



UNIVERSIDADE DO ESTADO DE MATO GROSSO
CAMPUS UNIVERSITÁRIO DE TANGARÁ DA SERRA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO *STRICTO SENSU* EM AMBIENTE E
SISTEMAS DE PRODUÇÃO AGRÍCOLA – PPGASP



JUSCÉLIA VICTOR GARCIA SILVA

AQUAPONIA: CARACTERIZAÇÃO BIOLÓGICA E ANÁLISE ECONÔMICA DE UM
CONSÓRCIO PRODUTIVO COM TILÁPIAS DO NILO *Oreochromis niloticus*
(Linnaeus, 1758) E ALFACE (*Lactuca sativa*)

TANGARÁ DA SERRA - MT

2022



UNIVERSIDADE DO ESTADO DE MATO GROSSO
CAMPUS UNIVERSITÁRIO DE TANGARÁ DA SERRA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO *STRICTO SENSU* EM AMBIENTE E
SISTEMAS DE PRODUÇÃO AGRÍCOLA – PPGASP



JUSCÉLIA VICTOR GARCIA SILVA

AQUAPONIA: CARACTERIZAÇÃO BIOLÓGICA E ANÁLISE ECONÔMICA DE UM
CONSÓRCIO PRODUTIVO COM TILÁPIAS DO NILO *Oreochromis niloticus*
(Linnaeus, 1758) E ALFACE (*Lactuca sativa*)

Mestranda: Juscélia Victor Garcia Silva
Orientadora. Dra. Cleci Grzebieluckas

TANGARÁ DA SERRA - MT

2022

S586a SILVA, Juscelia Victor Garcia Silva.
Aquaponia: Caracterização Biológica e Análise Econômica de um Consórcio Produtivo com Tilápias do Nilo *Oreochromis Niloticus* (Linnaeus, 1758) e Alface (*Lactuca Sativa*) / Juscelia Victor Garcia Silva Silva – Tangará da Serra, 2022.
70 f.; 30 cm.

Trabalho de Conclusão de Curso
(Dissertação/Mestrado) – Curso de Pós-graduação Stricto Sensu (Mestrado Acadêmico) Interdisciplinar em Ambiente e Sistemas de Produção Agrícola, Faculdade de Ciências Agrárias, Biológicas, Engenharia e da Saúde, Câmpus de Tangara da Serra, Universidade do Estado de Mato Grosso, 2022.
Orientador: Cleci Grzebieluckas

1. Sistema Aquapônico. 2. Sustentabilidade. 3. Viabilidade Econômica. 4. Instrumentos de Análise. 5. Valor Presente Líquido. I. Juscelia Victor Garcia Silva Silva. II. Aquaponia: Caracterização Biológica e Análise Econômica de um Consórcio Produtivo com Tilápias do Nilo *Oreochromis Niloticus* (Linnaeus, 1758) e Alface (*Lactuca Sativa*): .

CDU 639.3.043

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, pela vida e saúde, sem Ele nada teria alcançado.

Ao meu esposo, companheiro e amigo, por me acompanhar literalmente em todos os momentos, trabalhando junto comigo, compreendendo a minha ausência em alguns momentos, por segurar a barra como pai e marido, sempre me incentivando.

Aos meus filhos Nicolas e José, Nicolas, que mesmo com a pouca idade, sempre foi compreensivo, atencioso e carinhoso e José, que me acompanha nessa trajetória desde o gestar, o amamentar, em todos os momentos literalmente. É por vocês toda a minha luta e dedicação. Vocês são a minha inspiração e força.

À minha orientadora Dra. Cleci Grzebieluckas que acreditou em mim, na execução do projeto, seus conselhos e ensinamentos serão inspiração para todo sempre. Faço questão de salientar o ser humano extraordinário que é, que foi luz em momentos de escuridão, atenciosa, prestativa, pela sua disponibilidade em conversar, orientar (às vezes até em períodos de férias ou fora do horário comercial). Sua contribuição foi primordial para o meu crescimento pessoal, profissional, é o exemplo do tipo de profissional que eu quero ser como pesquisadora e educadora.

Ao meus pais e irmãos por toda base, educação, conselhos e incentivo para sempre buscar conhecimentos e não desistir dos meus sonhos. Em especial a minha mãe, exemplo de mulher, batalhadora, que foi minha rede de apoio, nesse período.

Aos professores do programa PPGASP, por todo ensinamento, trocas de experiências e aprendizado. São profissionais excepcionais que mesmo com uma dinâmica totalmente nova devido à pandemia do COVID-19, souberam levar com maestria e excelência as aulas.

Aos professores da banca examinadora, pela disponibilidade e valorosa contribuição dada a essa pesquisa.

Aos meus sogros, por cederem o espaço para a execução do projeto, estarem presentes e acompanhando todo o desenvolvimento da pesquisa.

A minha amiga e comadre Marta, mesmo com a distância, sempre presente em minha vida, incentivando-me a buscar novos desafios, por toda ajuda, por acreditar em mim. A minha amiga Quezia que sempre me estimulou a estudar, por ter me ouvido em todos os momentos, principalmente naqueles em que eu achava que não iria conseguir... Agradeço ao Jonatas, um amigo que o mestrado me deu de presente,

obrigada por toda a ajuda, por dividir comigo as angústias e anseios que esse momento tão intenso nos fez passar. Essa caminhada mesmo árdua, se tornou mais leve com a presença de todos vocês. *“Eu talvez não tenha muitos amigos, mas os que eu tenho são os melhores que alguém poderia ter”* (Autor desconhecido).

À CAPES pelo suporte financeiro da bolsa de estudo.

*“Eu me lembro dos dias que orei por coisas
que tenho hoje!”*

(Iara Fonseca)

LISTA DE FIGURAS

Artigo 1

Figura 1 - Modelo de Aquaponia Chinampas Aztecas. Erro! Indicador não definido.	
Figura 2 - Sistema convencional do modelo de aquaponia	20
Figura 3 - Filtro decantador	21
Figura 4 - Filtro Biológico: (A) Mídias biológicas e (B) Argila expandida e britas.....	22
Figura 5 - Ciclo Aquapônico	23
Figura 6 - Sistema compacto de aquaponia com cultivo em canteiros.....	24
Figura 7 - Sistema de cultivo DWC em ambiente flutuante (modelo experimental) ..	25
Figura 8 - Sistema NFT	26

Artigo 2

Figura 1 - Área do estudo - Sítio São José.....	49
Figura 2 - Infraestrutura do sistema aquapônico.....	50
Figura 3 - A – Filtro Biológico mídias biológicas. Figura B – Filtro Biológico com argila expandida, britas e lascas de tijolo.....	52

LISTA DE TABELAS

Artigo 1

Tabela 1 - Parâmetro ideal para os organismos peixes, bactérias e plantas.	32
---	----

Artigo 2

Tabela 1 - Produção brasileira dos principais peixes cultivados em Toneladas.....	45
Tabela 2 - Primeiro ciclo produtivo do sistema aquapônico	51
Tabela 3 - Segundo ciclo produtivo do sistema aquapônico	52
Tabela 4 - Investimento inicial do projeto de aquaponia.	54
Tabela 5 - Custos de produção anual de alface e peixes.....	56
Tabela 6 - Custos de manutenção anual de alface e peixes	56
Tabela 7 - Produção de acordo com os diferentes cenários.	58
Tabela 8 - Fluxo de caixa com base nos dados reais.....	59
Tabela 9 - Cenários do consórcio entre peixes e alfaces.....	60

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO GERAL.....	12
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	14
 ARTIGO I	
1 INTRODUÇÃO.....	17
2 REFERENCIAL TEÓRICO.....	18
2.1 HISTÓRICO SOBRE AQUAPONIA.....	18
2.2 CARACTERIZAÇÃO DO SISTEMA AQUAPÔNICO.....	20
2.3 CONSÓRCIO ENTRE PLANTAS E PEIXES NO SISTEMA AQUAPÔNICO.....	27
2.4 MANEJO E PRINCIPAIS PARÂMETROS DE ANÁLISE DA QUALIDADE DA ÁGUA.....	28
3 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	32
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	32
 ARTIGO II	
1 INTRODUÇÃO.....	40
2 REFERENCIAL TEÓRICO.....	41
2.1 IMPORTÂNCIA DA ANÁLISE DE VIABILIDADE ECONÔMICA.....	41
2.1.1 Valor presente líquido – VPL.....	41
2.1.2 Taxa Interna de Retorno – TIR.....	42
2.1.3 Análise do Custo-Benefício.....	43
2.1.4 Tempo de retorno de investimento (<i>Payback</i>).....	44
2.2 PANORAMA DA PRODUÇÃO E COMERCIALIZAÇÃO DE PEIXES NO BRASIL.....	44
2.3 PANORAMA DA PRODUÇÃO E COMERCIALIZAÇÃO DA ALFACE NO BRASIL.....	47
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	48
3.1 ÁREA DE ESTUDO.....	48
3.2 MONTAGEM DA INFRAESTRUTURA.....	49
3.3 MANUTENÇÃO DO SISTEMA.....	50
3.4 INSTRUMENTOS DE ANÁLISE.....	53

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	54
4.1 CUSTOS DE IMPLANTAÇÃO, PRODUÇÃO E MANUTENÇÃO DO SISTEMA.....	54
4.2 PRODUTIVIDADE DO SISTEMA AQUAPÔNICO.....	57
4.3 ANÁLISE DE VIABILIDADE ECONÔMICA DO SISTEMA AQUAPÔNICO.....	59
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	60
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	61
APÊNDICES.....	67

RESUMO

A aquaponia é uma forma de cultivo que se encaixa nos padrões de produção sustentável de alimentos, por unir diversas culturas e reduzir o desperdício de nutrientes. A pesquisa teve como objetivo caracterizar o sistema aquapônico e fazer a análise da viabilidade econômica da implantação de um consórcio produtivo de Tilápias o Nilo *Oreochromis niloticus* (Linnaeus, 1758) e alface (*Lactuca sativa*). A pesquisa se caracteriza como bibliográfica, aplicada, descritiva com abordagem quantitativa. O estudo permitiu obter um entendimento melhor sobre os modelos e desempenho dos sistemas aquapônicos, as principais espécies cultivadas e que melhor se adaptam a esse sistema de cultivo, além de compreender o funcionamento dos parâmetros de qualidade da água para uma melhor produção, e dos processos de manejo do sistema. Demonstrou ainda que mesmo com cenários pessimistas, elevando-se os custos e reduzindo os preços de venda, o projeto apresentou valor presente líquido positivo, taxa mínima de atratividade acima do mínimo de retorno exigido e tempo de recuperação do investimento relativamente curto.

Palavras-chave: Sistema aquapônico, sustentabilidade, viabilidade econômica, instrumentos de Análise, Valor presente Líquido.

ABSTRACT

Aquaponics is a form of cultivation that fits the standards of sustainable food production, by uniting different cultures and reducing nutrient waste. The research aimed to characterize the aquaponic system and analyze the economic feasibility of implementing a productive consortium of Tilapias, Nile *Oreochromis niloticus* (Linnaeus, 1758) and lettuce (*Lactuca sativa*). The research is characterized as bibliographical, applied, descriptive with a quantitative approach. The study allowed us to obtain a better understanding of the models and performance of aquaponic systems, the main cultivated species that best adapt to this cultivation system, in addition to understanding the functioning of the water quality parameters for better production, and the processes system management. It also showed that even with pessimistic scenarios, increasing costs and reducing sales prices, the project had a positive net present value, a minimum rate of attractiveness above the minimum required return and a relatively short payback time.

Keywords: Aquaponic system, sustainability, economic viability, Analysis instruments, Net Present Value.

1 INTRODUÇÃO GERAL

O crescente aumento da população gera a necessidade de mais produção de alimentos, maior consumo de água, energia e recursos naturais, e, como consequência, a poluição (FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS - FAO, 2021). Para amenizar tais efeitos, há necessidade de sistemas de produção mais equilibrados que reduzam o uso de recursos naturais, sem perder a produtividade (ARAÚJO, 2015).

A água é um recurso valioso e indispensável a todos os seres vivos e já se percebe certa limitação em sua disponibilidade em algumas regiões, tais como Europa, Sudoeste Asiático, Ásia Central e México inclusive Brasil (ARAÚJO, 2015). No Brasil, por exemplo, a agricultura é o setor que mais consome água através da irrigação (67,2% dos 1.109 metros cúbicos consumidos por segundo) (ANA, 2018).

Portanto, existe a necessidade de repensar atitudes, buscando produções mais sustentáveis, que diminuam os impactos causados ao meio ambiente e também reduzam os custos de produção, possibilitando maior eficiência econômica-ambiental (SOUZA *et al.*, 2019), visto que as práticas agrícolas tradicionais provocam impactos negativos ao meio ambiente (ALSHROUF, 2017).

Nessa conjuntura, surge a aquaponia como uma alternativa de intensificação da produção de maneira sustentável (BELINTANO *et al.*, 2020), um modo de produção milenar, em que os antigos povos babilônios e Astecas, utilizavam balsas flutuantes para produzir alimentos de origem animal e vegetal (ARAÚJO, 2015).

Esse modelo de produção superintensivo de alimentos, combina a aquicultura e a horticultura, em um sistema que imita os ciclos de nutrientes na natureza (LOVE *et al.*, 2015; MEDINA *et al.*, 2016), no qual os vegetais agem como filtro biológico, extraíndo os elementos necessários para o seu desenvolvimento, e, ao mesmo tempo, deixando a água habitável para os peixes (JORDAN *et al.*, 2014; GEISENHOF *et al.*, 2016).

Esse sistema de cultivo é considerado inovador por utilizar baixo consumo de água, cerca de 90% de economia se comparado com o cultivo tradicional (SOMERVILLE *et al.*, 2014), devido ao sistema de recirculação fechado e grande aproveitamento de resíduos orgânicos (RAKOCY; LOSORDO; MASSER, 2006), um dos seus principais atrativos (GRABER; JUNGE, 2009; DEDIU *et al.*, 2012). Além da possibilidade de implantação em locais com pouca disponibilidade de recursos

hídricos (TYSON; TREADWELL; SIMONNE, 2011), e ser viável economicamente (RAKOCY; LOSORDO; MASSER, 2006; GRABER; JUNGE, 2009).

Contudo, antes de se iniciar qualquer empreendimento, existe a necessidade de realizar uma análise da viabilidade econômica e financeira do projeto, o que auxiliará nas tomadas de decisão. Neste contexto, o objetivo do estudo foi caracterizar o sistema aquapônico e fazer a análise da viabilidade econômica da implantação de um consórcio produtivo de Tilápias do Nilo *Oreochromis niloticus* (Linnaeus, 1758) e alface (*Lactuca sativa*).

Para atingir esse objetivo a dissertação foi estruturada em dois artigos. O primeiro intitulado “Aquaponia: caracterização biológica de um consórcio produtivo de tilápias do Nilo *Oreochromis niloticus* (Linnaeus, 1758) e alface (*Lactuca sativa*)” e teve como objetivo caracterizar os elementos necessários para a implantação de um projeto aquapônico tendo como metodologia a pesquisa bibliográfica.

O segundo artigo é denominado “Análise de viabilidade econômica de um consórcio produtivo com tilápias do Nilo *Oreochromis niloticus* (Linnaeus, 1758) e alface (*Lactuca sativa*)”. Trata-se de uma pesquisa descritiva, com abordagem quantitativa e teve como instrumentos de coleta o roteiro estruturado e observação direta. As ferramentas de análise foram Valor Presente Líquido (VPL), a Taxa Interna de Retorno (TIR) e o Tempo de Retorno do Capital (*Payback*). A Taxa Mínima de Atratividade (TMA) foi 8,86% a.a. A análise foi simulada com diferentes cenários por um período de 10 anos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALSHROUF, A. Hydroponics, aeroponic and aquaponic as compared with conventional farming. **American Scientific Research Journal for Engineering, Technology and Sciences**, v. 27, n. 1, p. 247-255, 2017.

ANA. AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. **HIDROWEB**, 2018. 2018. Disponível em: <https://www.gov.br/ana/pt-br/assuntos/noticias/tecnicos-de-todo-o-pais-discutem-uso-eficiente-da-agua-na-agricultura-irrigada>. Acesso em: 22 set. 2021.

ARAÚJO, A. F. **Integração de plantas com espécie Federal de Santa Catarina, Centro de Ciências Agrárias**. Dissertação (Mestrado em Aquicultura) - Programa de Pós-Graduação em Aquicultura, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2015.

BELINTANO, A. L. O.; KREUTZ, F. I.; MESSIAS, E. A.; IBANHEZ, J. R.; FERREIRA, M. W.; GUILHERME, D. de O. Sistema de aquaponia em escada: estudo de caso. **Pubvet**, v. 14, n. 1, 2020.

DEDIU, L.; CRISTEA, V.; XIAOSHUAN, Z. Waste production and valorization in anintegrated aquaponic system with bester and lettuce. **African Journal of Biotechnology**, v. 11, n. 9, p. 2349-2358, 2012.

FAO. FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. **Mudanças climáticas e sustentabilidade ambiental na América Latina e no Caribe**. 2021.

GEISENHOF, L. O.; JORDAN, R. A.; SANTOS, R. C.; OLIVEIRA, F. C. de.; GOMES, E. P. Efeito de diferentes substratos na produção de alface aquapônica associada à criação intensiva de tilápia com recirculação de água. **Engenharia Agrícola**, v. 36, n. 1, p. 291-299, 2016. doi: 10.1590/1809-4430-Eng.Agric.v36n2p291-299/2016

GRABER, A.; JUNGE, R. Aquaponic Systems: Nutrient recycling from fish wastewater by vegetable production. **Desalination**, v. 246, n. 1, p. 147-156, 2009. doi: 10.1016/j.desal.2008.03.048.

JORDAN, R.; CORTEZ, L. A. B.; BALDASSIN JÚNIOR, R.; SCORVO, J. D.; FRASCÁ-SCORVO, C. M. D.; RIGOLINO, M. G.; TABATA, Y. A. Sistema intensivo de criação de peixe com recirculação de água e controle de temperatura via bomba de calor de duplo efeito térmico. **Revista Brasileira de Engenharia de Biosistemas**, v. 5, n. 1, 2014. doi: 10.18011/bioeng2011v5n1p12-22.

LOVE, D. C.; FRY, J. P.; LI, X.; HILL, E. S.; GENELLO, L.; SEMMENS, K. E. N.; THOMPSON, R. E. Commercial aquaponics production and profitability: Findings from international survey. **Aquaculture**, v. 435, p. 67-74, 2015. doi: 10.1016/j.aquaculture.2014.09.023

MEDINA, M.; JAYACHANDRAN, K.; BHAT, M. G.; DEORAJ, A. Assessing plant growth, water quality and economic effects from application of a plant-based

aquafeed in a recirculating aquaponic system. **Aquaculture International**, v. 24, n. 1, p. 415-427, 2016. doi: 10.1007/s10499-015-9934-3.

RAKOCY, J. E.; LOSORDO, T. M.; MASSER, M. P. Recirculating aquaculture tank production systems: aquaponics-integrating fish and plant culture. **Aquaculture Center Publications**, n. 454, p. 1-7, 2006.

SOUZA, P. F. de; BORGHEZAN, M.; ZAPPELINI, J.; CARVALHO, L. R. de; REE, J.; BARCELOS-OLIVEIRA, J. L.; PESCADOR, R. Diferenças fisiológicas de alface 'Crocantela' cultivadas em sistemas convencional e hidropônico. **Horticultura Brasileira**, v. 37, n. 1, p. 101-105, 2019. doi: 10.1590/s0102-053620190116.

SOMERVILLE, C.; COHEN, M.; PANTANELLA, E.; STANKUS, A.; LOVATELLI, A. Small-scale aquaponic food production: Integrated fish and plant farming. FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper. 2014. Disponível em: <https://www.fao.org/3/i4021e/i4021e.pdf>. Acesso em: 12 out. 2021.

TYSON, R. V.; TREADWELL, D.D.; SIMONNE, E. H. Opportunities and challenges to sustainability in aquaponic systems. **HortTechnology**, v. 21, n. 1, p. 6-13, 2011. doi: 10.21273/HORTTECH.21.1.6.

ARTIGO I

AQUAPONIA: CARACTERIZAÇÃO BIOLÓGICA DE UM CONSÓRCIO PRODUTIVO DE TILÁPIAS DO NILO (*Oreochromis niloticus* Linnaeus, 1758) E ALFACE (*Lactuca sativa*)

AQUAPONICS: BIOLOGICAL CHARACTERIZATION OF A PRODUCTION CONSORTIUM OF NILE TILAPIA (*Oreochromis niloticus* Linnaeus, 1758) AND LETTUCE (*Lactuca sativa*)

[Interações- Revista xxx]

RESUMO

O aumento da população, as mudanças climáticas, a degradação do solo e a poluição faz com o que a segurança alimentar da população esteja ameaçada. É esperado um aumento da população mundial, em que, até 2050, esta ultrapasse 9,5 bilhões de habitantes. Além disso, de acordo com a FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS - FAO, cerca de 10% da população global passou fome em 2020. Diante disso, são necessários sistemas produtivos integrados, que aumentem a produção de alimentos e diminuam o impacto ambiental ao meio ambiente. A aquaponia se encaixa nesse tipo de produção, unindo a hidroponia e a aquicultura, um modo de produção sustentável capaz de gerar alimentos de origem animal e vegetal, livres de defensivos agrícolas e pesticidas. O objetivo do estudo foi caracterizar o sistema de aquaponia por meio de uma revisão de literatura, visando identificar os elementos necessários para a implantação, funcionamento e manejo produtivo das espécies. Após a finalização da pesquisa, foi possível ter um entendimento mais aprofundando sobre os principais modelos dos sistemas aquapônicos, seu funcionamento, noções dos parâmetros de qualidade de água, bioconversão das bactérias e manejo, além das principais espécies cultivadas.

Palavras-chave: Sistema aquapônico, sustentabilidade, meio ambiente.

ABSTRACT

The increase in population, climate change, soil degradation, pollution means that the food security of the population is threatened. It is expected an increase in the world population, and that by 2050 it will exceed 9.5 billion inhabitants. In addition, according to the FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS - FAO, about 10% of the global population went hungry in 2020. In view of this, integrated production systems are needed that increase food production and reduce the impact environment to the environment. Aquaponics fits into this type of production by uniting hydroponics and aquaculture, a sustainable production method capable of generating food of animal and plant origin, free of agricultural pesticides and pesticides. The objective of the study was to characterize the aquaponics system through a literature review and as a specific objective to identify the elements necessary for the implantation, functioning and productive management of the species. After completing the research, it was possible to have a deeper understanding of the main models of aquaponic systems, their functioning, notions of water quality

parameters, bacterial bioconversion and management, in addition to the main cultivated species.

Keywords: Aquaponic system, sustainability, environment.

1 INTRODUÇÃO

O aumento da população mundial culminada com o crescente consumo de alimentos, utilização de recursos naturais e o receio da escassez da água, gera pressão sobre os setores responsáveis pela produção alimentícia (BRAZ FILHO, 2014). De acordo com os cenários, perspectivas e padrões de crescimento demográfico sugeridos pela Organização das Nações Unidas (ONU), é esperado um aumento considerado na população, atingindo 9,7 bilhões de habitantes até 2050 (ONU, 2021).

Neste cenário, é necessário que o produtor esteja atento aos novos modelos de produção de alimentos, buscando aumentar a produtividade e reduzir o uso de recursos naturais, tornando-o mais competitivo (SOUZA; GIMENES; BINOTTO, 2019). Tal necessidade não se restringe apenas à produção de mais alimentos, mas também de atender às demandas dos consumidores, que exigem uma produção que utilize menos recursos naturais e defensivos agrícolas, através das boas práticas ambientais. Sem contar as exigências impostas pelas leis ambientais que preconizam que os produtores desenvolvam novas modalidades de produção (DALAZEN *et al.*, 2019; MORAES *et al.*, 2020).

A aquaponia é uma forma de cultivo que atende essa demanda, uma vez que, comparada com a agricultura convencional, apresenta larga vantagem para o consumidor, produtor e também ao meio ambiente (ALSHROUF, 2017), surgindo como um sistema de cultivo que se encaixa nos padrões de produção sustentável de alimentos, que une diversas culturas, reduz o desperdício de nutrientes, e gera economia de água de até 90% (SOMERVILLE *et al.*, 2014). Além da extinção do uso de pesticidas e produtos químicos, fator que torna a produção mais saudável (CARNEIRO *et al.*, 2015; DANNER *et al.*, 2019).

Nesse contexto o estudo tem como objetivo caracterizar o sistema de aquaponia por meio de uma revisão de literatura visando identificar os elementos necessários para sua implantação, funcionamento e manejo produtivo das espécies.

Justifica-se o estudo tendo em vista que a aquaponia é uma alternativa promissora da integração agrícola e aquática, contudo faz-se necessário um estudo

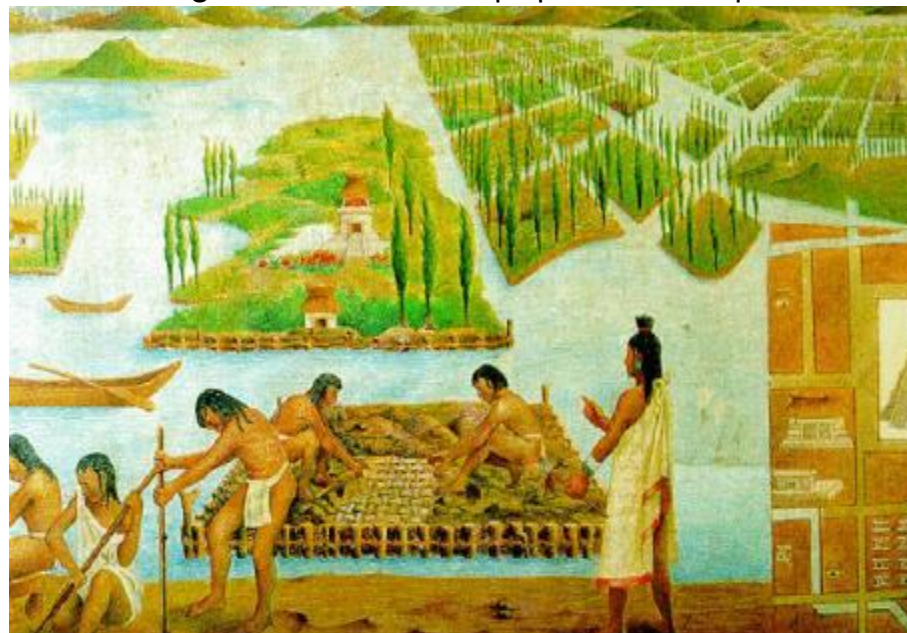
mais aprofundado da caracterização dos principais modelos de sistemas aquapônicos existentes e sua forma de condução, visto que, embora existam diversos estudos sobre a temática (CARNEIRO *et al.*, 2015; TOKUNAGA *et al.*, 2015; BOSMA *et al.*, 2017; MONSEES *et al.*, 2019; PETREA *et al.*, 2019) estes se apresentam de maneira fragmentada.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 HISTÓRICO SOBRE AQUAPONIA

A aquaponia é uma remodelagem de um padrão de cultivo Asteca, no México, sobre ilhas denominadas de "Chinampas". No Sul da China, Tailândia, Indonésia e Egito, o cultivo de arroz integrado com peixes nessas áreas alagadas, era uma prática comum de sistemas aquapônicos (THORARINSDOTTIR, 2015). Esse modelo iniciou com produções sobre ilhas artificiais (Figura 01), construídas para a produção vegetal e fertilizada através da utilização da água com a presença de diferentes organismos aquáticos (ALCANTUD; CUELLO, 1992).

Figura 1: Modelo de Aquaponia Chinampas



Fonte: Emereciano *et al.* (2015)

Em 1970, os cientistas da Universidade das Ilhas Virgens (UVI), nos Estados Unidos, iniciaram novas pesquisas sobre aquaponia comandadas pelo Dr. Jim

Rakocy. A partir do modelo chinampas, criaram um *layout* que inspirou muitos sistemas comerciais construídos por vários produtores e pesquisadores no mundo todo (THORARINSDOTTIR, 2015). A Austrália optou por iniciar a produção em pequena escala, já nos Estados Unidos, desenvolveram novas pesquisas com intuito de criar um sistema de produção viável economicamente (THORARINSDOTTIR, 2015).

No início dos anos 2000, outros países como Canadá e Israel também iniciaram pesquisas com o objetivo do cultivo comercial e em pequenas produções, conhecidas como os *backyard aquaponics* ou aquaponia de fundo de quintal, com intuito de atender o comércio local (DUNWOODY, 2013; CARNEIRO *et al.*, 2015; GODDEK; VERMEULEN, 2018; ARAÚJO, 2019).

Ainda em meados dos anos 2000, a aquaponia foi testada por Graber e Junge (2009) e teve como resultado rendimentos semelhantes com os de produção hidropônica. Rakocy, Losordo e Masser (2006), com uma unidade de pequena produção, comprovaram sua eficácia, do ponto de vista econômico, na produção de ervas culinárias, os autores alertaram que com esses tipos de hortaliças a renda pode ser até vinte vezes maior comparada com outras culturas.

Além desses, outros estudos utilizaram as técnicas de avaliação de investimento como o Valor Presente Líquido e a Taxa Interna de Retorno com intuito de avaliar a produtividade e a possibilidade de investimento na produção aquapônica (TOKUNAGA *et al.*, 2015; BOSMA *et al.*, 2017). Salam *et al.* (2015) e Buzby *et al.* (2017) também abordaram essa temática em suas pesquisas, além de outros estudos realizados.

Já no Brasil, a partir de 2010, iniciaram-se pesquisas acerca do tema (ARAÚJO, 2019) e, gradativamente, o assunto vem ganhando corpo, tanto na academia quanto nas empresas de apoio a pesquisa, tais como a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), que já possui experimentos com resultados positivos, e também em pequenas residências com pessoas que utilizam a técnica para produção de subsistência (BARBOSA, 2011).

2.2 CARACTERIZAÇÃO DO SISTEMA AQUAPÔNICO

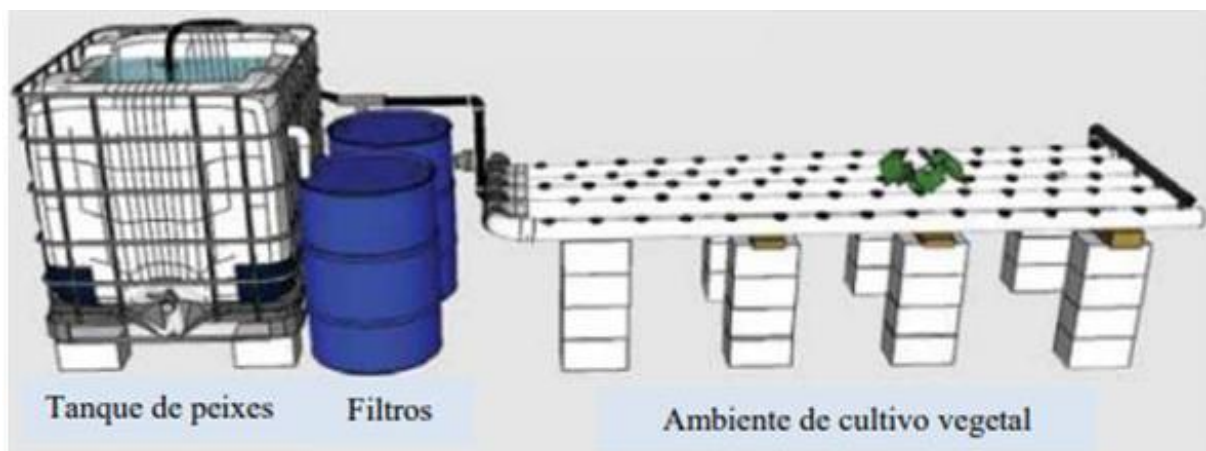
Para a implantação de um sistema aquapônico é necessária uma infraestrutura completa com energia elétrica, água de qualidade, ambiente arejado além de diversos

materiais tais como biofiltros, ambiente de produção vegetal, casa de vegetação, entre outros (CARNEIRO, *et. al.*; 2015).

A casa de vegetação ou o cultivo protegido é uma técnica que pode ser usada em diferentes tipos de cultivares, uma vez que o principal objetivo é impedir que as plantas sofram estresses climáticos como, por exemplo: o excesso de chuva, incidências de ventos, granizos, controle de temperatura do ambiente, proporcionando aumento da temperatura no inverno e sombreamento ou refrigeração no verão, além de minimizar o ataque de insetos, pragas e doenças (TAWAHA *et al.*, 2018; MARY; ZONTA; COMETTI, 2019).

Na aquaponia, todos os componentes utilizados são abrigados dentro da casa de cultivo. Esse sistema é caracterizado pela junção de três organismos distintos (peixes, plantas e bactérias) que se desenvolvem de maneira simbiótica (Figura 2) (PETREA *et al.*, 2019), produzindo simultaneamente alimentos de origem animal e vegetal, além de reduzir o consumo de água (HUNDLEY; NAVARRO, 2013; SOMERVILLE *et al.*, 2014).

Figura 1 - Sistema convencional do modelo de aquaponia



Fonte: Somerville *et al.* (2014).

Além disso, no sistema aquapônico, ocorre um fluxo contínuo de nutrientes através do ciclo biológico natural, notoriamente a nitrificação ou bioconversão realizada pelas bactérias dos gêneros *nitrosomonas* e *nitrobacter* realizadas no filtro biológico. A ação dessas bactérias é necessária, uma vez que a água residual dos tanques dos peixes possui uma elevada taxa de amônia devido aos resíduos excretados (fezes), juntamente com os restos de ração (CARNEIRO *et al.*, 2015). Desta forma, toda a água proveniente dos peixes é liberada para um filtro decantador (Figura 3), a fim de remover esses sólidos.

Figura 2 - Filtro decantador



Fonte: Adaptado de Queiroz *et al.* (2017).

Esses filtros decantadores são indicados para sistemas aquapônicos com densidades maiores que 10 kg/m^3 , já para sistemas com densidades de biomassa menores, não há necessidade dos filtros, uma vez que a produção destes resquícios é mínima, sendo capturados e degradados dentro do próprio filtro biológico (CARNEIRO *et al.*, 2015). O filtro decantador com fundo cônico é o mais indicado, por possuir maior eficiência, visto que os resíduos se sedimentam e são retirados por uma válvula instalada na sua base (HUNDLEY; NAVARRO, 2013; CARNEIRO *et al.*, 2015).

Após passagem pelo filtro decantador, a água é transportada para outro recipiente denominado filtro biológico (Figura 4). No filtro biológico, há a presença de argila expandida, lascas de tijolos, britas e mídias biológicas, que tem como função auxiliar na bioconversão ou nitrificação das bactérias (CARNEIRO *et al.*, 2015).

Figura 3 - Filtro Biológico: (A) Mídias biológicas e (B) Argila expandida e britas

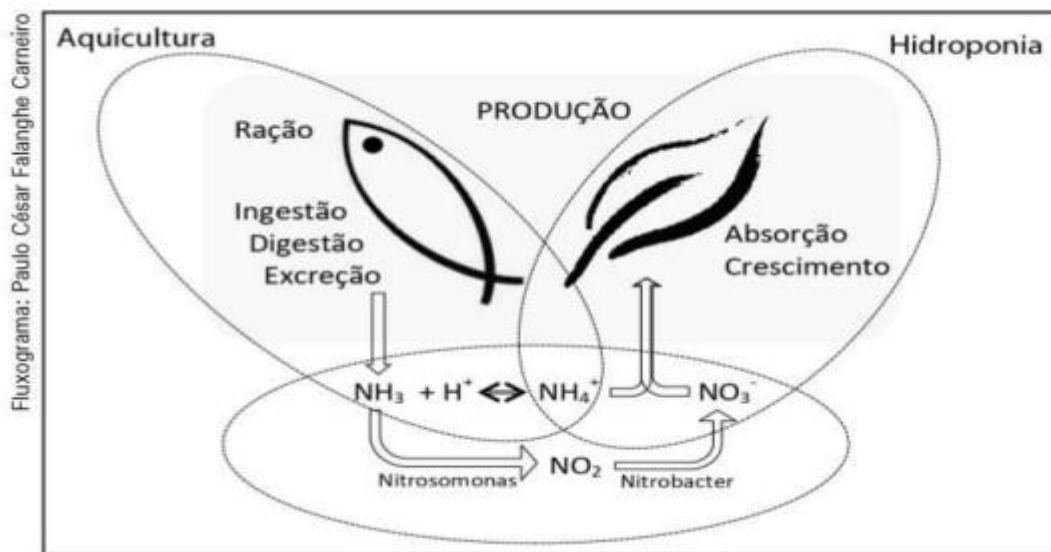


Fonte: Acervo próprio (2021).

Nesse processo (nitrificação das bactérias), os restos de ração e as excretas dos peixes são convertidos em nutrientes que serão absorvidos pelas plantas, após o processo de conversão da amônia (NH_3) em Nitrito (NO_2^-) e, posteriormente, em nitrato (NO_3^-), realizado pelas bactérias do gênero *Nitrobacter*, conhecidas como bactérias nitrificantes. É nesse momento que há a transformação das substâncias tóxicas oriundas dos peixes em nutrientes assimiláveis pelas plantas (CARNEIRO *et al.*, 2015; MONSEES *et al.*, 2019).

O surgimento das colônias de bactérias na aquaponia acontece naturalmente no filtro biológico, cerca de 20 a 40 dias após a soltura dos peixes (CARNEIRO *et al.*, 2015). É nesse momento que há um aumento significativo dos níveis de nitrito e nitrato e o sistema está preparado para receber as primeiras mudas. Todo esse processo (Figura 5) é imprescindível, uma vez que o desenvolvimento das plantas está intimamente ligado a natureza do nitrogênio e seus compostos na água. Além disso, a produtividade dependerá principalmente do monitoramento e manutenção da qualidade da água e dos peixes (CARNEIRO *et al.*, 2015; GODDECK *et al.*, 2015).

Figura 4 - Ciclo Aquapônico



Fonte: Carneiro *et al.* (2015).

É importante aguardar o momento correto para introdução das mudas no sistema aquapônico, visto que as bactérias que realizam essa conversão são responsáveis pela filtragem biológica da água, garantindo sua condição adequada para o desenvolvimento normal dos peixes (CARNEIRO *et al.*, 2015; CELESTRINO; VIEIRA, 2018).

Existem duas categorias principais de nutrientes que são indispensáveis para o desenvolvimento das plantas, os macronutrientes: Carbono (C), Hidrogênio (H), Oxigênio (O), Nitrogênio (N), Fósforo (P), Potássio (K), Cálcio (Ca), Enxofre (S) e Magnésio (Mg); e os micronutrientes ex: Ferro (Fe), Cloro (Cl), Manganês (Mn), Boro (B), Zinco (Zn), Cobre (Cu) e Molibdênio (Mo) (SOMERVILLE *et al.*, 2014; GODDECK *et al.*, 2015). A água residual do cultivo dos organismos aquáticos, é capaz de fornecer os nutrientes necessários para a produção (GEISENHOF *et al.*, 2016), porém existem alguns destes que são ofertados de forma limitada ou mesmo são escassos do sistema de aquaponia, como potássio, cálcio e ferro (SOMERVILLE *et al.*, 2014).

Além disso, não é necessário eliminar o excesso de nutrientes, isso porque ocorre uma simbiose entre peixes, microorganismos e plantas, tornando a água adaptável a todos organismos envolvidos. Portanto, o papel das plantas (raízes) na filtragem é necessário para o crescimento e saúde dos peixes, resultando no uso sustentável de água e nutrientes (GODDEK *et al.*, 2015; JOHNSON *et al.*, 2017).

O sistema fechado é a grande característica da produção aquapônica, combinada com o sistema de recirculação da aquicultura (RAS), visto que a água rica

em nutrientes é reutilizada e descartada apenas com o tempo, quando encerra-se um ciclo da cultura (JOHNSON *et al.*, 2017). Essa alternativa é uma das mais utilizadas pois é capaz de permitir uma produção ecologicamente correta sem a perda da qualidade do produto (JOHNSON *et al.*, 2017).

Na aquaponia, podem ser utilizados diferentes sistemas para a produção das plantas, cada um com suas especificidades, vantagens e desvantagens, os principais tipos utilizados são: *Media-filled bed*, *gravel bed* ou ambiente de cultivo em cascalho (Figura 4), *floating*, *raft* ou ambiente flutuante (Figura 5) e *Nutrient Film Technique* (NFT) ou ambiente de cultivo em canaletas (Figura 6) (CARNEIRO *et al.*, 2015; THORARINSDOTTIR, 2015).

Cultivo em cascalhos – canteiros: é utilizado com maior frequência em sistemas para produção de pequena escala, as chamadas aquaponia de fundo de quintal (Figura 06) (THORARINSDOTTIR, 2015). Os substratos que dão suporte as espécies cultivadas, são: argila expandida, pedra brita, areia grossa, perlita, entre outros, esses substratos fornecem superfície que auxiliam na biofiltração/ nitrificação e, portanto, no desenvolvimento da planta (CARNEIRO *et al.*, 2015; THORARINSDOTTIR, 2015).

Figura 5 - Sistema compacto de aquaponia com cultivo em canteiros



Fonte: Adaptado de Carmo e Tami (2018).

Esse tipo de canteiro é indicado principalmente para cultivos de plantas frutadas como tomate (*Solanum lycopersicum*) e pepino (*Cucumis sativus*), em consequência do suporte fornecido para as raízes das plantas, porém, pode ser utilizado também para produção de morangos (*Fragaria × ananassa*) e alfaces

(*Lactuca sativa*). Possui baixa estocagem de peixes, não tendo a necessidade de filtro decantador (CARNEIRO *et al.*, 2015), devido ao “fluxo e refluxo” da água e do ar, possibilitando que as mídias biológicas “respirem” atendendo as necessidades das bactérias que utilizam o oxigênio, a água e os resíduos dissolvidos (THORARINSDOTTIR, 2015).

Sistema *DWC* (deep water culture), floating, raft ou ambiente flutuante: a produção das hortaliças é realizada em ambiente flutuante (Figura 7), em placas de poliestireno. As raízes ficam submersas o tempo todo na água, para absorção dos nutrientes (JOHNSON *et al.*, 2017), além disso é necessário adquirir fonte de aeração distribuída ao longo de todo canal.

Figura 6 - Sistema de cultivo *DWC* em ambiente flutuante (modelo experimental)



Fonte: Caló (2011).

Essa superfície disponível, é o local onde ocorre a nitrificação das bactérias, o que torna dispensável o uso de filtro biológico, porém o filtro decantador deve ser eficiente, a fim de evitar acúmulo de sujeiras, o que influenciaria de forma negativa todo o ciclo de desenvolvimento (CARNEIRO *et al.*, 2015). Esse tipo de sistema é recomendado para produções em média e grande escala.

Film Technique (NFT) ou ambiente de cultivo em canaletas: os tanques onde são desenvolvidos os peixes, são conectados a um sistema de hidroponia

(QUEIROZ *et al.*, 2017). Nessa técnica são utilizadas canaletas ou canos de PVC nos quais as raízes das plantas ficam imersas dentro das canaletas, e é nessa água que estão presentes todos os nutrientes responsáveis para o desenvolvimento da planta (JOHNSON *et al.*, 2017). Existem inúmeras classificações em relação a organização do sistema hidropônico, como por exemplo: o vertical, horizontal e aeroponia (COMETTI; FURLANO; GENUNCIO, 2019).

O sistema NFT é caracterizado por uma bancada suspensa do solo a uma altura de cerca de 0,7 a 1,0 m (Figura 8) (COMETTI; FURLANO; GENUNCIO, 2019) levemente inclinada a fim de facilitar a circulação normal da água (FRAILE-ROBAYO *et al.*, 2017).

Figura 7 - Sistema NFT



Fonte: Arquivo pessoal.

Na aquaponia, a Tilápia *Oreochromis niloticus* (Linnaeus, 1758) é o tipo de peixe mais utilizado, porém já existem resultados satisfatórios com outros organismos aquáticos tais como: tambaqui *Colossoma macropomum* (Cuvier, 1818) (CORTEZ *et al.*, 2009; SACE; FITZSIMMONS, 2013; LIMA *et al.*, 2019), o matrinxã *Brycon cephalus* (Gunther, 1869) (CORTEZ *et al.*, 2009), o pacu *Myleus pacu* (Jardine, 1941) (PINHO *et al.*, 2018), a carpa comum *Cyprinus carpio* (Linnaeus, 1758) (SHETE *et al.*, 2016) e o camarão-da-amazônia *Macrobrachium amazonicum* (Heller, 1862) (LIMA *et al.*, 2019).

Nesse tipo de produção, já para o cultivo de plantas, é aconselhável usar aquelas que são adaptadas para cultivo em hidroponia por serem mais tolerantes às altas concentrações de água e nutrientes dissolvidos nas raízes (RAKOCY; MASSER; LOSORDO, 2007). As espécies mais cultivadas são: rúcula (*Eruca sativa*), manjerição

(*Ocimum basilicum*), agrião, repolho (*Brassica oleracea* var.), morango (*Fragaria vesca*), pimenta (*Capsicum* spp.), cebolinha, pepino (*Cucumis sativus*), tomate (*Solanum lycopersicum*), a alface (*Lactuca sativa*) e o espinafre (*Spinacia oleracea*), (BRAZ-FILHO, 2014) JONES, 2002; GARCÍA-ULLOA *et al.*, 2005; RAKOCY; MASSER; LOSORDO, 2007; TYSON *et al.*, 2008; PANTANELLA *et al.*, 2010; RONZÓN-ORTEGA; HERNÁNDEZ-VERGARA; PÉREZ-ROSTRO, 2012; NHAN *et al.* 2019).

2.3 CONSÓRCIO ENTRE PLANTAS E PEIXES NO SISTEMA AQUAPÔNICO

Na aquaponia os peixes são produzidos em sistemas de recirculação da água com a presença de biofiltros e unidades de filtração mecânica, com intuito de remover os resíduos sólidos (MONSEES *et al.*, 2019). Contudo, antes de iniciar qualquer tipo de produção pelo sistema aquapônio, é necessário levar em consideração quatro fatores principais: a qualidade da água, a quantidade de peixes por m³, o tipo de planta (folhosas ou frutíferas) e a quantidade de plantas por m² (CARNEIRO *et al.*, 2015; LEIRA *et al.*, 2017).

A principal forma de inserção de nutrientes no sistema é através da ração dos peixes (CARNEIRO *et al.*, 2015), no entanto, é necessário calcular a densidade de peixes estocados (kg/m³), visto que influenciará diretamente na quantidade de nutrientes disponibilizados para as plantas. O tipo de ração recomendada é a extrusada, uma vez que possui maior digestibilidade e menor desperdício. A ração ofertada aos peixes deve ser dividida entre 2 a 3 refeições diárias e pode ser redefinida de acordo com o crescimento e a taxa de alimentação expressa em % do peso vivo (ANDRADE *et al.*, 2015).

Porém essa quantidade é apenas um referencial, todavia é necessário observar, pois, caso haja sobras significativas após 10 minutos, há um indicativo de excesso (GUILHERME; SOBREIRA; OLIVEIRA, 2019), visto que influencia diretamente na qualidade da água e pode ocasionar contaminação (LEIRA *et al.*, 2017).

O número de plantas inseridas no sistema está diretamente relacionado com a biomassa dos peixes estocados, uma vez que influenciará na quantidade de nutrientes disponibilizados para as plantas. Segundo a literatura (RAKOCY; LOSORDO; MASSER, 2006; SOMERVILLE *et al.*, 2014), a forma mais utilizada para calcular a quantidade de alimentos para os peixes é 40 a 60 g/dia de ração para nutrir um m² de vegetais folhosos, no entanto, para outros tipos de plantações mais exigentes, como por exemplo tomateiros ou frutíferas, a quantidade de plantas deverá ser reduzida tendo em vista que estas exigem cerca de 70 a 100 g/dia de ração por m².

No modelo NFT, a alface é uma das espécies mais indicadas, tendo em vista que já é cultivada em sistemas hidropônicos, a bancada deve ter no máximo 12m de comprimento, e, para o cultivo da alface, o espaçamento indicado entre plantas é de 21 cm de distância, devido a interferência na absorção e distribuição dos nutrientes e no desenvolvimento das plantas (SOMERVILLE *et al.*, 2014).

Entre as espécies de água doce, a tilápia é considerada a espécie que possui melhor desenvolvimento por ser um peixe rústico, possuir maior resistência a variações da qualidade da água e alterações de temperatura, crescimento rápido, disponibilidade de alevinos, mais tolerante a altas densidades de estocagem, maior facilidade de manejo alimentar, baixo custo de produção e também rentabilidade elevada (MARENGONI, 2006; ANDRADE *et al.*, 2015; CARNEIRO *et al.*, 2015; DANNER *et al.*, 2019; BELINTANO *et al.*, 2020).

Além disso, é o tipo de peixe que mais cresce em termos de produção no Brasil e no mundo (ANDRADE *et al.*, 2015). Em 2020 a tilápia foi à espécie com maior índice de exportação (88,17%), seguido pelo curimatá (*Prochilodus vimboides* Kner, 1859) (5,16%) e o tambaqui (*Colossoma macropomum* Cuvier, 1816) (4,81%), totalizando cerca de 11,7 milhões de dólares, valor movimentado em exportações (PEIXE BR, 2021).

2.4 MANEJO E PRINCIPAIS PARÂMETROS DE ANÁLISE DA QUALIDADE DA ÁGUA

Para que não haja interferência diretamente no desenvolvimento das espécies é necessário que os parâmetros de qualidade da água se mantenham estáveis e garantam tanto a eficiência produtiva quanto a taxa de sobrevivência (ALVES DE OLIVEIRA, 2001; CERQUEIRA, 2021). Portanto, é necessário a aquisição de um Kit

de análise de água, além do conhecimento básico acerca da interpretação dos resultados dos principais parâmetros (MALLASEN *et al.*, 2008; QUEIROZ *et al.*, 2017; CERQUEIRA, 2021) a fim de realizar uma rotina de análises (semanal ou diária) de acordo com cada especificidade (CERQUEIRA, 2021) e assim prever ou solucionar possíveis problemas (QUEIROZ *et al.*, 2017).

Oxigênio dissolvido (OD) - é considerado um dos parâmetros mais importantes de análise da água para a criação de organismos aquáticos (THORARINSDOTTIR, 2015), uma vez que, se disponibilizado em pequena quantidade, pode ocasionar atraso no crescimento, redução na alimentação, aumento da incidência de doenças e letalidade (KUBITZA, 2003).

É indicado manter a concentração de oxigênio dissolvido acima de 5 mg L⁻¹, para tal é necessário o uso de bombas d'água ou aeradores para aumentar o fluxo da água (SOMERVILLE *et al.*, 2014). Além disso, fatores tais como, quantidade de organismos por unidade de volume, respiração e fotossíntese podem influenciar na variação diária da concentração de OD (ANDRADE *et al.*, 2016).

Há espécies de peixes que toleram índices mais baixos de OD, porém, em produções aquapônicas é interessante manter índices mais altos, uma vez que envolve três organismos distintos, bactérias, plantas e peixes (SOMERVILLE *et al.*, 2014). Desta forma, Somerville *et al.* (2014) recomendam que, quando há temperaturas mais altas ou em certos períodos do ano, é indicado o uso de mais bombas de aeração, uma vez que a capacidade de reter OD diminui na medida que a temperatura se eleva.

Potencial hidrogeniônico (pH) - na aquaponia, o pH recomendado para atender os três tipos de seres envolvidos é em torno de 7,0 (considerado neutro), se o pH sair dessa faixa, o crescimento dos peixes e o desenvolvimento das plantas podem ser afetados, além disso, níveis de pH abaixo de seis, podem ocasionar deficiência de alguns nutrientes tais como fósforo, magnésio, cálcio e molibdênio, já quando o pH está acima de 7,0, outros nutrientes (manganês, ferro, zinco e cobre) podem decrescer em solubilidade (CERQUEIRA, 2021). Dessa maneira, é recomendado o acompanhamento, a fim de evitar mais danos, tais como a inibição das bactérias nitrificantes, principalmente as responsáveis pela oxidação do nitrito (KUBTIZA, 2011; OLIVEIRA *et al.*, 2013; QUEIROZ *et al.*, 2017).

Amônia (NH³) - O nitrogênio é um dos principais parâmetros de análise da água, e entra no sistema através da alimentação dos peixes (proteína bruta). Parte

dessa proteína é usada em sua alimentação e o restante é liberado nos resíduos em forma de amônia (NH^3) (SOMERVILLE *et al.*, 2014), liberado através da secreção nitrogenada dos organismos aquáticos, e também resultado da decomposição microbiana dos resíduos orgânicos (KUBITZA, 1999). O filtro biológico ajuda no controle dos níveis de amônia, agindo em conjunto com as bactérias nitrificadoras pelo processo de nitrificação (QUEIROZ *et al.*, 2017).

No tanque de peixes a amônia é exibida em duas formas: NH^3 forma não ionizada e tóxica aos peixes; e $\text{NH}^4 +$, forma ionizada, menos tóxica aos peixes (KUBITZA, 2011). A quantidade de NH^3 e $\text{NH}^4 +$ podem variar de acordo com os valores do pH e da temperatura, quanto maior for o pH, maior será a porcentagem da amônia total presente como NH^3 na água (KUBITZA, 2011). Portanto, é necessário atenção quanto ao acúmulo de amônia nos sistemas de aquaponia, uma vez que pode ocasionar diminuição da produção, aumento de estresse dos peixes e, conseqüentemente, perdas (FRANCIS-FLOYD *et al.*, 2015).

Nitrito (NO^{2-}) - resultado da atividade biológica proveniente da decomposição de componentes das proteínas da matéria orgânica. O nitrito em concentração na água acima de 0,3 mg/L pode comprometer o crescimento e a resistência dos peixes, quando esse valor atinge a marca de 0,7 mg/L, em alguns casos, pode ser letal (ONO; KUBITZA, 2003).

Nitrato (NO_3) - é um composto menos tóxico para os peixes comparado com outras formas de nitrogênio, mesmo em elevadas concentrações, por isso, não representa qualquer risco para a piscicultura (RAKOCY; LOSORDO; MASSER, 2006), podendo suportar níveis de até 300mg/litro. Porém, para as plantas, níveis maiores que 250 mg/litro podem ocasionar efeito negativo nas culturas, provocando crescimento excessivo, além de ocasionar acúmulo de nitratos nas folhas, provocando riscos para a saúde humana (SOMERVILLE *et al.*, 2014).

Temperatura - é um dos principais fatores responsáveis pelo desenvolvimento dos fenômenos químicos e biológicos nos tanques dos peixes, no qual todas as atividades fisiológicas estão relacionadas (LEIRA *et al.*, 2017). A temperatura favorável para o desenvolvimento de Tilápia do Nilo, é recomendada entre 14-36°C (THORARINSDOTTIR, 2015). Caso haja temperaturas frequentes entre 27 e 30°C, estas podem chegar até 800 gramas em um período de 6 a 8 meses (TIMMONS; EBELING, 2010), uma vez que esse fator tem influência na alimentação e no crescimento, todavia, temperaturas extremas, podem ocasionar mortalidades.

Condutividade elétrica (CE) - tem a função de mensurar a quantidade de íons na água, quantificar os nutrientes disponíveis e até mesmo detectar indicativos de poluição (MERCANTE *et al.*, 2011, CERQUEIRA, 2021). A taxa de CE para a produção de peixes pode variar entre 20 $\mu\text{S.cm}^{-1}$ e 100 $\mu\text{S.cm}^{-1}$, porém, é necessário estar atento, pois, para a produção de hortaliças, a CE indicada é de no máximo 70 $\mu\text{S.cm}^{-1}$ (MERCANTE *et al.*, 2011). Visto que altas concentrações podem ocasionar limitação do potencial osmótico da solução, ocorrer acúmulo de íons tóxicos, diminuir a taxa de Oxigênio dissolvido e reduzir a absorção de macro e micronutrientes das plantas.

Além disso, é capaz de interferir no metabolismo dos peixes e das plantas, no entanto, caso a água apresente CE aumentada, pode-se corrigir adicionando mais água, e, se o índice for abaixo do indicado, é sinal que há poucos nutrientes disponíveis (GODIM *et al.*, 2010; MERCANTE *et al.*, 2011; LENZ *et al.*, 2017). Portanto a análise da CE é recomendada que seja realizada diariamente, a fim de monitorar os nutrientes dissolvidos (QUEIROZ *et al.*, 2017).

Ferro (FE) – é utilizado nos cloroplastos e na cadeia de transporte de elétrons, e também necessário para a fotossíntese e respiração das plantas (SOMERVILLE *et al.*, 2014). Em sistemas de aquaponia, é normal haver certas deficiências de ferro, dessa forma é indicado realizar análises semanais para verificar se há necessidade de uma suplementação em concentrações de 2 ppm em sua forma quelada, isso porque facilita a disponibilidade de absorção das plantas (THORARINSDOTTIR, 2015; QUEIROZ *et al.*, 2017). A deficiência do ferro pode ser identificada observando o aspecto das folhas novas (cloróticas), visto que as folhas mais velhas permanecem verdes.

Portanto, quando se projeta um sistema de aquaponia, há a necessidade de considerar os parâmetros de qualidade da água, referentes aos três organismos envolvidos, a Tabela 1 apresenta os principais parâmetros para o equilíbrio desses elementos:

Tabela 1 - Parâmetro ideal para os organismos peixes, bactérias e plantas

	Temp. (°C)	pH	Amônia (mg/L)	Nitrito (mg/L)	Nitrato (mg/L)	Oxigênio Dissolvido (mg/L)
Sistema de aquaponia	18-30	6 a 7	< 1	<1	5 -150	> 5

Fonte: Somerville *et al.* (2014).

Percebe-se a importância dos cuidados necessários para o sucesso da produção aquapônica em manter o equilíbrio das bactérias, dos peixes e das plantas, o que pode ser considerado um desafio para vários produtores em atender as exigências desse tripé de elementos vivos.

3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O estudo permitiu um entendimento mais aprofundando sobre os principais modelos de sistemas aquapônicos, sua forma de condução e funcionamento, espécies cultivadas, parâmetros de qualidade de água, processo de bioconversão das bactérias e manejo. Identificou-se que embora a aquaponia seja um modelo de cultivo milenar, no Brasil pesquisas sobre a temática foram iniciadas em meados de 2010 conquistando novos territórios, visto ser uma atividade que gera ganhos ambientais, produção orgânica integrada e pode ser desenvolvida em pequenos espaços.

Sugere-se que sejam realizados estudos de viabilidade econômica, a fim de identificar os reais custos de implantação e manutenção, bem como as receitas e os possíveis fluxos de caixa gerados, para assim criar estratégias produtivas de forma que reduzam o consumo de recursos naturais e o uso de insumos agrícolas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALCANTUD, J. A. G.; CUELLO, A. M. **El agua. Mitos, ritos y realidades**. Anthropos Editorial. Coloquio Internacional, Rubí, Barcelona, 1992.

ALSHROUF, A. Hydroponics, aeroponic and aquaponic as compared with conventional farming. **American Scientific Research Journal for Engineering, Technology, and Sciences (ASRJETS)**, v. 27, n. 1, p. 247-255, 2017.

ALVES DE OLIVEIRA, R. C. **Monitoramento de fatores físicoquímicos de represas utilizadas para criação de *Colossoma macropomum* no Município de Carlinda, Mato Grosso**. Monografia. Universidade do Estado de Mato Grosso, Alta Floresta, Mato Grosso. 2001.

ANDRADE, C. L.; RODRIGUES, F. S.; CARVALHO, D. P.; PIRES, S. F.; PIRES, M. F. Nutrição e alimentação de Tilápias do Nilo Nutrição, alimentação, Tilápia do Nilo. **Nutri Time – Revista Eletrônica**, v. 12, n. 6, 2015.

ANDRADE, C. L.; RODRIGUES, F. S.; CASTRO, K. dos S.; PIRES, M. F.; PIRES, S. F. Fatores que influenciam no desempenho e sobrevivência de tilápias em sistema de tanques-rede. Densidade de estocagem, qualidade da água, tanque-rede, tilápia. **Nutri Time – Revista Eletrônica**, v. 13, n. 1, 2016.

ARAÚJO, C. S. P. **A aquaponia: desafios e oportunidades para a produção de peixes e hortaliças no estado do Pará – Estudo de caso: projetos de aquaponia no município de Bragança-Pará**. 2019. 137f. Dissertação (Mestrado em Gestão de Recursos Naturais e Desenvolvimento Local na Amazônia) - Núcleo de Meio Ambiente, Universidade Federal do Pará, Belém, 2019.

BARBOSA, W. P. **Aproveitamento do efluente da produção de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) para produção de manjerona (*Origanum majorana*) e manjerição (*Ocimum basilicum*) em sistemas de aquaponia**. 2011. 55p. Planejamento e Gestão Ambiental – Universidade Católica de Brasília, Brasília, 2011.

BELINTANO; A. L. de O.; KREUTZ, F. I.; MESSIAS, E. A.; IBANHEZ, J. R.; FERREIRA, M. W.; GUILHERME, D. de O Sistema de aquaponia em escada: estudo de caso. **Pubvet**, v. 14, n. 1, 2020.

BOSMA, R. H.; LACAMBRA, L.; LANDSTRA, Y.; PERINI, C.; POULIE, J.; SCHWANER, M. J.; YIN, Y. The financial feasibility of producing fish and vegetables through aquaponics. **Aquacultural Engineering**, v. 78, p. 146-154, 2017.

BRAZ FILHO, M. dos S. P. Aquaponia: Alternativa para sustentabilidade na aquicultura. **XXIV Congresso Brasileiro de Zootecnia**. UFES. Vitória, ES, 2014.

BUZBY, K. M.; WATERLAND, N. L.; SEMMENS, K. J.; LIN, L. S. Evaluating aquaponic crops in a freshwater flow-through fish culture system. **Aquaculture**, v. 460, p. 15-24, 2017. doi: 10.1016/j.aquaculture.2016.03.046

CALÓ, P. **Breve história da aquaponia**. Aquaponia no Brasil. A arte de criar peixes e plantas. 2011. Disponível em: <https://aquaponiabrasil.wordpress.com/breve-historia-da-aquaponia/>. Acesso em: 24 ago. 2011.

CARMO, G.; TAMI, N. **Aquaponia, você sabe o que é?** Pet Zootecnia. 2018. Disponível em: <https://petzoofzea.com.br/noticia17.html>. Acesso em: 24 ago. 2021.

CARNEIRO, P. C. F.; MORAIS, C. A. R. S.; NUNES, M. U. C.; MARIA, A. N.; FUJIMOTO, R. Y. **Produção integrada de peixes e vegetais em aquaponia**. 23 p. II. Documentos. Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2015.

CELESTRINO, R. B.; VIEIRA, C. S. Sistema Aquapônico: Uma forma de produção sustentável na Agricultura Familiar e em área periurbana. **Revista Eletrônica Competências Digitais para Agricultura Familiar**, v. 4, n. 1, 2018.

CERQUEIRA, D. C. O. Manejo e qualidade da água em sistemas aquapônicos. E-book: **Educação como (re) Existência**: mudanças, conscientização e conhecimentos. Volume 01. Campina Grande: Realize Editora, 2021. p. 1042-1056. Disponível em: <https://www.editorarealize.com.br/index.php/artigo/visualizar/74126>. Acesso em: 29 nov. 2021.

COMETTI, N. N.; FURLANI, P. R.; GENUNCIO, G. C. **Hidroponia para técnicos**. Manejo de plantas em NFT. Brasília: Editora IFB, 2019.

CORTEZ, G. E. P.; ARAÚJO, J. A. C.; BELLINGIERI, P. A.; DALRIL, A. B. Qualidade química da água residual da criação de peixes para cultivo de alface em hidroponia. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 13, p. 494-498, 2009.

DALAZEN, J. R.; SIA, E. de F.; MOTA, C. M.; BENTES, J. R.; BARROS, I. B. A. de. Avaliação econômica do sistema de aquaponia familiar em Santarém, oeste do Pará. **Revista Agroecossistemas**, v. 11, n. 2, p. 40-56, 2019.

DANNER, R. I.; MANKASINGH, U.; ANAMTHAWAT-JONSSON, K.; THORARINSDOTTIR, R. I. Aquaponic production systems towards integration into greenhouse farming. **Water**, v. 11, n. 10, 2019. doi: 10.3390/w11102123

DUNWOODY, R. K. **Aquaponics and hydroponics: the effects of nutrient source and hydroponic subsystem design on sweet basil production**. Tese (Doutorado em Ciências) – Departamento de Biologia e Agricultura, University of Central Missouri, Missouri, 2013.

FRANCIS-FLOYD, R.; WATSON, C.; PETTY, D.; POUDER, D. B. **Ammonia in aquatic systems**. University of Florida/ Fisheries and Aquatic Sciences Department. Document FA16, 5 pp., 2015. Disponível em: <https://edis.ifas.ufl.edu/pdf/FA/FA03100.pdf>. Acesso em: 22 mai. 2021.

EMERENCIANO, M. G. C.; MELLO, G. L.; PINHO, S. M.; MOLINARI, D.; BLUM, M.N. Aquaponia: uma alternativa de diversificação na aquicultura. **Panorama da aquicultura**. Vol.25. Jan/Fev. 2015.

FRAILE-ROBAYO, R. F.; ALVAREZ-HERRERA, J. G.; FRAILE-ROBAYO, L. D.; ALVAREZ-HERRERA, O. F.; FRAILE-ROBAYO, A. L. Evaluation of the growth and quality of lettuce (*Lactuca sativa* L.) in a closed recirculating hydroponic system. **Agronomia Colombiana**, v. 35, n. 2, p. 216-222, 2017. doi: 10.15446/agron.colomb.v35n2.63439

GARCÍA-ULLOA, M.; LEÓN, C.; HERNÁNDEZ, F. Y CHÁVEZ, R. Evaluación de un sistema experimental de acuaponia. **Avances en Investigación Agropecuaria**, v. 9, n. 1, 2005.

GEISENHOF, L. O.; JORDAN, R. A.; SANTOS, R. C.; OLIVEIRA, F. C. de; GOMES, E. P. Efeito de diferentes substratos na produção de alface aquapônica associada ao cultivo intensivo de tilápias com sistemas de recirculação de água.

Engenharia Agrícola, v. 36, n. 2, p. 291-299, 2016. doi: 10.1590/1809-4430-Eng.Agric.v36n2p291-299/2016

GODDEK, S.; DELAIDE, B.; MANKASINGH, U.; RAGNARSDOTTIR, K. V.; JIJAKLI, H.; THORARINSDOTTIR, R. Challenges of sustainable and commercial aquaponics. **Sustainability**, v. 7, p. 4199-4224, 2015. doi: 10.3390/su7044199.

GODDEK, S.; VERMEULEN, T. Comparison of *Lactuca sativa* growth performance in conventional and RAS-based hydroponic systems. **Aquaculture International**, v. 26, p. 1377–1386, 2018. doi: 10.1007/s10499-018-0293-8.

GODIM, A. R. D. O.; PEREIRA-FLORES, M. E.; MARTINEZ, H. E. P.; FONTES, P. C. R.; PEREIRA, P. R. G. Condutividade elétrica na produção e nutrição de alface em sistema de cultivo NFT. **Bioscience Journal**, v. 26, n. 6, p. 884-904, 2010.

GUILHERME, L. C.; SOBREIRA, R. S.; OLIVEIRA, V. Q. Sisteminha Embrapa - UFU – FAPEMIG. **Sistema Integrado de Produção de Alimentos Módulo 1: tanque de peixes**. Documentos 259. 2019.

GRABER, A.; JUNGE, R. Aquaponic Systems: Nutrient recycling from fish wastewater by vegetable production. **Desalination**, v. 246, n. 1-3, p. 147-156, 2009. doi: 10.1016/j.desal.2008.03.048.

HUNDLEY, G. C.; NAVARRO, D. R. Aquaponia: a integração entre piscicultura e a hidroponia. **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável (RBAS)**, v. 3, n. 2, p. 52-61, 2013.

JOHNSON, G.; BUZBY, K.; SEMMENS, K.; WATERLAND, N. Year-round lettuce (*Lactuca sativa* L.) production in a flow-through aquaponic system. **Journal of Agricultural Science**, v. 9, n. 1, 2017. doi: 10.5539/jas.v9n1p75.

JONES, S. **Evolution of aquaponics**. Aquaponics J, v. 6, p. 14-17. Wiscousin, EUA. 2002.

KUBITZA, F. **Qualidade da água na produção de peixes**. 3ª ed. Jundiaí: Degaspari. 1999. 97p.

KUBITZA, F. **Qualidade da água no cultivo de peixes e camarões**. Jundiaí: Fernando Kubitza, 2003.

KUBITZA, F. **Tilápia: tecnologia e planejamento na produção comercial**. 2ª ed. Jundiaí: F. Kubitza. 2011. 316 p.

LEIRA, M. H.; CUNHA, L. T. BRAZ, M. S.; MELO, C. C. V.; BOTELHO, H. A.; REGHIM, L. S. Qualidade da água e seu uso em pisciculturas. **Pubvet**, v. 11, n. 1, p.11-17, 2017.

LENZ, G. L.; DURIGON, E. G.; LAPA, K.; EMERENCIANO, M. G. C. Produção de alface (*Lactuca sativa*) em efluentes de um cultivo de tilápias mantidas em sistema

BFT em baixa salinidade. **Boletim do Instituto de Pesca - São Paulo**, p. 614-630, 2017. doi: 10.20950/1678-2305.2017v43n4p614

LIMA, J. F.; DUARTE S. S.; BASTOS, S. S.; CARVALHO, T. Performance of an aquaponics system using constructed semi-dry wetland with lettuce (*Lactuca sativa* L.) on treating wastewater of culture of Amazon River shrimp (*Macrobrachium amazonicum*). **Environmental Science and Pollution Research**, v. 26, p. 13476-13488, 2019.

MALLASEN, M.; BARROS, H. P. Piscicultura em tanques-rede na concentração de nutrientes em um corpo d'água. In CYRINO, J. E. P.; FURUYA, W. M.; RIBEIRO, R. P.; SCORVO FILHO, J. D. **Tópicos especiais em biologia aquática e aquicultura III**. Jaboticabal: Sociedade Brasileira de Aquicultura e Biologia Aquática. p.79-85, 2008.

MARENGONI, N. G. Produção de tilápia do Nilo *Oreochromis niloticus* (linhagem chitralada), cultivada em tanques-rede, sob diferentes densidades de estocagem. **Archivos de Zootecnia**, v. 55, n. 210, 2006.

MARY, W.; ZONTA E.; COMETTI N. N. **Hidroponia para Técnicos**. Hidroponia como sistema de produção agrícola. 1ª ed. Brasília: Editora IFB, 2019.

MERCANTE, C. T. J.; CARMO, C. F. do; RODRIGUES, C. J.; OSTI, J. A. S.; PINTO, C. S. M.; VAZ-DOS-SANTOS, A. M.; TUCCI, A.; DI GENARO, A. C. Limnologia de viveiro de criação de tilápias do Nilo: Avaliação diurna visando boas práticas de manejo. **Boletim do Instituto de Pesca**, v. 37, n. 1, p. 73–84, 2011.

MORAES, V. H.; GIONGO, P. R.; SILVA, F. de F.; MESQUITA, M.; ABREU, J. P. de; PEREIRA, A. D. Behavior of three lettuce cultivars in a hydroponic system. **Revista Facultad Nacional Agronomía Medellín**, v. 73, n. 2, p. 9165-9170, 2020. doi: 10.15446/rfnam.v73n2.75423.

MONSEES, H.; SUHL, J.; PAUL, M.; KLOAS, W.; DANNEHL, D.; WURTZ, S. Lettuce (*Lactuca sativa*, variety Salanova) production in decoupled aquaponic systems: Same yield and similar quality as in conventional hydroponic systems but drastically reduced greenhouse gas emissions by saving inorganic fertilizer. **Plos One**, v. 14, n. 6, e0218368, 2019.

NHAN, H. T.; TAI, N. T.; LIEM, P. T.; UT, V. N.; AKO, H. Effects of different stocking densities on growth performance of Asian swamp eel *Monopterus albus*, water quality and plant growth of watercress *Nasturtium officinale* in an aquaponic recirculating system. **Aquaculture**, v. 503, p. 96-104, 2019.

OLIVEIRA, A. C. G.; BLAICH, C. I.; LOPES, D. D.; SANTANA, S. V.; PRATES, K. NMP de bactérias nitrificantes e desnitrificantes e sua relação com os parâmetros físicoquímicos em lodo ativado para remoção biológica de nitrogênio de lixiviado de aterro sanitário. **Revista DAE**, v.192, p. 60-69, 2013.

ONO, E. A.; KUBITZA, F. **Cultivo de peixes em tanques-rede**. 3ª ed. Jundiaí: E. A. Ono, 2003. 112p.

ONU. Organização das Nações Unidas. **Declaração Universal dos Direitos Humanos da ONU**. 2021. Disponível em: <https://brasil.un.org/pt-br/83427-populacao-mundial-deve-chegar-97-bilhoes-de-pessoas-em-2050-diz-relatorio-da-onu>. Acesso em: 12 ago. 2021.

PANTANELLA, E.; CARDARELLI, M.; COLLA, G.; REA, E.; MARCUCCI, A. Aquaponics vs. Hydroponics: Production and Quality of Lettuce Crop. *In* XXVIII International Horticultural Congress on Science and Horticulture for People (IHC2010): **International Symposium on Greenhouse 2010 and Soilless Cultivation**. Acta Hort. (ISHS) 927:887-893. 2010.

PEIXES BR (PEIXES). **Anuário Brasileiro da Piscicultura Peixes BR 2019**. Associação Brasileira de Piscicultura, 2021.

PETREA, S. M.; BANDI, A. C.; CRISTEA, D.; NECULITA, M. Cost-benefit analysis into integrated aquaponics systems. **Custos e @gronegócio on line**, v. 15, n. 3, 2019.

PINHO, S. M.; MELLO, G. L.; FITZSIMMONS, K. M.; EMERENCIANO, M. G. Integrated production of fish (pacu *Piaractus mesopotamicus* and red tilapia *Oreochromis* sp.) with two varieties of garnish (scallion and parsley) in aquaponics system. **Aquaculture International**, v. 26, p. 99-112, 2018.

QUEIROZ, J. F.; FREATO, T. A.; LUIZ, A. J. B.; ISHIKAWA, M. M.; FRIGHETTO, R. T. S. **Boas práticas de manejo para sistemas de aquaponia**. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Embrapa Meio Ambiente. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Documentos 113. 2017. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/178041/1/2018DC01.pdf>. Acesso em: 13 ago. 2020.

RAKOCY, J. E.; LOSORDO, T. M.; MASSER, M. P. Recirculating aquaculture tank production systems: aquaponics: integrating fish and plant culture. **Aquaculture Center Publications**, n. 454, p. 1-7, 2006.

RAKOCY, J.; MASSER, M.; LOSORDO, T. Ten guidelines for aquaponic systems. **Aquaponics Journal**, v. 46, p. 14-17, 2007.

RONZÓN-ORTEGA, M.; HERNÁNDEZ-VERGARA, M. P.; PÉREZ-ROSTRO, I. C. Hydroponic and aquaponic production of sweet basil (*Ocimum basilicum*) and giant river prawn (*Macrobrachium rosenbergii*). **Tropical and Subtropical Agroecosystems**, v. 15, S63-S71. 2012.

SACE, C. F.; FITZSIMMONS, K. M. Vegetable production in a recirculating aquaponic system using Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) with and without freshwater prawn (*Macrobrachium rosenbergii*). **Journal Agriculture Research**, v. 1, p. 236-250, 2013.

SALAM, M.; JAHAN, N.; HASHEM, S.; RANA, K. Feasibility of tomato production in aquaponic system using different substrates. **Progressive Agriculture**, v. 25, p. 54-62, 2015. doi: 10.3329/pa.v25i0.24075.

SHETE, A. P.; VERMA, A. K.; CHADHA, N. K.; PRAKASH, C.; PETER, R. M.; AHMAD, I. Optimization of hydraulic loading rate in aquaponic system with Common carp (*Cyprinus carpio*) and Mint (*Mentha arvensis*). **Aquacultural Engineering**, v. 72, p. 53-57, 2016.

SOMERVILLE, C.; COHEN, M.; PANTANELLA, E.; STANKUS, A.; LOVATELLI, A. **Small-scale aquaponic food production: Integrated fish and plant farming**. FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper. 2014. Disponível em: <https://www.fao.org/3/i4021e/i4021e.pdf>. Acesso em: 12 out. 2021.

SOUZA, S. V.; GIMENES, R. M. T.; BINOTTO G. E. Economic viability for deploying hydroponic system in emerging countries: A differentiated risk adjustment proposal, **Land Use Policy**, v. 83, p. 357-369, 2019. doi: 10.1016/j.landusepol.2019.02.020.

TAWAHA, A. R.; KARAKI, G.; TAWAHA, A. R.; SIRAJUDDIN, S.; MAKHADMEH, I.; MEGAT WAHAB, P.; YOUSSEF, R.; ALSULTAN, W.; MASSADEH, A. Effect of water flow rate on quantity and quality of lettuce (*Lactuca sativa* L.) in nutrient film technique (NFT) under hydroponics conditions. **Bulgarian Journal of Agricultural Science**, v. 24, p. 793-800, 2018.

TIMMONS, M. B.; EBELING, J. M. **Recirculating Aquaculture**. NRAC. 2010.

TYSON, R. V.; SIMONNE, E. H.; TREADWELL, D. D.; WHITE, J. M.; SIMONNE, A. Reconciling pH for ammonia biofiltration and cucumber yield in a recirculating aquaponic system with perlite biofilters. **HortScience, Alexandria, USA**, v. 43, p. 719-724, 2008.

THORARINSDOTTIR, R. I. **Aquaponics Guidelines**. Haskolaprent, Reykjavik, Iceland, 2015.

TOKUNAGA, K.; TAMARU, C.; AKO, H.; LEUNG, P. Economics of small-scale commercial aquaponics in Hawaii. **Journal of the World Aquaculture Society**, v. 46, p. 20-32, 2015. <https://doi.org/10.1111/jwas.12173>.

ARTIGO II

ANÁLISE DE VIABILIDADE ECONÔMICA DE UM CONSÓRCIO PRODUTIVO COM TILÁPIAS DO NILO *Oreochromis niloticus* (Linnaeus, 1758) E ALFACE (*Lactuca sativa*)

[Custos do @grnegócios - Revista xxx]

RESUMO

A aquaponia é um sistema fechado que une a hidroponia e aquicultura para produção de alimentos de forma econômica e sustentável, por acoplar diversas culturas e reduzir o desperdício de nutrientes. A pesquisa teve como objetivo avaliar a viabilidade econômica de um sistema aquapônico na produção de peixes consorciada com alface em uma propriedade rural no município de Tangará da Serra – MT. Os objetivos foram identificar os elementos necessários para a implantação do projeto; estimar os custos e as receitas e desenvolver fluxos de caixa. A pesquisa é do tipo descritiva com abordagem quantitativa e as ferramentas de análise foram Valor presente líquido (VPL), Taxa interna de retorno (TIR), Retorno do investimento (*Payback*) e ABC Análise Custo/Benefício. A Taxa mínima de atratividade (TMA) foi de 8,86%. O projeto apresentou viabilidade econômica, mesmo em cenários pessimistas e o tempo médio de recuperação do investimento foi de pouco mais de 1 ano.

Palavras-chave: Aquaponia, indicador econômico, fluxo de caixa, instrumentos de análise.

ABSTRACT

Aquaponics is a closed system that combines hydroponics and aquaculture to produce food economically and sustainably by coupling different cultures and reducing nutrient waste. The research had as objective to evaluate the economic viability of an aquaponic system in the production of fish intercropped with lettuce in a rural property in the city of Tangará da Serra - MT and as specific objectives: to identify the necessary elements for the implantation of the project; estimate costs and revenues and develop cash flows. The research is descriptive, with a quantitative approach and the analysis tools were Net Present Value (NPV), Internal Rate of Return (IRR), Return on Investment (*Payback*) and ABC Cost/Benefit Analysis. The Minimum Attractiveness Rate (TMA) was 8.86%. The project showed economic viability, even in pessimistic scenarios, and the average investment recovery time was just over 1 year.

Keywords: Aquaponics, economic indicator, cash flow, analysis instruments.

1 INTRODUÇÃO

O Brasil possui cerca de 12% da água doce disponível no mundo (AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO - ANA, 2020) e a aquicultura tradicional é uma das áreas de produção em ascensão (FOOD AND AGRICULTURE

ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS - FAO, 2020). Em 2021, o país foi responsável pela produção de 841.005 toneladas de peixes de cultivo, tais como carpas, trutas, pangásius, peixes nativos e tilápia, esta última representou 63% do total produzido. Contudo, nos últimos oito anos, o crescimento foi de 45,7% da produção geral (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA PSICULTURA - PEIXE BR, 2022).

Em contrapartida, caso a produção seja mal planejada, pode provocar altos impactos socioambientais, como, por exemplo, a elevada contaminação da água devido a produção de efluentes com grandes concentrações de compostos nitrogenados e fosfatados, que podem provocar a mortandade dos peixes (HU *et al.*, 2015).

Nesse sentido, surge a aquaponia, que une aquicultura e a horticultura reproduzindo os ciclos de nutrientes da água na natureza (DANNER *et al.*, 2019), um sistema considerado sustentável por reduzir o consumo da água, aumentar a qualidade do produto e diminuir os impactos ao meio ambiente, bem como os custos de produção (LISBÔA, 2019). Faz a interligação do reaproveitamento dos recursos naturais por meio da reciclagem de nutrientes e sua liberação em diferentes fases de crescimento, gerando, conseqüentemente, menor impacto ambiental, corte de gastos e otimização econômica (GODECK *et al.*, 2015).

Neste contexto, a pesquisa tem como objetivo avaliar a viabilidade econômica de um sistema aquapônico da produção de Tilápias do Nilo *Oreochromis niloticus* (Linnaeus, 1758) e alface (*Lactuca sativa*).

Justifica-se o estudo em razão de que, apesar da aquaponia ser defendida como uma atividade economicamente viável, pouco se sabe sobre os reais ganhos gerados, visto que a maioria dos estudos que existem tem como foco principal os aspectos técnicos (GODECK *et al.*, 2015). Portanto, análise de viabilidade econômica que envolve aquaponia torna-se necessária para auxiliar os empreendedores acerca das tomadas de decisão (GRANJA, 2018; DALAZEN *et al.*, 2019), visto que a produção comercial se apresenta em fase inicial (GREENFELD *et al.*, 2019). Além disso, estudos dessa natureza são capazes de possibilitar ao investidor a análise do possível retorno do investimento (LAMBERT; FRANZIN, 2014).

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 IMPORTÂNCIA DA ANÁLISE DE VIABILIDADE ECONÔMICA

O estudo da viabilidade econômica é indispensável pois utiliza diversos elementos baseados em critérios que, se avaliados em conjunto, possibilitam analisar se o projeto possui retornos positivos (ROVER *et al.*, 2014), rompendo assim a lógica do imprevisto, minimizando os riscos e as incertezas (PARISOTO *et al.*, 2019).

A análise de viabilidade econômica pode ser realizada tanto em um projeto particular, quanto em um grupo de ideias, por meio dela pode-se fazer projeções dos investimentos iniciais, dos custos e receitas, estimar os fluxos de caixa futuros, o tempo correspondente para reaver o investimento e a viabilidade do projeto (BORDEAUX-RÊGO *et al.*, 2013; PARISOTO *et al.*, 2019). Isso pode ser avaliado por meio de diversos indicadores, tais como o valor presente líquido (VPL), a taxa interna de retorno (TIR), a análise de custo-benefício (ACB) e o *payback* (GITMAN, 2010).

2.1.1 Valor presente líquido – VPL

O Valor Presente Líquido (VPL) (Equação 1) avalia o valor do dinheiro no tempo e é considerada uma técnica sofisticada de orçamento de capital. O VPL pode ser calculado subtraindo o investimento inicial do projeto pelo valor presente de suas entradas de caixa descontadas a uma taxa de custo de capital (GITMAN, 2010; SANCHES *et al.*, 2014).

Equação 1:

$$VPL = \sum_{t=0}^n \frac{FC_t}{(1+i)^t} - I_0 \quad (1)$$

Onde:

VPL: (i) é o valor presente líquido descontado a uma taxa

i: é a taxa de desconto

t: é o período genérico (t=0 a t=n), percorrendo todo o fluxo de caixa;

FC_t: é um fluxo de caixa genérico para t = (0...n) que pode ser positivo

(ingresso) ou negativos (desembolsos)

n : é o número de períodos do fluxo;

I_0 : é o investimento inicial

Interpretação

- $VPL > 0$: o projeto é viável.
- $VPL = 0$: o retorno poderá ser igual ao investimento, tornando o projeto indiferente.
- $VPL < 0$: não há expectativa de retorno, e o projeto poderá não ser viável.

Desta forma, o VPL é capaz de determinar um valor no momento inicial, tendo como base um fluxo de caixa formado por receitas e despesas, descontados a uma Taxa Mínima de Atratividade (TMA). Essa taxa, comumente chamada de taxa de desconto, retorno requerido e custo de oportunidade “[...] consiste no retorno mínimo que um projeto precisa proporcionar para manter inalterado o valor de mercado da empresa” (GITMAN, 2010, p. 369). É um indicador que tem como finalidade avaliar se um investimento é viável ou não e representa a taxa mínima que o investidor se dispõe a ganhar quando aplica seus recursos em algum projeto (ASSAF NETO; LIMA, 2009).

2.1.2 Taxa Interna de Retorno – TIR

É uma taxa de desconto que iguala o valor presente das entradas de caixa ao investimento que se teve no início do projeto (FREZATTI, 2008). Contudo, a viabilidade financeira é obtida no momento em que a TIR for igual ou superior a Taxa Mínima de Atratividade (TMA) (SANCHES *et al.*, 2014; GITMAN, 2010) (Equação 2).

Equação 2:

$$TIR = \sum_{t=0}^n \frac{FC_t}{(1+i)^t} = -FC_0 \quad (2)$$

Onde:

TIR: taxa interna de retorno;

FC_t : valor presente das entradas de caixa;

FC_0 : investimento inicial;

i : taxa de desconto

t: tempo de desconto de cada entrada de caixa;

n: tempo de desconto do último fluxo de caixa.

Interpretação:

- Se a TIR apresentar indicador maior do que a TMA, o projeto será viável;
- Se a TIR apresentar indicador menor do que a TMA, o projeto deve ser rejeitado;
- Se a TIR for igual a TMA o retorno do projeto será nulo (GITMAN, 2010).

É importante ressaltar que quando a empresa aceita projetos com TIRs maiores que o custo do capital, o empreendimento poderá aumentar o valor de mercado e o ganho dos acionistas (GITMAN, 2010).

2.1.3 Análise do Custo-Benefício

A análise custo benefício (ACB) consiste em dividir o valor presente do fluxo de retorno pelo valor presente do fluxo de investimentos (SOUZA; CLEMENTE, 2009) (Equação 3).

Equação 3:

$$IL = \frac{\sum_{t=1}^n \frac{FCL}{(1+i)^t}}{I_0} \quad (3)$$

Interpretação:

I_0 = investimento inicial

t= número de períodos

i= taxa de descontos (juros) considerados para atualizar o fluxo de caixa

Um projeto pode ser considerado atraente, quando apresentar resultado >1. Dessa maneira entende-se que o valor presente dos fluxos líquidos das entradas é maior que o valor presente líquido dos fluxos das saídas (PENEDO, 2005).

2.1.4 Tempo de retorno de investimento (*Payback*)

O *payback* permite identificar o tempo necessário para a recuperação do capital investido (KASSAI *et al.*, 2000). Segundo Gitman (2002), em decisões do tipo “aceitar ou rejeitar”, se o período de *payback* for menor que o período de *payback* máximo, aceita-se o projeto; caso contrário, rejeita-se o projeto. Esse prazo máximo pode ser determinado por meio da vida útil dos ativos, visto que é irrelevante aceitar um período de *payback* quando a vida útil de algum ativo seja inferior ao tempo designado para recuperação do projeto (Equação 4).

Equação 4:

$$PRC = \sum_{t=0}^k \frac{(FCL)}{(1+i)^k} \geq 0 \quad (4)$$

Interpretação:

FCL: Fluxo de caixa líquido esperado pela entrada de caixa

k: Tempo em que o VPL torna-se ≥ 0 ;

i: Taxa de desconto de juros considerado para atualizar o fluxo de caixa.

Outro exemplo de tempo máximo aceitável de *payback* pode ser definido pela empresa, baseado em alguns fatores, tais como percepção de risco do projeto, a relação entre o valor da ação e o período de *payback*, entre outros (GITMAN, 2002).

2.2 PANORAMA DA PRODUÇÃO E COMERCIALIZAÇÃO DE PEIXES NO BRASIL

A produção de peixes pode ser dividida em duas categorias: a pesca extrativa (artesanal) - retirada de recursos pesqueiros do ambiente natural e a aquicultura - ocorre em um ambiente aquático confinado e controlado que geralmente possui interesse econômico (SCHULTER; VIEIRA FILHO, 2017). Segundo a FAO (2021), a pesca e a aquicultura são capazes de gerar cerca de 2,8 milhões de empregos diretos e três vezes mais indiretos para a América Latina e Caribe. Declarou ainda que em 2022 seria o ano oficial da pesca artesanal e aquicultura no mundo, por ser uma importante fonte de renda e de proteína animal, além de ter papel relevante na segurança alimentar das pessoas (FAO, 2021).

A introdução desses alimentos no consumo possui diversas vantagens nutricionais, quando comparada com outros alimentos de origem animal, devido a grande quantidade de vitaminas lipossolúveis A e D, minerais, cálcio, fósforo, ferro, cobre, selênio e, nos peixes de água salgada, o iodo. Influenciando de maneira benéfica com ação antitrombótica, além dos aminoácidos que contém importante valor biológico para o ser humano (SARTORI; AMANCIO, 2012).

Outros benefícios encontrados no peixe são a facilidade de digestão, o baixo teor de gordura, conter ácido graxo e ômega 3, fator importante no auxílio da prevenção de doenças cardiovasculares (SCHULTER; VIEIRA FILHO, 2017). E também por fazer parte do grupo de alimentos mais saudáveis do planeta e desempenhar papel central na segurança alimentar e nutrição em todos os níveis (FAO, 2020).

O consumo mundial de peixes per capita em 2020 alcançou um novo recorde (20,5 kg por ano) e a tendência é aumentar na próxima década e atingir até 21,5 kg *per capita*, visto que a produção total de peixes deve subir para 204 milhões de toneladas até 2030, cerca de 15% a mais em relação a 2018 (FAO, 2020).

Essa evolução de produção descrita pela FAO pode ser percebida no Brasil (Tabela 1) visto que, em cinco anos, as principais espécies produzidas (Carpa, Tambacu, Tabatinga, Tambaqui e Tilápia) tiveram um crescimento de mais de 20% influenciado principalmente pela tilápia, que no período entre 2016 a 2020 teve um crescimento de 42,34%.

Tabela 1 - Produção (ton) dos principais peixes cultivados no Brasil

	2016	2017	2018	2019	2020
Carpa	20.336,8	18.866,6	17.916,2	17.609,2	17.011,7
Tambacu e Tabatinga	44.754,5	42.074,3	40.994,0	40.761,2	43.390,1
Tambaqui	112.783,4	108.286,0	102.554,4	101.079,5	100.569,7
Tilápia	241.384,6	281.235,2	312.856,3	323.750,4	343.595,5
Total	419.259,3	450.462,1	474.320,9	483.200,3	504.567,0

Fonte: IBGE (2020).

Os números apresentados pelo IBGE corroboram com os dados da Associação Brasileira de Peixes (PeixeBR) e o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, os quais descrevem que a piscicultura é a atividade que mais cresce no Brasil, mantendo uma média de crescimento de 5,6% desde 2014 (PEIXE BR, 2022). Em 2018, por exemplo, a produção atingiu um recorde de 179 milhões de

toneladas, o equivalente a cerca de US\$ 401 bilhões, desses, 156 milhões de toneladas foram destinadas ao consumo humano e o restante (22 milhões de toneladas) designado para usos não alimentares, como a produção de farinha de peixe e óleo de peixe (MAPA, 2022).

Porém, com a pandemia, a piscicultura foi diretamente impactada pela elevação dos preços dos insumos e matérias-primas para nutrição animal. Além disso, o mercado interno teve que enfrentar os elevados níveis de desemprego e, como consequência, a redução do poder de compra da população, o que ocasionou dificuldade na comercialização dos pescados, principalmente no norte e nordeste. Em contrapartida, como destaque positivo pode ser citado o crescimento das exportações no Brasil, que no período de 2021/2020, apresentou aumento de 49%, enquanto que em valores monetários 78% (PEIXE BR, 2022).

Entre os peixes exportados, percebe-se que a exportação dos inteiros congelados representa 41% do total, alta de 390% em US\$, se comparado com o ano de 2020 (Tabela 2).

Tabela 2 - Exportações da piscicultura brasileira, por categoria, 2021 (em US\$ e Toneladas)

Categoria de produto	Unidade	Total	Partic.	Variação 2021/2020
Peixes inteiros congelados	US\$	8.605.636	41%	390%
	Toneladas	4.145	42%	243%
Filés frescos ou refrigerados	US\$	5.437.438	26%	3%
	Toneladas	903	9%	10%
Subprodutos de peixe impróprios para alimentação humana	US\$	2.399.759	12%	61%
	Toneladas	2.927	29%	47%
Filés congelados	US\$	2.217.466	11%	573%
	Toneladas	381	4%	406%
Óleos e gorduras	US\$	1.437.530	7%	-32%
	Toneladas	1.316	13%	-40%
Peixes inteiros frescos ou refrigerados	US\$	664.024	3%	-7%
	Toneladas	257	3%	-30%
Outros filés de peixe*	US\$	6.839	0%	-57%
	Toneladas	2	0%	-47%

Fonte: Adaptado de COMEXSTAT/Ministério da Economia (2022). Elaboração: Embrapa Pesca e Aquicultura.

Destacam-se ainda os filés frescos ou refrigerados, que mantiveram a segunda colocação, com 26% do total e aumento de 3% em US\$. Contudo, o maior crescimento

obtido foi com o filé congelado, que apesar de estar em quarto lugar, apresentou um aumento de cerca de 573% em US\$ (PEIXE BR, 2022).

Entre as espécies, em 2021 a tilápia representou cerca de 88% das exportações em relação a 2020. De acordo com a produção global de tilápias, a China é a líder em produção, a estimativa de produção para 2022 é de 2 milhões de toneladas, cerca de 32% do total, apesar dos bloqueios a oferta e a demanda em todo setor de aquicultura e pesca devido a pandemia do COVID-19 (FAO, 2021). O Brasil encontra-se em quarto colocado em 2021 (534 mil toneladas) (PEIXE BR, 2022).

2.3 PANORAMA DA PRODUÇÃO E COMERCIALIZAÇÃO DA ALFACE NO BRASIL

A alface (*Lactuca sativa* L.) faz parte do ramo da holericultura, uma classificação presente dentro da horticultura que se dedica a produção de verduras, legumes e hortaliças folhosas (SEBRAE-BA, 2017). É uma holerícula que faz parte da família *Asteraceae*, sua origem foi na região Asiática, por volta do ano 4.500 a.C. porém, já era conhecida no antigo Egito. No Brasil, a alface começou a ser produzida pelos portugueses por volta do século XVI (INSTITUTO AGRONÔMICO DE CAMPINAS, 2005).

Embora seu cultivo apresente sensibilidade às condições adversas de temperatura, umidade do ar e chuvas, já existem tecnologias como por exemplo o melhoramento genético, a evolução de técnicas de manejo e adubação, o cultivo em ambiente protegido, o cultivo por meio da hidroponia e aquaponia, possibilitando a produção durante o ano todo. Essas tecnologias fazem com que o produto apresente maior durabilidade nas prateleiras, visual atrativo e, por conseguinte, melhor comercialização (YKORO; PEREIRA, 2020).

A alface é considerada uma das hortaliças mais consumidas na alimentação do brasileiro (COSTA; SALA, 2005; JUNQUEIRA; ALMEIDA, 2010) por apresentar sabor agradável, refrescância e facilidade no preparo, o que proporciona a essa cultura expressiva importância econômica (JUNQUEIRA; ALMEIDA, 2010).

De acordo com o último Censo Agropecuário do IBGE (2017), a quantidade de alface produzida foi de 671.509 toneladas, dessas 432.425/t foram oriundas da agricultura familiar. As regiões com maior produção de alface são o Sudeste (429.905/t) e o Sul (108.728/t), seguido do Nordeste (70.136), Centro-Oeste (47.441/t) e Norte (15.299/t).

Segundo a Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB, 2022), em 2021 houve uma redução na área plantada durante parte do ano, em razão da pandemia do COVID-19, do aumento nos custos de produção e também a entrada do inverno, ocasionando um desajuste no mercado produtivo, diminuindo a oferta. Esse desajuste na produção provocou um aumento elevado no preço do produto como, por exemplo, Ceagesp - São Paulo (76,44%), Ceasa/PR (40,07%), Ceasa Minas (36,20%), Ceasa/RJ (23,74%), Ceasa/SP (19,85%), Ceasa/GO (8,87%), Ceasa/CE (4,29%) e Ceasa/AC (0,35%) (CONFEDERAÇÃO DE AGRICULTURA E PECUÁRIA DO BRASIL -CNAB, 2022).

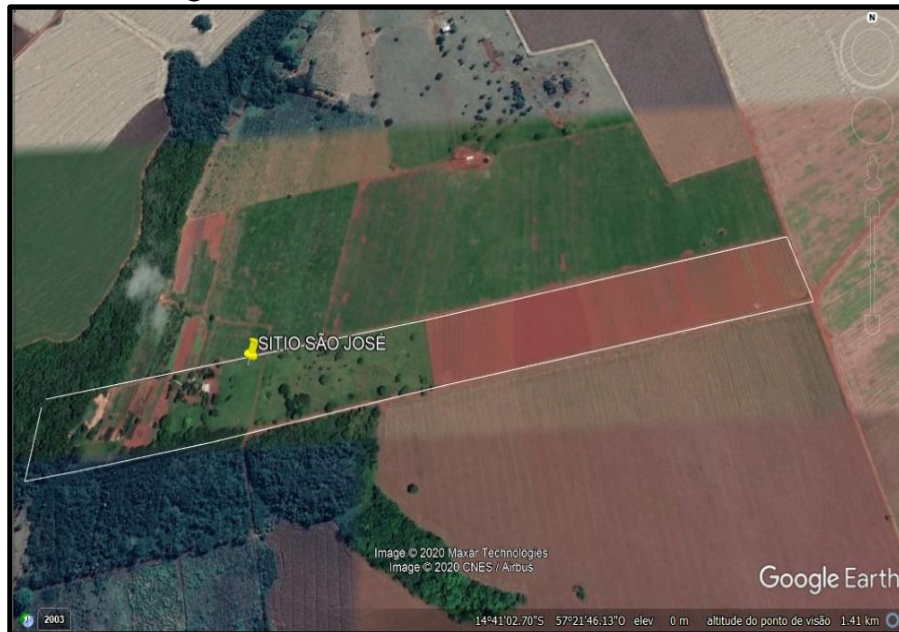
Essa alta nos preços se deu em virtude do retorno das aulas presenciais em praticamente todos os estados brasileiros e o fato de haver certa normalidade de funcionamento dos serviços de alimentação (bares, restaurantes), o que resultou em um aumento na demanda (CNAB, 2022). Essa elevação de preço também refletiu no interior do país, em Tangará da Serra-MT, por exemplo, em janeiro de 2021 o maço de alface era comercializado na feira do produtor a R\$ 5,00 enquanto que, em janeiro de 2022 o preço atingiu R\$7,00.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 ÁREA DE ESTUDO

O estudo foi realizado em uma propriedade familiar denominada “Sitio São José” no município de Tangará da Serra, distrito de Progresso, cerca de 20 km da cidade (Figura 1). A propriedade exerce diversas atividades produtivas, tais como o cultivo de frutas e verduras, pecuária leiteira, comercializando-as na Feira do Produtor em Tangará da Serra – MT. Os principais itens comercializados são: polpa de frutas, queijo, requeijão, doces, frutas, verduras, etc. A água é proveniente de uma mina d’água que é utilizada para a irrigação, enquanto que para o consumo humano é oriunda de poço comum.

Figura 1 - Área do estudo - Sítio São José



Fonte: Google Earth (2022).

A área de estudo possui bioma característico de Cerrado (IBGE, 2022) apresentando duas estações bem marcantes, uma seca (maio a setembro) e outra chuvosa (outubro a abril) (DALLACORT, 2011).

3.2 MONTAGEM DA INFRAESTRUTURA

A infraestrutura destinada para a implantação da aquaponia possui 160 m², composta por uma bancada de hidroponia de 12m de comprimento por 2,5m de largura e uma área de 2m nas laterais de toda casa de cultivo, a fim de evitar contaminação de pragas. Possui capacidade para alojar 80 alevinos e 750 plantas de alface e abriga todos os equipamentos do sistema de aquaponia: bancadas, filtros e tanque dos peixes (Figura 2).

Figura 2 - Infraestrutura do sistema aquapônico



Fonte: Dados da Pesquisa (2022).

A casa de cultivo (Figura 2) e o layout do sistema de aquaponia foi adaptado a partir do modelo sugerido por Carneiro *et al.* (2015), composto pelos seguintes itens: A) tanque de alojamento dos peixes; B) sistema de filtração/biofiltração; C) tambor de 200 de litros para tratar a água, com a presença de mídias biológicas e argila expandida; D) Sump de 500 litros, local onde a água é disponibilizada por gravidade e bombeada para as bancadas de produção das hortaliças; E) Sistema de NFT, para produção das hortaliças, adaptada com uma inclinação facilitando a circulação normal da água por gravidade.

3.3 MANUTENÇÃO DO SISTEMA

O primeiro ciclo do projeto se deu no período 01 de fevereiro a 01 de agosto de 2021 (Tabela 3). Foram alojados 80 juvenis de Tilápias de 25 gramas e 10 cm de comprimento. A principal forma de inserção de nutrientes para a alface no sistema foi através da ração dos peixes (CARNEIRO *et al.*, 2015), portanto, para saber a quantidade de mudas que poderiam ser implantadas foi necessário identificar o peso médio (g) dos juvenis, para isso, no final de cada fase foram capturados (10%) dos peixes existentes e pesados.

Tabela 3 - Primeiro ciclo produtivo do sistema aquapônico

Itens	Impl. 01/02/21	1° Fase 28/02/21	2° Fase 28/03/21	3° Fase 28/04/21	4° Fase 28/05/21	5° Fase 28/06/21	Final 28/07/21 Total	Total de alface
Juvenis	80	80	78	75	75	72	62	
Peso médio unit. (peixe g)	25	96	159	220	307	432	536	
Peso (peixe kg)	2,00	7,68	12,40	16,50	23,03	31,10	33,23	
Alface plantada		144	233	309	432	583		1701
Alface colhida			144	233	309	432	583	1701

Fonte: Dados da pesquisa (2022).

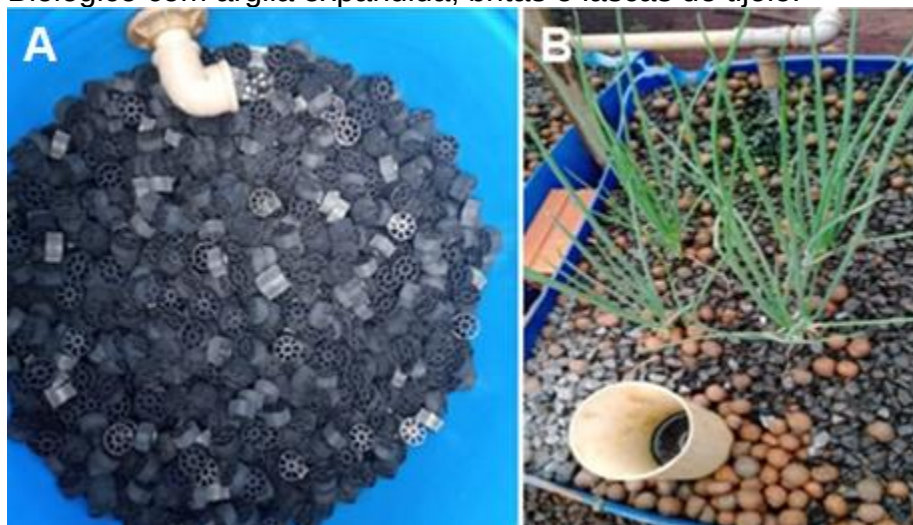
Após 28 dias de alojamento dos peixes, percebeu-se que o ciclo de nitrificação estava equilibrado por meio das interpretações das análises da água (aumento dos níveis de nitrito e nitrato) e assim foram transplantadas 144 mudas de Alface crespa (*Lactuca sativa* L.) da família Asteraceae, essa quantidade foi de acordo com a biomassa dos peixes existente. Após 30 dias a alface foi colhida, os peixes pesados novamente e introduzidas 233 novas mudas, e assim sucessivamente, durante todas as fases do ciclo dos peixes.

A quantidade de mudas de alface foi aumentada de acordo o ganho de peso dos peixes em cada fase. Ao final do ciclo, totalizou uma média de 1.701 plantas de alface produzidas durante o período (Tabela 3). As mudas foram adquiridas de uma empresa particular na cidade de Tangará da Serra e acondicionadas em uma bancada NFT, com fluxo intermitente de água de 15 minutos, monitorados por um temporizador. Nesse primeiro ciclo, houve perda de 22% dos peixes vivos em razão de forte queda de temperatura, já a alface não apresentou perdas.

Os peixes foram alimentados três vezes ao dia com ração flutuante 32% de proteína, com a taxa de alimentação ajustada de acordo com o peso (3% de ração em relação a biomassa total de peixes), contudo, em dias de frio houve a necessidade de ajuste, uma vez que a quantidade ingerida era menor, tendo em vista que após 10 minutos não deveria haver sobras (GUILHERME; SOBREIRA; OLIVEIRA, 2019).

Para eliminação dos resíduos sólidos proveniente dos restos de rações e dos excrementos dos peixes, foi adaptado o filtro decantador a um tambor de 200 litros com micro-tela (DANNER *et. al.*, 2019). O mesmo modelo de recipiente foi utilizado na vertical para a nitrificação das bactérias, com a presença de mídias biológicas (Figura 3 – *layout A*) e outro na horizontal (Figura 3 - *layout B*), ao qual foi adicionando argila expandida, britas e lascas de tijolo. A limpeza dos filtros biológicos foi realizada duas vezes durante o ciclo produtivo e dos filtros decantadores semanalmente.

Figura 3 - A – Filtro Biológico médias biológicas. Figura B – Filtro Biológico com argila expandida, britas e lascas de tijolo.



Fonte: Dados da pesquisa (2021).

O segundo ciclo se deu no período de 01 de agosto de 2021 a 19 de fevereiro de 2022 (Tabela 4). Para a implantação das mudas de alface foi necessário esperar o ciclo de nitrificação das bactérias por um período de 40 dias. O surgimento das colônias de bactérias na aquaponia, acontece naturalmente no filtro biológico, cerca de 20 a 40 dias após a soltura dos peixes (CARNEIRO *et al.*, 2015).

Tabela 4 - Segundo ciclo produtivo do sistema aquapônico

Itens	Impl. 01/08/21	1° Fase 10/09/21	2° Fase 10/10/21	3° Fase 10/11/21	4° Fase 10/12/21	5° Fase 10/01/22	Final 10/02/22	Total
Juvenis	80	79	79	79	79	79	74	
Peso médio unit. (peixe g)	23	98	166	267	382	491	566	
Peso (peixe kg)	1,84	7,74	13,11	21,09	30,18	38,79	41,88	
Alface plantada		145	246	395	566	727		
Alface colhida			145	246	395	566	727	2.080

Fonte: Dados da pesquisa (2022).

Neste ciclo, houve uma perda de 7,5% dos peixes e aumento no peso médio de 5,57%. A perda foi menor em relação ao ciclo anterior em razão da temperatura ser constante (entre 27 e 28° graus), o que proporcionou um maior ganho de peso.

Após o alojamento dos juvenis (nos dois ciclos), foram utilizados medidores digitais para realizar os testes de pH, Oxigênio Dissolvido em mg/L e temperatura em °C, essas análises eram realizadas diariamente e a água colhida diretamente dos tanques piscícolas. Já os testes de Amônia tóxica, Nitrito, Nitrato e Ferro foram

realizados semanalmente através de testes colorimétricos comerciais (QUEIROZ *et al.*, 2017).

Quando detectados altos níveis de amônia (<1mg/L), nitrito (<1mg/L), e nitrato entre 5 a 150 mg/L na água, percebeu-se que havia algum problema no sistema de filtragem (filtros decantadores e biológicos) (QUEIROZ *et al.*, 2017) visto que a amônia é resultado principal do metabolismo dos peixes e da degradação dos restos de rações na água (KUBITZA, 1999). Para normalizar os níveis de nitrito e amônia a área superficial do filtro biológico foi aumentada para dois filtros biológicos (um vertical e um na forma horizontal), já para normalizar o nitrato quando este estava com níveis alto por mais de duas semanas consecutivas, parte da água do tanque dos peixes era substituída (QUEIROZ *et al.*, 2017).

Quanto ao pH da água (Indicado 7), quando se apresentava alcalino (acima de 7), foi utilizado o ácido fosfórico (CARNEIRO *et al.*, 2015), adicionando-se (no sump) pequenas quantidades (5ml) diluídos em 10 litros de água e observando as respostas do sistema, uma vez que esse produto tem a capacidade de acidificar a água rapidamente

Para suprir a deficiência de ferro (<2ppm), foram adicionados Quelato de Ferro 6%, uma porção de 2 gramas, diluídas em 10 litros de água e mexendo por 3 minutos e em descanso por mais 10 minutos. Após esse período, foram adicionados 3 litros diretamente (no sump), 3 vezes por semana, até que o sistema estivesse equalizado.

Para o controle de insetos foram instaladas armadilhas adesivas com diferentes colorações (amarela e azul) associados às radiações detectadas pelas pragas. O uso desse tipo de artifício é necessário, visto que a produção aquapônica é totalmente livre de pesticidas químicos e, caso ocorra a aplicação de quaisquer inseticidas, poderia desestabilizar todo o equilíbrio dos três organismos envolvidos, além disso essas armadilhas auxiliam na manutenção dos preceitos da sustentabilidade, para a conservação do meio ambiente e bem estar do ser humano.

3.4 INSTRUMENTOS DE ANÁLISE

Os instrumentos de análise utilizados na pesquisa foram: valor presente líquido (VPL), taxa interna de retorno (TIR), análise custo benefício (ACB) e tempo de retorno do investimento (*Payback*). A taxa mínima de atratividade foi de 8,86 na Selic acumulado no ano de 2021, optou-se utilizar o índice com base no Sistema Especial

de Liquidação e Custódia (SELIC) por influenciar sobre os juros de toda economia nacional (BANCO CENTRAL DO BRASIL, 2021).

A estimativa de viabilidade econômica foi com base em dez anos. O primeiro ano foi de acordo com os dados reais de dois ciclos e nos demais foram realizadas médias e calculados os fluxos de caixa. Para simular o fluxo de caixa das alfaces, utilizou-se o valor praticado no comércio e na feira local R\$4,00 por pé e o peixe a R\$15,00 o kg/vivo, comercializados nos pesqueiros da região.

Também foram feitas análises de sensibilidade para avaliar, caso haja adversidades, até que ponto o projeto seria viável economicamente, para isso, foram criados três cenários, um com base nos dados reais e dois utilizando variações:

Cenário 1 (C1) - análise realizada com base nos custos e receitas reais, alface vendida a R\$4,00 e peixe com preço de venda a R\$15,00.

Cenário 2 (C2) - aumento nos custos em 10%, alface vendida a R\$3,00, perda de 10% de peixes com preço de venda R\$14,00.

Cenário 3 (C3) - aumento nos custos de manutenção em 20% e preço de venda a R\$ 5,00 e preço de venda do peixe a R\$ 18,00.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 CUSTOS DE IMPLANTAÇÃO, PRODUÇÃO E MANUTENÇÃO DO SISTEMA

O investimento inicial para a implantação do sistema completo de aquaponia, tais como: estufa, filtros biológicos, decantador, bombas, adaptadores hidráulicos, tanque para irrigação, tanque para criação de peixes e afins, totalizou R\$ 7.728,29 (Tabela 4), sendo 60,90% destinado para a construção do sistema de aquaponia, 31,50% para a estufa, 7,6% para outros (kit de análise da água, pregos, medidores digitais, etc).

Tabela 4 - Investimento inicial do projeto de aquaponia

Investimento inicial	Unidade	Quant.	Valor Unitário	Valor total	%
Brita	Metro	5	32,00	160,00	2,07%
Ripão de cedrinho 3,5 m	Unidade	9	10,00	90,00	1,16%
Sombrite	M2	108	1,03	111,24	1,44%
Bomba Aeração Submersa – 1000L/h	Un	1	125,00	125,00	1,62%
continuação					
Bomba submersa 5000L/h	Unidade	1	650,00	650,00	8,41%
Tambores – 200L	Unidade	2	100,00	200,00	2,59%

Vigas de madeira 4,5 m	Unidade	13	49,50	643,50	8,33%
Sistema de hidroponia Completo*	Unidade	1	2.191,17	2.191,17	28,35%
Caixa d'água 1000L	Unidade	1	320,00	320,00	4,14%
Caixa d'água 500L	Unidade	1	270,00	270,00	3,49%
Mão de Obra da construção estufa	Dias	5	150,00	750,00	10,09%
Argila expandida - 50 Kg	Unidade	1	70,00	70,00	0,91%
Mídia Biológica plástico	Unidade	1	135,00	135,00	1,75%
Kit teste*	Caixa	1	264,46	264,46	3,42%
Medidor digital pH	Unidade	1	49,50	49,50	0,64%
Medidor digital CE e Temperatura	Unidade	1	70,00	70,00	0,91%
Armadilhas Biológicas 1x20 Unidades	Unidade	2	44,00	88,00	1,14%
Timer Analógico	Unidade	1	58,00	58,00	0,75%
Lona plástica para estufa 25 x3 m	Unidade	1	1,00	360,00	4,66%
Outros custos**				146,06	1,50%
Caibro 3m	Unidade	19	15,00	285,00	3,69%
Malha Hidráulica				691,36	8,95%
Total				7.728,29	100,00%

Fonte: Dados da pesquisa (2021).

O sistema de hidroponia completo * (Tabela 4) é composto por perfis R80 de 6m; recolhimento de 2,05 x 10 enc. R80; tampões, sistemas injetores; suportes R80; travessas de bancada de 2m; pés de bancada de 1,2m. mangueira de irrigação $\frac{3}{4}$; registro $\frac{3}{4}$; registro 40 mm; Conexão $\frac{3}{4}$; Conexão 40 mm; Joelho 40 mm; Adaptador para mangueira $\frac{3}{4}$ externa; Microunião para irrigação; Tubo PVC de irrigação 150mm; Tubo PVC de irrigação 40mm; Flange + adaptador soldável de 40 mm; Flange + adaptador soldável de 20 mm; Conexão soldável marrom 50 mm; Redução PVC 40mm para $\frac{3}{4}$. Os outros custos** são pregos, torneiras, fio de energia, tomadas e interruptores etc.

O investimento inicial aqui identificado superou o custo de implantação encontrado no estudo de Dalazen *et al.* (2019), que, para um sistema semelhante, obteve um custo de R\$ 6,454,90 (valor atualizado com base no dólar de 31/12/2020 período da aquisição dos materiais). Na visão Dalazen *et al.* (2019) existe a necessidade repensar opções que reduzam os custos, a fim de tornar a atividade mais atrativa, como por exemplo, o uso de materiais mais acessíveis e que possam diminuir os custos de produção, como o uso do bambu impermeabilizado. Esse tipo de matéria prima apresenta capacidade mecânica e estrutural elevada, por possuir características favoráveis tais como a forma tubular e geometria circular oca, demonstrando a viabilidade técnica da aquaponia com o uso correto (LIMA; COMETTI, 2020), podendo impactar de forma direta na redução dos custos (SOUSA *et al.*, 2014; BRABO *et al.*, 2016) e gerar produção mais sustentável.

O custo de produção anual totalizou R\$ 2.071,45 sendo que mais de 80% desse valor é representado pelas hortaliças (Tabela 5). Portanto, para a redução desses

custos sugere-se que o produtor produza suas próprias mudas, a fim de reduzir esses gastos, no entanto, é necessário que estas sejam de boa qualidade, fator primordial para o sucesso da atividade (COMETTI; FURLANI; GENUNCIO, 2019).

Tabela 5 - Custos de produção anual de alface e peixes

Itens		Quant.	V. Unitário	Total	Participação
Embalagem de alface (2 ciclos)	Unidade	3781	0,1	378,10	18,25%
Juvenis de tilápia (2 ciclos)	Unidade	160	1	160,00	7,72%
Mudas de alface no (2 ciclos)	Unidade	3781	0,35	1.323,35	63,89%
Ração dos peixes 25 kg (2 ciclos)	Unidade	2	105	210,00	10,14%
Total				2.071,45	100,00%

Fonte: Dados da pesquisa (2022).

No que tange aos custos de manutenção anuais, a energia elétrica, a mão de obra e os custos de distribuição representam 70% do total custos efetivamente desembolsados (Tabela 6), visto que a depreciação, embora seja considerada um custo, não configura como saída de caixa. Love *et al.* (2014) sugerem que sejam utilizadas fontes de energia renováveis no sistema aquapônico com intuito de reduzir este custo, visto que na visão de Somerville *et al.* (2014), a dependência total da eletricidade é o principal ponto negativo do sistema aquapônico.

Tabela 6 - Custos de manutenção anual de alface e peixes

Itens		Quant.	Valor Unitário	Total	
Quelato de Ferro - 250g	Unidade	3	55,49	166,49	5,83%
Energia Elétrica	Mês	12	66,74	800,88	28,01%
Depreciação	Mês	12	57,96	695,55	24,33%
Mão de obra (mês)	Mês	12	49,68	596,16	20,85%
Custos de distribuição	Mês	12	50	600,00	20,98
Total				2.859,08	100,00%

Fonte: Dados da pesquisa (2022).

Contudo, o custo de mão de obra é considerado reduzido, tendo em vista que após a implantação do sistema, os esforços são mínimos, pois não há necessidade de tratamento do solo, nem tampouco mão de obra especializada, por ser uma técnica que exige (depois de instalada) apenas manutenção constante do sistema (HUNDLEY; NAVARRO, 2013; SOMERVILLE, 2014).

4.2 PRODUTIVIDADE DO SISTEMA AQUAPÔNICO

Em relação a produtividade dos peixes, dos 160 juvenis alocados nos dois ciclos houve uma perda média de 15%, já na alface não houve perda (Tabelas 3 e 4). Esse resultado contradiz as pesquisas de Dalazen *et al.* (2019) e Granja (2018), que obtiveram perdas de 10% dos peixes. Essa perda está relacionada com a queda brusca de temperatura no mês de julho que atingiu 9°C, considerada anormal para a região, tendo em vista que o melhor desenvolvimento dos peixes se dá com temperaturas entre 26 e 28 °C (HEIN; BRIANESE, 2004). Essa baixa de temperatura também influenciou na engorda dos peixes, que com seis meses atingiram peso médio de 536 g., enquanto que em temperaturas frequentes entre 27 e 30 °C os peixes poderiam atingir até 800 gramas em um período de 6 a 8 meses (TIMMONS; EBELING, 2010).

Uma alternativa, para evitar a mortalidade de peixes ou perda das hortaliças devido a variação da temperatura, é cultivar peixes e plantas adaptados de acordo com a estação do ano (SOMERVILLE *et al.*, 2014), além disso, o produtor deve se atentar na escolha do local para instalação do sistema, no qual é recomendado que tenha no mínimo 5 h diárias de incidência solar, o que ajudaria em estações do ano muito frias (CASTELLANI *et al.*, 2009). Outra alternativa seria adotar um sistema de aquecimento solar para equilibrar a temperatura quando há quedas bruscas e assim evitar a mortalidade dos peixes.

Já em relação a alface, não houve perda, o que contradiz a pesquisa de Dalazen *et al.* (2019) e Granja *et al.* (2019), que obtiveram 1% de perdas. Granja *et al.*, (2019) descrevem que em todo o processo de produção pode haver perdas e estas devem ser consideradas, porém em relação as hortaliças são mínimas, uma vez que há possibilidade de se retirar algumas folhas não havendo necessidade de descarte do produto.

Em relação a produtividade do sistema de aquaponia, pesquisas apontam que o desenvolvimento dos vegetais é capaz de atingir patamares semelhantes ao cultivo de hidroponia (GRABER; JUNGE, 2009) ou até superiores, quando comparados ao cultivo tradicional (CARNEIRO *et al.*, 2015). A tabela 7 apresenta a produção e vendas de acordo com os diferentes cenários avaliados.

Tabela 7 - Produção média de acordo com os diferentes cenários

Produtos	Cenário 1			Cenário 2			Cenário 3		
	Prod.	Venda	Total	Prod.	Venda	Total	Prod.	Venda	Total
Alface (pés)	3.781	4,00	15.124	3.781	3,00	11.343,00	3.781	5,00	18.905,00
Peixes (kg)	75,12	15,00	1.126,80	86,40	14,00	1.209,60	117	18,00	2.106,00
Receitas			16.250,80			12.552,60			21.011,00
C. Manut.			4.234,98			4.658,48			5.081,98

Fonte: Dados da pesquisa (2022).

Observa-se que os custos de manutenção da atividade representam 26% da receita, o que pode ser considerado baixo (Tabela 7). Outro ponto a se destacar é a aquicultura, que mesmo não possuindo alta representatividade (7%) serve como um aliado na produção de plantas e também de subsistência por ser importante fonte de proteína animal (FAO, 2021). Engle (2016) reforça que o componente peixe pode ser considerado a parte fraca de um sistema aquapônico, no qual a lucratividade é advinda principalmente da parte vegetal. Tokunaga (2013) corrobora que as plantas e hortaliças podem ser os responsáveis pelo melhor resultado econômico, contudo, sugere como estratégia investir no do volume de peixes para aumentar a rentabilidade do pescado.

Uma das vantagens, é que produções aquapônicas dispensam o uso de produtos químicos sintéticos, como fertilizantes e pesticidas (SANTOS; SILVA JUNIOR, 2015), uma vez que o Brasil é considerado um dos principais países que utilizam agrotóxicos na produção, resultando em risco de intoxicação dos trabalhadores rurais e também, em alguns casos, pela ingestão de alimentos contaminados (SOUZA; CAJU; OLIVEIRA, 2016). Dessa maneira, esse tipo de cultivo resulta em alimentos livres de defensivos químicos, que são considerados a preferência dos consumidores, visto que as pessoas estão cada vez mais preocupados com o tipo de alimento que chega a sua mesa (MORAES *et al.* 2020; DEAN; SHEPHERD, 2008; ASIF *et al.* 2017).

4.3 ANÁLISE DE VIABILIDADE ECONÔMICA DO SISTEMA AQUAPÔNICO

A Tabela 8 apresenta os custos, as receitas e os fluxos de caixa correntes e atualizados no período de 10 anos.

De acordo com as projeções avaliadas com base nos dados reais de um ano, identifica-se que a atividade se apresenta viável do ponto de vista econômico por resultar em um VPL positivo (R\$ 69.862,61), a TIR com 146,61% acima da TMA exigida e o retorno do investimento ocorre ainda no primeiro ano pois apresenta um fluxo de caixa positivo de R\$3.309,58. Portanto, se a projeção se confirmar, o projeto retornaria R\$2,81 para cada um real investido (Tabela 8).

Tabela 8 - Fluxo de caixa com base nos dados reais (Cenário 1)

TMA /Ano 8,86%

Anos	Custos	Custos R\$		Receitas R\$		Fluxos de caixa R\$		
		Correntes	Descontados	Correntes	Atualizadas	Corrente	Atualizado	Acumulado
0	Implantação	7.728,29	7.728,82			- 7.728,29	- 7.728,29	- 7.728,29
1	Manutenção	4.234,98	3.890,30	16.250,80	14.928,16	12.015,82	11.037,87	3.309,58
2	Manutenção	4.234,98	3.573,67	16.250,80	13.713,18	12.015,82	10.139,51	13.449,08
3	Manutenção	4.234,98	3.282,81	16.250,80	12.597,08	12.015,82	9.314,26	22.763,34
4	Manutenção	4.234,98	3.015,63	16.250,80	11.571,81	12.015,82	8.556,18	31.319,53
5	Manutenção	4.234,98	2.770,19	16.250,80	10.630,00	12.015,82	7.859,80	39.179,33
6	Manutenção	4.234,98	2.544,73	16.250,80	9.764,83	12.015,82	7.220,10	46.399,43
7	Manutenção	4.234,98	2.337,62	16.250,80	8.970,08	12.015,82	6.632,47	53.031,90
8	Manutenção	4.234,98	2.147,36	16.250,80	8.240,02	12.015,82	6.092,66	59.124,56
9	Manutenção	4.234,98	1.972,59	16.250,80	7.569,37	12.015,82	5.596,78	64.721,34
10	Manutenção	4.234,98	1.812,04	16.250,80	6.953,31	12.015,82	5.141,27	69.862,61
Total		50.078,09	37.075,23	162.508,00	104.937,84	112.429,91	69.862,61	
							VPL	69.862,61
							TIR	155,47%
							ACB	2,81
							Payback	0,70

A Tabela 9 apresenta um panorama da viabilidade econômica com base nos dados reais e cenários projetados. Observa-se que em todos os cenários a atividade se apresenta viável do ponto de vista econômico por resultar em VPL positivo, TIR acima da TMA indicando que o projeto pode ser aceito (BRUNI; FAMÁ, 2012). A Análise Custo Benefício (ACB) demonstrou que para cada R\$1,00 investido o projeto retornaria entre R\$2,10 a R\$3,35 (Tabela 9). Quanto ao *Payback*, exceto no cenário 2, o retorno do investimento pode ser obtido em menos de um ano (Tabela 9). A demonstração dos fluxos de caixa do consórcio dos cenários 2 e 3 podem ser visualizados nos Apêndices A, B respectivamente.

Tabela 9 – Resultados dos fluxos de caixa de acordo com os diferentes cenários

	Cenário 1	Cenário 2	Cenário 3
VPL	69.862,61	41.945,35	95.131,69
TIR	155,47%	99,44%	206,11
ACB	2,81	2,10	3,35
Payback	0,70	1,10	0,53

Fonte: Dados da pesquisa (2022).

Os resultados aqui encontrados corroboram com o estudo de Dalazen *et al.* (2019), que também trabalharam com diferentes cenários e vários preços de venda e identificaram viabilidade econômica em todos. Observa-se, portanto, que projetos de aquaponia podem se tornar um diferencial de ganhos, tanto para a agricultura urbana e periurbana, quanto para agricultura familiar.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O estudo permitiu obter um melhor entendimento sobre o sistema aquapônico, bem como demonstrou ser uma atividade viável economicamente por apresentar VPL positivo, TIR acima da TMA e ACB maior que 1. Quando analisados diferentes cenários em relação aos preços de venda e custos de produção, a atividade ainda se mostrou viável. Percebeu-se ainda que esse modelo de produção por não utilizar grandes espaços, pode ser mais uma alternativa de renda para as famílias, urbanas e rurais, principalmente para a agricultura familiar.

Sugere-se que novas pesquisas sejam realizadas com diferentes espécies aquáticas e outras cultivares, visto que a atividade, embora seja milenar, no Brasil ainda é considerada recente, e também que sejam avaliados os valores nutricionais. Sugere-se ainda que sejam criadas políticas públicas de incentivo a aquaponia em residências urbanas, para assim contribuir com o Sistema Nacional de Segurança Alimentar e Nutricional.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANA. AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. **Panorama das águas**. 2020. Disponível em: <<http://www3.ana.gov.br/portal/ANA/panorama-das-aguas/quantidade-da-agua>>. Acesso em: 12 fev. 2022.

ASIF, M.; XUHUI, W.; NASIRI, A.; AYYUB, S. Determinant factors influencing organic food purchase intention and the moderating role of awareness: A comparative analysis. **Food Quality and Preference**, v. 63, p. 144-150, 2017. doi: 10.1016/j.foodqual.2017.08.006

ASSAF NETO, A.; LIMA, F. G. **Curso de administração financeira**. São Paulo: Atlas, 2009.

BANCO CENTRAL DO BRASIL. Mecanismos de transmissão da política monetária. Disponível em: <https://www.bcb.gov.br/controleinflacao/transmissaopoliticamonetaria>. Acesso em 28/12/2021.

BORDEAUX-RÊGO, R.; *et al.* **Viabilidade econômica-financeira de projetos**. 4ª ed. Rio de Janeiro: Editora FGV, 2013.

BRABO, M. F.; VERAS, G. C.; CAMPELO, D. A V.; COSTA, J. W. P.; RABELO, L. P. **Piscicultura no estado do Pará: Custo de produção e indicadores econômicos**. Bragança: Universidade Federal do Pará, 26 p. 2016.

BRUNI, A.; FAMÁ, R. **Gestão de custos e formação de preço: com aplicações na calculadora HP 12C e Excel**. 3ª ed. São Paulo: Atlas, 2012.

CARNEIRO, P. C. F.; MORAIS, C. A. R. S.; NUNES, M. U. C.; MARIA, A. N.; FUJIMOTO, R. Y. **Produção integrada de peixes e vegetais em aquaponia**. 23 p. II. Documentos / Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2015.

CASTELLANI, D.; CAMARGO, F. M. A; ABIMORAD, G. E. Aquaponia: aproveitamento do efluente do berçário secundário do Camarão-da-Amazônia para produção de alface e agrião hidropônicos. **Bioikos**, v. 23, n. 2, p. 67-75, 2009.

COMETTI, N. N.; FURLANI, P. R.; GENUNCIO, G. C. **Hidroponia para técnicos. Manejo de plantas em NFT**. Brasília: Editora IFB, 2019.

COMEXSTAT/Ministério da Economia. **Exportação e Importação Geral**. 2022. Disponível em: <http://comexstat.mdic.gov.br/pt/geral>. Acesso em: 10 abril 2022.

CONAB. COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Boletim Hortigranjeiro**, Brasília, DF, v. 8, n. 2, Fev. de 2022.

CNAB. CONFEDERAÇÃO DE AGRICULTURA E PECUÁRIA DO BRASIL. **Preços dos alimentos sobem menos que a inflação em julho/2020**. Comunicado Técnico IPCA- Julho de 2020. Disponível em: <https://www.cnabrazil.org.br/assets/arquivos/boletinstecnicos/CNA-Comunicado-Tecnico-n22-07agosto2020.pdf> Acesso em: 14 mar. 2022.

COSTA, C. P. da; SALA, F. C. A evolução da alfacultura brasileira. **Horticultura Brasileira**, v. 23, n. 1, p. 158-159, 2005.

DANNER, R. I.; MANKASINGH, U.; ANAMTHAWAT-JONSSON, K.; THORARINSDOTTIR, R. I. Aquaponic production systems towards integration into greenhouse farming. **Water**, v. 11, n. 10, 2019. doi: 10.3390/w11102123

DALLACORT, R.; MARTINS, J. A.; INOUE, M. H.; FREITAS, P. S. L. de; COLETTI, A. J. Distribuição das chuvas no município de Tangará da Serra, médio norte do Estado de Mato Grosso, Brasil. **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 33, n. 2, p. 193-200, 2011. doi: 10.4025/actasciagron.v33i2.5838

DALAZEN, J. R.; SIA, E. de F.; MOTA, C. M.; BENTES, J. R.; BARROS, I. B. A. de. Avaliação econômica do sistema de aquaponia familiar em Santarém, oeste do Pará. **Revista Agroecossistemas**, v. 11, n. 2, p. 40-56, 2019.

DEAN, R. M. M.; SHEPHERD, R. Moral concerns and consumer choice of fresh and processed organic foods. **Journal of Applied Social Psychology**, v. 38, n. 8, p. 2088-2107, 2008. doi: 10.1111/j.1559-1816.2008.00382.

ENGLE, C. R. Economics of Aquaponics. **SRAC Publication** No. 5006. Aquaculture/Fisheries Center, University of Arkansas at Pine Bluff, 2016.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Exportações da Psicultura brasileira cresceram 78% em 2021**. Informativo do comércio exterior da psicultura. Ed. 08. Palmas/TO. 2022.

FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nations. **FAO lança Ano Internacional da Pesca e Aquicultura Artesanais 2022 na América Latina e no Caribe**. 2021. Disponível em: <https://www.fao.org/brasil/noticias/detail-events/en/c/1456876/>. Acesso em: 10 abril 2022.

FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nations. **A gestão da pesca funciona: é hora de aplicá-la de maneira mais ampla**. 2020. Disponível em: <https://www.fao.org/brasil/noticias/detail-events/pt/c/1279825/>. Acesso em: 11 abril 2022.

FREZATTI, F. Orçamento empresarial: planejamento e controle gerencial. 4º ed. São Paulo: Atlas, 2008.

GITMAN, L. J. **Princípios de administração financeira**. 7. ed. São Paulo: Harbra, 2002.

GITMAN, L. J. **Princípios de administração financeira**. 12. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2010.

GODDEK, S.; DELAIDE, B.; MANKASINGH, U.; RAGNARSDOTTIR, K. V.; JIJAKLI, H.; THORARINSDOTTIR, R. Challenges of sustainable and commercial aquaponics. **Sustainability**, v. 7, p. 4199-4224, 2015. doi: 10.3390/su7044199.

GRANJA, R. P. **Análise de viabilidade econômica de implantação de uma aquaponia no município de Santa Cruz das Palmeiras - SP**. Pirassununga, 2018. 75p. Dissertação (Mestrado em Ciências) - Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2018. doi: 10.11606/D.74.2019.tde-25042019-163035.

GRABER, A.; JUNGE, R. Aquaponic Systems: Nutrient recycling from fish wastewater by vegetable production. **Desalination**, v. 246, n. 1-3, p. 147-156, 2009. doi: 10.1016/j.desal.2008.03.048.

GREENFELD, A.; BECKER, N.; MCILWAIN, J.; FOTEDAR, R.; BORNAMN, J. F. Economically viable aquaponics? Identifying the gap between potential and current uncertainties. **Reviews in Aquaculture**, v. 11, n. 3, p. 848-862, 2019. doi: 10.1111/raq.12269

GUILHERME, L. C.; SOBREIRA, R. S.; OLIVEIRA, V. Q. Sisteminha Embrapa - UFU – FAPEMIG. **Sistema Integrado de Produção de Alimentos - Módulo1: tanque de peixes**. Embrapa Meio-Norte-Documents (INFOTECA-E). Documentos, 259. Disponível em: <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/1111791>. Acesso em: 01 jun. 2021.

HEIN, G.; BRIANESE, R. H. **Modelo Emater de produção de tilápia**. 2004. Disponível em: <https://goo.gl/Bg47Vv>. Acesso em: 15 set. 2021.

HU, Z.; LEE, J.W.; CHANDRAN, K.; KIM, S.; BROTTTO, A.C.; KHANAL, S. K. Effect of plant species on nitrogen recovery in aquaponics. **Bioresource Technology**, v. 188, p. 92-98, 2015. doi: 10.1016/j.biortech.2015.01.013.

HUNDLEY, G. C.; NAVARRO, D. R. Aquaponia: a integração entre piscicultura e a hidroponia. **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável (RBAS)**, v. 3, n. 2, p. 52-61, 2013.

IAC. INSTITUTO AGRONÔMICO DE CAMPINAS. **Hortaliças. Alface (*Lactuca sativa* L.)**. Centro de Análise e Pesquisa Tecnológica do Agronegócio de Horticultura. 2005.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo Agropecuário 2017**. 2017. Disponível em <https://sidra.ibge.gov.br/Tabela/6953>. Acesso em: 02 abril 2022.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Pesquisa da Pecuária Municipal**. 2022. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/tabela/3940>. Acesso em: 03 abril 2022.

JUNQUEIRA, A. M. R.; ALMEIDA, I. L. A participação da agricultura familiar na produção de hortaliças e o mercado dos orgânicos. **Revista Cultivar**, 2010. Disponível em: <https://www.grupocultivar.com.br/noticias/artigo-a-participacao-da-agricultura-familiar-na-producao-de-hortalicas-e-o-mercado-dos-organicos>. Acesso em: 20 mar. 2022.

KASSAI, J.; CASANOVA, S. P. C.; SANTOS, A.; ASSAF NETO, A. **Retorno de investimento**: abordagem matemática e contábil do lucro empresarial. 3ª ed. 2000. 277 p.

KUBITZA, F. **Qualidade da água na produção de peixes**. 3ª ed. Jundiaí: Degaspari. 97p. 1999.

LAMBERTI, J. R.; FRANZIN, N. A. **Análise de Investimento e Viabilidade**. Reimpressão revista e atualizada, Maringá-PR. 2014.

LIMA, V. H. M.; COMETTI, N. M. **Sistema de aquaponia em estrutura alternativa de bambu e automação de baixo custo para a agricultura familiar**. Avanços Científicos e Tecnológicos nas Ciências Agrárias. Atena Editora, 2020.

LISBÔA, S. M. F. L. **Aquaponia superintensiva: tratamento e reuso de água**. 2019. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2019.

LOVE, D. C.; FRY, J. P.; GENELLO, L.; HILL, E. S.; FREDERICK, J. A.; LI, X.; SEMMENS, K. An International Survey of Aquaponics Practitioners. **PLoS One**, v. 9, n. 7, e102662. doi: 10.1371/journal.pone.0102662, 2014.

MAPA. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Consumo e tipos de peixes no Brasil**. 2022. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/aquicultura-e-pesca/rede-do-pescado/consumo-e-tipos-de-peixes-no-brasil>. Acesso em: 09 abril 2022.

MORAES, V. H.; GIONGO, P. R.; SILVA, F. de F.; MESQUITA, M.; ABREU, J. P. de; PEREIRA, A. D. Behavior of three lettuce cultivars in a hydroponic system. **Revista Facultad Nacional Agronomía Medellín**, v. 73, n. 2, p. 9165-9170, 2020. doi: 10.15446/rfnam.v73n2.75423.

PARISOTO, G. J.; MARQUES, E. de O.; MARTINELLI, G. do C.; OLIVEIRA, L. Viabilidade econômica no agronegócio e o tripé da sustentabilidade. **XXI ENGEMA**. Encontro Internacional sobre Gestão Ambiental e Meio Ambiente. 2019. Disponível em: <http://engemausp.submissao.com.br/21/anais/arquivos/381.pdf>. Acesso em: 01 mar. 2022.

PEIXE BR (Associação Brasileira da Piscicultura). **Anuário Brasileiro da Piscicultura PEIXE BR 2021**. 2021. Veículo oficial da Associação Brasileira da Piscicultura. Disponível em: <https://www.peixebr.com.br/anuario-2021/>. Acesso em: 19 fev. 2022.

PEIXE BR (Associação Brasileira da Piscicultura). **Anuário Brasileiro da Piscicultura PEIXE BR 2022**. 2022. Veículo oficial da Associação Brasileira da Piscicultura. Disponível em: <https://www.peixebr.com.br/anuario2022/>. Acesso em: 15 de mar. 2022.

PENEDO, R. C. **A taxa interna de retorno na análise de investimentos**. Brasília: Lettera, 2005.

QUEIROZ, J. F.; FREATO, T. A.; LUIZ, A. J. B.; ISHIKAWA, M. M.; FRIGUETTO, R. T. S. **Boas práticas de manejo para sistemas de aquaponia**. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Embrapa Meio Ambiente. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Documentos 113. 2017. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/178041/1/2018DC01.pdf>. Acesso em: 13 ago. 2020.

ROVER, S. et al. Viabilidade econômica da implantação de um sistema de cultivo de alface hidropônica no município de Tijucas-Santa Catarina. 2014.

SANCHES, E. G.; SILVA, F. C.; RAMOS, A. P. F. D. Viabilidade econômica do cultivo de robalo-flecha em empreendimentos de carcinicultura no Nordeste do Brasil. **Boletim do Instituto de Pesca**, v. 40, n. 4, p. 577–588, 2014.

SANTOS, J. S.; SILVA JÚNIOR, L. H. Determinantes socioeconômicos do consumo e disposição a pagar por alimentos orgânicos no agreste de Pernambuco. **Reflexões Econômicas**, v. 1, n. 1, p. 49-84, 2015. Disponível em: <https://periodicos.uesc.br/index.php/reflexoeseconomicas/article/view/823>. Acesso em: 07 out. 2021.

SARTORI, A. G. de O.; AMANCIO, R. D. Pescado: importância nutricional e consumo no Brasil. **Segurança Alimentar e Nutricional**, v. 19, n. 2, p. 83-93, 2012.

SEBRAE-BA. Serviço de Apoio às Micro e Pequenas Empresas – Bahia. **Agronegócio: Horticultura**. 2017. Disponível em: <https://m.sebrae.com.br/Sebrae/Portal%20Sebrae/UFs/BA/Anexos/Horticultura%20na%20Bahia.pdf>. Acesso em: 20 mar. 2022.

SCHULTER, E. P.; VIEIRA FILHO, J. E. R. **Evolução da piscicultura no Brasil: diagnóstico e desenvolvimento da cadeia produtiva de tilápia**. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada – IPEA, 2017.

SOUZA, A.; CLEMENTE, A. **Decisões Financeiras e Análise de Investimentos: Fundamentos, técnicas e aplicações**. 6 ed. 186 p. São Paulo: Atlas, 2009.

SOUSA, T. C. O. de; SILVA, R. B. da; CAMPOS, L.; FEITOSA, M. A. da S. Uso do bambu na bioconstrução de estufas. *In* V Jornada de Iniciação Científica e Extensão

do Instituto Federal de educação, Ciência e Tecnologia do Tocantins. **Anais [...]**. Palmas, 2014.

SOMERVILLE, C.; COHEN, M.; PANTANELLA, E.; STANKUS, A.; LOVATELLI, A. **Small-scale aquaponic food production**: Integrated fish and plant farming. FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper. 2014. Disponível em: <https://www.fao.org/3/i4021e/i4021e.pdf>. Acesso em: 12 out. 2021.

SOUZA; M. J. D.; CAJU, M. A. D.; OLIVEIRA, C. P. A. Importância da produção agrícola orgânica na agricultura familiar. **Id on Line Revista de Psicologia**, v. 10, n. 31, supl. 3, 2016.

TOKUNAGA, K.; TAMARU, C.; AKO, H.; LEUNG, P. Economics of Commercial Aquaponics in Hawaii. **Aquaponics in Hawaii Conference** - CTAHR Sustainable and Organic Agriculture Program. 2013.

YOKORO, G. K.; PEREIRA, J. A. Produção e comercialização de alface: um estudo a partir da perspectiva dos produtores do município de Naviraí/MS. **Revista Agropampa**, v. 3, n. 3, 2020.

APÊNDICE A - FLUXO DE CAIXA CENÁRIO 2 (C2)

Tabela 1 - Cenário 02 – Aumento nos custos em 10%. Preço da alface R\$ 3,00. Perda de 10% dos peixes, preço de venda dos peixes de R\$14,00.

Anos		Custos R\$		Receitas R\$		Fluxo de caixa R\$			
		Corrente	Descontado	Corrente	Atualizada	Corrente	Atualizado	Acumulado	
0	Implantação	7.728,29	7.728,29		-	- 7.728,29	- 7.728,29	- 7.728,29	
1	Manutenção	4.658,48	4.279,33	12.351,00	11.345,77	7.692,52	7.066,43	- 661,86	
2	Manutenção	4.658,48	3.931,04	12.351,00	10.422,35	7.692,52	6.491,30	5.829,45	
3	Manutenção	4.658,48	3.611,10	12.351,00	9.574,08	7.692,52	5.962,98	11.792,43	
4	Manutenção	4.658,48	3.317,19	12.351,00	8.794,86	7.692,52	5.477,66	17.270,10	
5	Manutenção	4.658,48	3.047,21	12.351,00	8.079,05	7.692,52	5.031,84	22.301,94	
6	Manutenção	4.658,48	2.799,20	12.351,00	7.421,51	7.692,52	4.622,31	26.924,24	
7	Manutenção	4.658,48	2.571,38	12.351,00	6.817,48	7.692,52	4.246,10	31.170,34	
8	Manutenção	4.658,48	2.362,10	12.351,00	6.262,61	7.692,52	3.900,52	35.070,86	
9	Manutenção	4.658,48	2.169,85	12.351,00	5.752,90	7.692,52	3.583,06	38.653,92	
10	Manutenção	4.658,48	1.993,25	12.351,00	5.284,68	7.692,52	3.291,44	41.945,35	
Total		54.313,09	37.809,94	123.510,00	79.755,29	69.196,91	41.945,35		
							VPL	41.945,35	
							TIR	99,44%	
							ACB	2,11	
							Payback	1,10	

APÊNDICE B – FLUXO DE CAIXA CENÁRIO 3 (C3)

Tabela 2 - Aumento nos custos de manutenção em 20% e preço de venda da alface a R\$5,00 e peixes a R\$18,00.

		Custos R\$		Receitas R\$		Fluxo de caixa R\$			
Anos		Corrente	Descontado	Corrente	Atualizada	Corrente	Atualizado	Acumulado	
0	Implantação	7.728,29	7.728,29		-	-	7.728,29	-	7.728,29
1	Manutenção	5081,98	4.668,36	21.011,00	19.300,94	15.929,02	14.632,57		6.904,28
2	Manutenção	5081,98	4.288,41	21.011,00	17.730,05	15.929,02	13.441,64		20.345,93
3	Manutenção	5081,98	3.939,38	21.011,00	16.287,02	15.929,02	12.347,64		32.693,57
4	Manutenção	5081,98	3.618,76	21.011,00	14.961,44	15.929,02	11.342,68		44.036,25
5	Manutenção	5081,98	3.324,23	21.011,00	13.743,74	15.929,02	10.419,51		54.455,77
6	Manutenção	5081,98	3.053,68	21.011,00	12.625,16	15.929,02	9.571,48		64.027,25
7	Manutenção	5081,98	2.805,14	21.011,00	11.597,61	15.929,02	8.792,47		72.819,71
8	Manutenção	5081,98	2.576,83	21.011,00	10.653,69	15.929,02	8.076,86		80.896,57
9	Manutenção	5081,98	2.367,11	21.011,00	9.786,60	15.929,02	7.419,49		88.316,06
10	Manutenção	5081,98	2.174,45	21.011,00	8.990,08	15.929,02	6.815,63		95.131,69
Total		58.548,09	40.544,64	210.110,00	135.676,33	151.561,91	95.131,69		
							VPL		95.131,69
							TIR		206,11%
							ACB		3,35
							Payback		0,53

Figura 1 - Produção de alface no sistema de aquaponia



Fonte: Dados da pesquisa (2022).

Figura 2 - Maço de alface para venda



Fonte: Dados da pesquisa (2022).