	QUANTIDADE	TOTAL
RAÇÃO/Kg	194.852,00	JUVENIL	R\$ 453,15	3	R\$ 1.359,45
RAÇÃO/Kg	194.852,00	JUVENIL	R\$ 453,15	50	R\$ 22.657,50
FUNCIONARIOS	2	PERMANENTE	R\$ 1.045,00	5 MESES	R\$ 4.180,00
FUNCIONÁRIOS	3	NÃO PERMANENTE	R\$ 70,00	5 DIAS	R\$ 1.050,00
ENCARGOS				43%	R\$ 1.797,40
ALUGUEL					R\$ 0,00
C. HIDRATATO	50	1000	R\$ 10,29		R\$ 514,50
TOTAL					R\$ 30.199,40
* 6 VIVEIROS					R\$ 28.402,00

PRODUÇÃO					
DADOS	DESPESCA/ha	kg/há	PREÇO		TOTAL
TILÁPIA 232,78g	27000	6285,06	R\$ 7,50		R\$ 47.137,95
CESSR	2,30%				R\$ 1.084,17

FLUXO DE CAIXA SINTÉTICO					TOTAL
PREVISÃO DE VENDAS					R\$ 47.137,95
(-)DESPESA COM PRODUÇÃO					R\$ 32.643,02
MDO					R\$ 5.230,00
PERMANENTE					R\$ 4.180,00
NÃO PERMANENTE					R\$ 1.050,00
MP					R\$ 24.531,45
					RAÇÃO 1 E 2
					R\$ 24.016,95
					CAL
					R\$ 514,50
CIF					encargos/cerrs
					R\$ 2.881,57
(-)DESPESAS DE VENDAS					R\$ 0,00
(-)DESPESAS OU RECETA NÃO OPERACIONAL					R\$ 6.791,67
SALDO FLUXO DE CAIXA					R\$ 7.703,26

ÍNDICE DE LUCRATIVIDADE					
IL = (SD CAIXA/P.VENDAS)100					16,34%

TAXA INTERNA DE RETORNO (TIR) - 3 Ifas				
INVESTIMENTO				-R\$ 35.193,67
5 MESES				R\$ 7.703,26
TIR				8,00%

TMA (TAXA MÍNIMA DE ATRATIVIDADE) = 6,0% (TESOURO DIRETO 2020)				
VALOR PRESENTE LÍQUIDO				
$VPL = VP / (1+i)^n$				R\$ 1.283,87
VP = SD DO FLUXO DE CAIXA NO PERÍODO				
n= 5 MESES				
O PROJETO É ECONOMICAMENTE VIÁVEL, PARA A QUANTIDADE MÍNIMA PRODUZIDA. (TIR > TMA)				

ANEXO B - Planilha de cálculo de investimentos sem ilhas flutuantes artificiais

INVESTIMENTO				
DADOS	PRODUÇÃO/há	Kg	PREÇO	TOTAL
ALEVINOS 21,30g	30000	639	R\$ 175,00	R\$ 5.250,00
IFAS	0		R\$ 740,00	R\$ 0,00
TOTAL				R\$ 5.250,00

CUSTO OPERACIONAL					
DADOS	QUANTIDADE	REFERÊNCIA	PREÇO/Kg	QUANTIDADE	TOTAL
RAÇÃO/Kg	194.852,00	JUVENIL	R\$ 453,15	3	R\$ 1.359,45
RAÇÃO/Kg	194.852,00	JUVENIL	R\$ 453,15	50	R\$ 22.657,50
FUNCIONARIOS	2	PERMANENTE	R\$ 1.045,00	5 MESES	R\$ 4.180,00
FUNCIONÁRIOS	3	NÃO PERMANENTE	R\$ 70,00	5 DIAS	R\$ 1.050,00
ENCARGOS				43%	R\$ 1.797,40
ALUGUEL					R\$ 0,00
C. HIDRATATO	50	1000	R\$ 10,29		R\$ 514,50
TOTAL					R\$ 30.199,40
* 6 VIVEIROS					R\$ 28.402,00

PRODUÇÃO				
DADOS	DESPESCA/há	kg	PREÇO	TOTAL
TILÁPIA 233,35g	27000	6300,45	R\$ 7,50	R\$ 47.253,38
CESSR	2,30%			R\$ 1.086,83

FLUXO DE CAIXA SINTÉTICO				TOTAL
PREVISÃO DE VENDAS				R\$ 47.253,38
(-)DESPESA COM PRODUÇÃO				R\$ 8.278,73
MDO				R\$ 4.880,00
PERMANENTE				R\$ 4.180,00
NÃO PERMANENTE				R\$ 700,00
MP				R\$ 514,50
				RACÃO 1 E 2
				R\$ 0,00
				CAL
				R\$ 514,50
CIF				encargos/cessr
				R\$ 2.884,23
(-)DESPESAS DE VENDAS				R\$ 0,00
(-)DESPESAS OU RECEITA NÃO OPERACIONAL				R\$ 5.250,00
SALDO FLUXO DE CAIXA				R\$ 33.724,65

ÍNDICE DE LUCRATIVIDADE			
IL = (SD CAIXA/P.VENDAS)100			
			71,37%

TAXA INTERNA DE RETORNO (TIR)				
INVESTIMENTO				-R\$ 10.644,50
5 MESES				R\$ 33.724,65
TIR				14,00%

TMA (TAXA MÍNIMA DE ATRATIVIDADE) = 6,0% (TESOURO DIRETO 2020)				
VALOR PRESENTE LÍQUIDO				
$VPL = VP / (1+i)^n$				R\$ 1.618,14
VP = SD DO FLUXO DE CAIXA NO PERÍODO				
n= 5 MESES				
O PROJETO É ECONOMICAMENTE VIÁVEL, PARA A QUANTIDADE MÍNIMA PRODUZIDA. (TIR > TMA)				