



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO PARÁ -
CAMPUS CASTANHAL
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM DESENVOLVIMENTO RURAL E GESTÃO
DE EMPREENDIMENTOS AGROALIMENTARES

LUAN FREITAS ROCHA

**Viabilidade econômica de um sistema de aquaponia para agricultores familiares na
Região Metropolitana de Belém, estado do Pará**

**CASTANHAL
2022**

SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO PARÁ -
CAMPUS CASTANHAL
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM DESENVOLVIMENTO RURAL E GESTÃO
DE EMPREENDIMENTOS AGROALIMENTARES

LUAN FREITAS ROCHA

**Viabilidade econômica de um sistema de aquaponia para agricultores familiares na
Região Metropolitana de Belém, estado do Pará**

Dissertação apresentada ao curso de Mestrado em Desenvolvimento Rural e Gestão de Empreendimentos Agroalimentares do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará – Campus Castanhal como requisito avaliativo para obtenção do título de Mestre em Desenvolvimento Rural e Gestão de Empreendimentos Agroalimentares.

Orientador: Prof. Dr. Marcelo Ferreira Torres
Coorientador: Prof. Dr. Marcos Antônio Souza dos Santos

**CASTANHAL
2022**

Dados para catalogação na fonte
Setor de Processamento Técnico Biblioteca
IFPA - Campus Castanhal

R672v Rocha, Luan Freitas

Viabilidade econômica de um sistema de aquaponia para agricultores familiares na Região Metropolitana de Belém, estado do Pará / Luan Freitas Rocha. — 2022.

55 f.

Impresso por computador (fotocópia).

Orientador: Prof. Dr. Marcelo Ferreira Torres.

Coorientador: Prof. Dr. Marcos Antônio Souza dos Santos.

Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento Rural e Gestão de Empreendimentos Agroalimentares) — Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará – IFPA, 2022.

1. Agricultura familiar – Belém (PA). 2. Aquicultura – Belém (PA).
3. Tilápia(Peixe) – Belém (PA). 4. Indicadores econômicos – Belém (PA). I. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará. II. Título.

CDD: 630.5098115

SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO PARÁ -
CAMPUS CASTANHAL
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM DESENVOLVIMENTO RURAL E GESTÃO
DE EMPREENDIMENTOS AGROALIMENTARES

LUAN FREITAS ROCHA

**Viabilidade econômica de um sistema de aquaponia para agricultores familiares na
Região Metropolitana de Belém, estado do Pará**

Dissertação apresentada ao curso de mestrado em Desenvolvimento Rural e Gestão de Empreendimentos Agroalimentares do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará – Campus Castanhal, como requisito avaliativo para obtenção do título de Mestre em Desenvolvimento Rural e Gestão de Empreendimentos Agroalimentares.

BANCA EXAMINADORA:

**Marcelo
Ferreira Torres**

Assinado de forma digital por
Marcelo Ferreira Torres
Dados: 2022.02.01 20:07:34
-03'00'

Prof. Dr. Marcelo Ferreira Torres

(Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará - IFPA – Orientador)

Cicero Paulo Ferreira

Prof. Dr. Cicero Paulo Ferreira

(Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará - IFPA – Membro)

Marcos Ferreira Brabo

Prof. Dr. Marcos Ferreira Brabo

(Universidade Federal do Pará – Membro)

WELLITON DE LIMA SENA

Assinado de forma digital por
WELLITON DE LIMA SENA
Dados: 2022.01.28 18:55:21 -03'00'

Prof. Dr. Welliton de Lima Sena

(Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará - IFPA – Suplente)

Dedico a todos que, assim como eu, pensaram em desistir, mas não o fizeram.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus pela sua infinita graça e misericórdia, pelo seu amparo nos momentos mais difíceis, se não fosse isso eu não teria vencido e chegado até aqui.

A minha esposa *Luciane Rocha*, por mais uma vez ter me acompanhado em todos os momentos para concretização desse trabalho, pela paciência, amor e dedicação.

A minha querida mãe *Aldalice Freitas*, meus sogros *Marlucy Oliveira* e *Ezequiel Oliveira* e meus irmãos de sangue e alma *Luana Freitas*; *Welliane Marçal*, *Paula Jardim*, *Carlos Daniel Marçal* e demais familiares que são a minha verdadeira motivação para nunca desistir dos meus sonhos e objetivos.

Aos meus orientadores, professor *Marcelo Torres* e professor *Marcos Antônio* pela paciência e aos conhecimentos repassados, os mesmos foram de extrema importância para concluir essa etapa.

A toda equipe da *Hidroponia Maria Sena*, em especial ao professor *Welliton Sena* pelo apoio e oportunidade para realização da pesquisa.

Aos professores *Marcos Brabo*, *Breno Costa* e meu amigo/irmão *Leonilton Rodrigues* pela ajuda e conselhos durante toda caminhada.

Ao *Instituto Federal do Pará/Campus Castanhal*, ao *Programa de Pós graduação em Desenvolvimento Rural e Gestão de Empreendimentos Agroalimentares* e ao *Sistema OCB/PA* pela oportunidade e apoio na pesquisa.

Por fim, a todos que estiveram junto comigo durante os momentos mais difíceis, que participaram direta ou indiretamente, que contribuíram com palavras de ânimo e orações o meu muito obrigado!

“Cheguemos, pois, com confiança ao trono da graça, para que possamos alcançar misericórdia e achar graça, a fim de sermos ajudados em tempo oportuno”

Hebreus 4:16

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

CAPÍTULO I

Figura 1 – Funcionamento de um sistema aquapônico com recirculação de água.....	16
Figura 2 – Tanque de formato circular para o cultivo dos peixes.	17
Figura 3 – Tipos de Filtros removedores de sólidos: A) Mecânico; B) Decantador; C) Fracionador de Espuma.....	18
Figura 4 – Modelo de Filtro biológico preenchido com argila expandida.....	18
Figura 5 – Cultivo hidropônico em sistema de canaletas.....	19
Figura 6 – Cultivo de alface em sistema de balsas flutuantes.....	20
Figura 7 – Cultivo de hortaliças em sistema aquapônico com substrato	21
Figura 8 – Sistemas de aeração/oxigenação: A) Soprador; B) Compressor; C) Aerador tipo pá; D) Aerador Chafariz	22
Figura 9 – Exemplar de tilápia (<i>Oreochromis</i> sp).....	23
Figura 10 – Alface (<i>Lactuca sativa</i> L.).....	26
Figura 11 – Composição do custo operacional dos sistemas de aquaponia, aquicultura e hidroponia	27

CAPÍTULO II

Figura 1 – Localização do sistema aquapônico.....	39
Figura 2 – Representação esquemática do sistema de cultivo, incluindo a estufa (a); ambiente de cultivo dos peixes (b); área de produção vegetal (c); sistema de bombeamento (d); e sistema de filtragem (e)	39
Figura 3 – Representação esquemática do sistema produtivo, incluindo a estufa (a); bancada de germinação (b); área de produção vegetal (c); sistema sump e bomba (d); sistema de aeração (e); tanque de cultivo dos peixes (f); e sistema de filtragem (g).....	41

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO II

Tabela 1 – Indicadores de desempenho zootécnico para tilápia (<i>Oreochromis niloticus</i>).	40
Tabela 2 – Indicadores de produtividade vegetal obtido no estudo de alface (<i>Lactuca sativa</i> L.).	40
Tabela 3 – Depreciação dos bens de capital fixo do empreendimento aquapônico	42
Tabela 4 – Custo de implantação de um empreendimento aquapônico na Região Metropolitana de Belém	45
Tabela 5 – Composição dos custos do empreendimento aquapônico na Região Metropolitana de Belém	46
Tabela 6 – Indicadores produtivos e de rentabilidade do empreendimento aquapônico na Região Metropolitana de Belém	48
Tabela 7 – Indicadores econômicos do empreendimento aquapônico na Região Metropolitana de Belém	49

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1	11
1 INTRODUÇÃO	12
2 PROBLEMÁTICA	13
3 OBJETIVOS	14
3.1 Geral	14
3.2 Específicos	14
4 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	15
4.1 Agricultura Familiar	15
4.2 Aquaponia	15
4.2.1 Componentes do sistema	16
4.2.1.1 Ambiente de cultivo dos peixes	16
4.2.1.2 Filtros	17
4.2.1.2.1 Decantador, Mecânico e Fracionador de Espuma	17
4.2.1.2.2 Biológico	18
4.2.1.3 Ambiente de cultivo das plantas	19
4.2.1.3.1 NFT (nutrient film technique)	19
4.2.1.3.2 DFT (Deep film technique)	20
4.2.1.3.3 Ambiente de cultivo com substratos	20
4.2.1.4 Sistema de Bombeamento	21
4.2.1.5 Sistema de Aeração	21
4.3 Caracterização das Espécies Cultivadas	22
4.3.1 Tilápia	22
4.3.1.1 Taxonomia	22
4.3.1.2 Características Gerais	23
4.3.1.3 Uso na Piscicultura	24
4.3.1.4 Legislação	24
4.3.2 Alface	25
4.3.2.1 Taxonomia	25
4.3.2.2 Características Gerais	25
4.3.2.3 Uso na Hidroponia	26
4.4 Avaliação Financeira da Aquaponia	26
4.4.1 Custos	26

4.4.2	Análise de Investimentos	28
4.4.2.1	Valor presente líquido (VPL).....	28
4.4.2.2	Taxa interna de Retorno (TIR)	28
4.4.2.3	Taxa mínima de atratividade (TMA).....	29
4.4.2.4	Taxa de retorno (TR) ou relação benefício-custo (RBC)	29
4.4.2.5	Payback.....	29
REFERÊNCIAS		30
CAPÍTULO 2		35
1	INTRODUÇÃO	37
2	MATERIAL E MÉTODOS	38
2.1	Área de Estudo	38
2.2	Caracterização do Sistema de Estudo	38
2.3	Dimensionamento do Sistema Produtivo	40
2.4	Análise de Custo	41
2.5	Análise Econômica	43
3	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	44
4	CONCLUSÃO	51
REFERÊNCIAS		51

CAPÍTULO 1

1 INTRODUÇÃO

As preocupações e consequente pressão da sociedade referentes à realidade socioeconômica e ambiental exigem mudanças nos padrões de utilização dos recursos naturais. Faz-se necessário, portanto, desenvolver propostas alternativas ao modelo agrícola predatório ainda predominante, especialmente, em países como o Brasil. Para isto, considera-se fundamental desenvolver sistemas de produção baseados em outros padrões de exploração agrícola, convergidos para um modelo de desenvolvimento sustentável (CORRÊA et al., 2016).

A aquaponia enquadra-se como um sistema de produção com bases sustentáveis, visto que integra o cultivo de organismos aquáticos em cativeiro com a hidroponia, de forma que haja benefícios para ambos (RAKOCY et al., 2006). Esta integração permite que as plantas utilizem os nutrientes provenientes da água do cultivo dos peixes, de modo a melhorar sua qualidade (QUILLÉRE et al., 1995).

Dentre as vantagens do sistema aquapônico, pode-se destacar a baixa utilização hídrica, cerca de 80% menos água que o cultivo tradicional (SAYARA et al., 2016); possibilidade de produção no entorno ou até mesmo dentro dos centros urbanos; alta produtividade de peixes e plantas; e menor investimento em fertilizantes para o cultivo dos vegetais (BRAZ FILHO, 2000; HERBERT, 2008; CARNEIRO et al., 2015).

A aquaponia também está sendo estudada como fonte de renda, em que o produtor apresenta a possibilidade de venda dos peixes, das plantas ou ambos os produtos (LOVE et al., 2015). No entanto, os autores explicam que devido ser um negócio que está em processo de organização, ainda não se tem uma base de informações que permita afirmar sobre a sua lucratividade, necessitando então de estudos de viabilidade econômica.

O sistema de aquaponia requer alto custo para implantação, pois os componentes básicos, como bombas e tanque de peixes são caros (RAKOCY et al., 2006). Isso pode diminuir a receita do projeto quando se tem a finalidade comercial. O desafio, então, é quantificar o limite de investimento necessário para tornar este um negócio rentável e economicamente sustentável ao nível do pequeno produtor.

Por isso, a análise de viabilidade econômico-financeira de um negócio é o primeiro passo para que o empreendedor possa tomar a decisão correta sobre o investimento (SEIBERT et al., 2013). Esta dissertação, portanto, pretende abordar a sustentabilidade de um sistema de aquaponia na Região Metropolitana de Belém (RMB), considerando a realidade socioeconômica e ambiental local.

2 PROBLEMÁTICA

O cultivo de organismos aquáticos é uma área que está em plena ascensão no mundo e no Brasil. O aumento na produção de animais de origem aquícola está atrelado ao incremento que a atividade necessita para complementar a produção oriunda da pesca extrativa (FAO, 2016).

Dentre os organismos cultivados, a tilápia (*Oreochromis niloticus*) encontra-se na segunda posição de peixes de importância comercial global e o primeiro no Brasil (VICENTE et al., 2014). A produção brasileira de tilápia foi de 432.149 toneladas em 2019, representando 57% de toda a piscicultura brasileira nesse ano. O resultado de 2019 foi 7,96% superior ao de 2018, comprovando a preferência nacional pela espécie. Além disso, esse levantamento diagnosticou o Brasil entre os quatro maiores produtores da espécie no mundo, atrás somente da China, Indonésia e Egito (PEIXEBR, 2020).

Dentre os estados com maior produção da espécie, o Paraná ocupa a primeira colocação com produção de 146.212 toneladas, seguido por São Paulo com 64.900 toneladas. O estado do Pará ocupa apenas a 21ª colocação nacional com produção de 383 toneladas (PEIXEBR, 2020).

Conforme Brabo (2014), no estado do Pará a maior parte dos empreendimentos aquícolas comerciais do estado adota o sistema semi-intensivo em viveiros de derivação ou de barragem. Porém, a criação desta espécie, por ser exótica, é proibida em sistemas abertos pela Lei nº. 6.713, de 25 de janeiro de 2005 (PARÁ, 2005), influenciando então nos volumes de produção da espécie.

Timmons e Ebeling (2010) levantam outra problemática potencial, quando afirmam que os sistemas convencionais de aquicultura se tornarão insustentáveis em longo prazo, seja por problemas ambientais ou por biossegurança.

Nesse sentido, a aquaponia se apresenta como uma alternativa aos métodos mais tradicionais de cultivo, apresentando uma série de benefícios, relativos tanto à qualidade dos produtos gerados, como pela economia dos recursos utilizados. Também, observa-se um crescimento de popularidade e atenção como um método importante e potencialmente sustentável de produção de alimentos. Todavia, ainda é uma forma de cultivo desconhecida para a grande maioria da população (LOVE et al., 2014).

Torna-se, por isso, indispensável fazer uma avaliação financeira anteriormente à sua implementação para que o capital investido seja adequadamente aproveitado, pois além de sustentável e altamente produtivo, o empreendimento deve ser viável economicamente e financeiramente, a fim de atrair investidores e agricultores/piscicultores (SILVA, 2008).

3 OBJETIVOS

3.1 Geral

Realizar uma avaliação de viabilidade econômico-financeira e técnica de um sistema aquapônico, com ênfase para agricultura familiar da Região Metropolitana de Belém (RMB), obtendo indicadores que subsidiem a tomada de decisão no investimento.

3.2 Específicos

- Determinar a estrutura de custos e receitas no processo produtivo;
- Analisar a viabilidade técnica e econômico-financeira do sistema, para a realidade dos agricultores urbanos da Região Metropolitana de Belém.

4 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

4.1 Agricultura Familiar

No Brasil a agricultura familiar, encontra-se presente em todas as regiões, sendo o segmento de maior importância econômica e social do meio rural, possuindo grande potencial de fortalecimento e crescimento. Assume papel estratégico para a manutenção e recuperação do emprego, para redistribuição da renda, para a garantia da soberania alimentar do país e para a construção do desenvolvimento sustentável (SCHUCH, 2004).

Conforme o Censo Agropecuário de 2017 (IBGE, 2017) 77% dos estabelecimentos agrícolas do país foram classificados como da agricultura familiar. Em extensão de área, a agricultura familiar ocupava no período da pesquisa 80,9 milhões de hectares, o que representa 23% da área total dos estabelecimentos agropecuários brasileiros.

De acordo com o levantamento, a agricultura familiar empregava mais de 10 milhões de pessoas em setembro de 2017, o que representa 67% do total de pessoas ocupadas na agropecuária. Além de ser responsável por 23% do valor total da produção dos estabelecimentos agropecuários.

No entanto, a agricultura familiar não ocorre somente no meio rural, mas também nos centros urbanos, fazendo com que os limites entre zonas rurais e urbanas se tornem cada vez mais difíceis de serem traçados (SILVA e SABLAYROLLES, 2014).

Segundo Mougeot (2000), a Agricultura Urbana e Periurbana (AUP) emerge nas metrópoles de países desenvolvidos e em desenvolvimento, apresentando-se como uma atividade integrada à economia e ao ecossistema urbano, voltando-se ao abastecimento das cidades, permitindo a segurança alimentar tanto das famílias dos agricultores, quanto das populações urbanas (por meio da comercialização da produção).

Apesar da inserção da agricultura no contexto urbano e a sua relevante importância para o desenvolvimento das cidades, considera-se que o segmento, na maioria dos casos, carece de apoio de políticas públicas que atendam às necessidades da população que atua na atividade (COHEN e REYNOLDS, 2014).

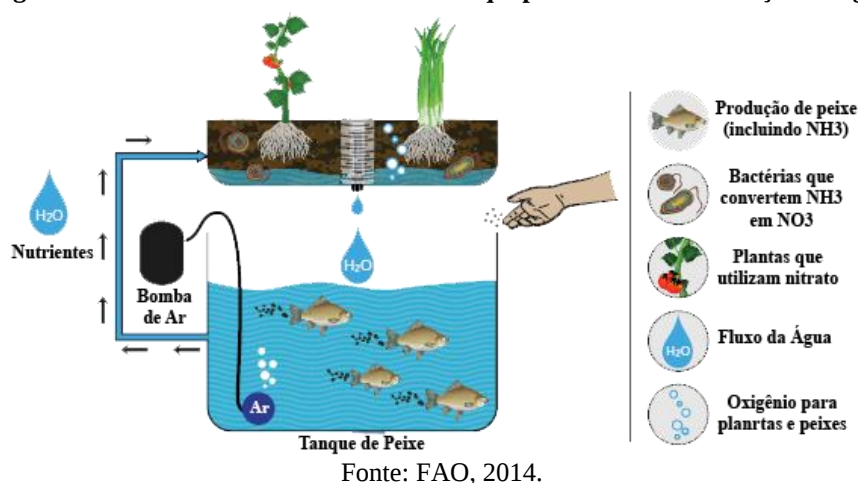
4.2 Aquaponia

De acordo com Castelanni et al. (2009), a palavra aquaponia vem da união entre duas outras: aquacultura (produção de seres aquáticos) e hidroponia (produção de plantas sem solo)

e diz respeito à produção de ambos em um sistema biointegrado de modo que ocorram benefícios para ambos.

Nesse sistema a ração é o principal insumo, visto que, os peixes ao se alimentarem, produzem excrementos que serão convertidas, por meio de bactérias, em nutrientes absorvíveis pelos vegetais (Figura 1). O consumo dos nutrientes pelas plantas e a ação das bactérias são processos fundamentais para a filtração da água, garantindo as condições apropriadas para o desenvolvimento dos peixes (TYSON et al., 2011).

Figura 1 – Funcionamento de um sistema aquapônico com recirculação de água



De modo geral, um sistema aquapônico possui 3 componentes básicos: tanque de cultivos dos peixes, bancada hidropônica e o tanque de filtração, este último pode ou não ser separado por compartimentos de filtração mecânica e biológica, além das bombas que promovem a circulação e aeração da água (RAKOCY et al, 2006).

4.2.1 Componentes do sistema

4.2.1.1 Ambiente de cultivo dos peixes

Os tanques de cultivo são componentes essenciais do sistema, visto que os mesmos podem representar até 20% do custo total de um sistema aquapônico. Como os peixes necessitam de condições ótimas para o seu desenvolvimento e sobrevivência, os tanques devem ser escolhidos cuidadosamente, considerando aspectos como forma, materiais e cores (FAO, 2014).

Embora existam diversos formatos de tanques que são funcionais, os circulares são os mais recomendados (Figura 2), pois permitem que a água circule de maneira uniforme e transporte os resíduos sólidos em direção ao dreno central (FAO, 2014).

Figura 2 – Tanque de formato circular para o cultivo dos peixes



Fonte: produto.mercadolivre.com.br

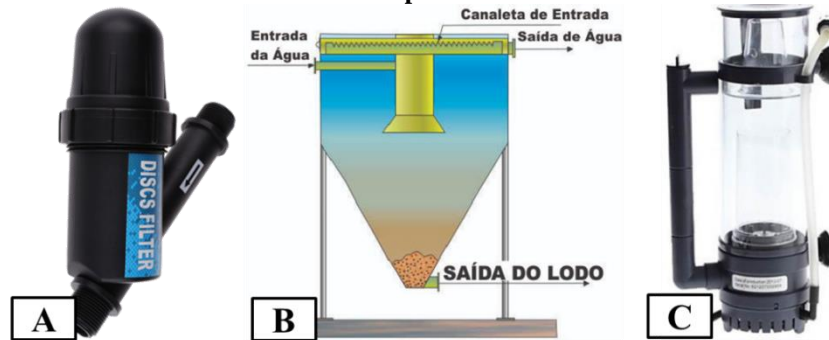
4.2.1.2 Filtros

4.2.1.2.1 Decantador, Mecânico e Fracionador de Espuma

Conforme Carneiro et al. (2015), os sistemas aquapônicos com biomassa de peixes abaixo de 5 kg/m³, produzem poucos resíduos sólidos, os quais são normalmente capturados e degradados dentro do próprio filtro biológico. No entanto, cultivos com densidades acima de 10 kg/m³, exigem o uso de artifícios que permitam a retirada constante dos resíduos sólidos.

Kubtiza (2006) explica que os sólidos podem ser divididos em três grupos: sólidos decantáveis (partículas maiores que 100 µm), sólidos suspensos (partículas entre 40 e 100 µm) e sólidos dissolvidos (partículas menores que 40 µm). De acordo com o autor, os filtros mecânicos (Figura 3A) retêm a porção de sólidos em suspensão, os quais representam 25% dos sólidos totais. Já sólidos decantáveis (50% do total), são retirados do sistema através de cones, decantadores (Figura 3B) ou sifonamento. Os sólidos dissolvidos (o restante), somente podem ser removidos com o auxílio de um fracionador de espuma (Figura 3C).

Figura 3 – Tipos de Filtros removedores de sólidos: A) Mecânico; B) Decantador; C) Fracionador de Espuma



Fonte: A) pt.dhgate.com; B) aquaponiabrasil.wordpress.com; C) produto.mercadolivre.com.br.

De Azevedo et al. (2014) explicam que é fundamental a retirada de tais resíduos, pois consomem oxigênio e geram amônia, constituindo-se em um problema para o sistema.

4.2.1.2.2 Biológico

A filtragem biológica é responsável pela transformação da matéria orgânica presente na água (principalmente os compostos nitrogenados) por meio de processos biológicos, visto que bactérias aeróbicas dos gêneros *Nitrosomonas* e *Nitrobacter* convertem a amônia (NH_3) em nitrito (NO_2^-) e esse em nitrato (NO_3^-) (DE AZEVEDO et al., 2014).

Como o nitrogênio é o nutriente requerido pelas plantas em maior quantidade e o nitrato é a forma preferida de absorção, a compreensão e o manejo adequados das colônias de bactérias no filtro biológico são de fundamental importância na aquaponia (TOKUYAMA et al., 2004).

Em sua maioria, os biofiltros consistem em uma caixa, tanque, cilindro, ou gaiola preenchida com um substrato que possibilite a fixação de bactérias nitrificadoras, conforme a figura 4 (KUBITZA, 2006).

Figura 4 – Modelo de Filtro biológico preenchido com argila expandida



Fonte: Acervo pessoal.

O aparecimento das bactérias pode ocorrer de forma natural ou estimulada pela introdução de produtos nos quais existe sua presença. Para a introdução das plantas no sistema,

é necessário esperar de 20 a 40 dias após a introdução dos peixes, pois após esse período o ciclo de nitrificação se encontrará em equilíbrio (TOKUYAMA et al., 2004).

4.2.1.3 Ambiente de cultivo das plantas

4.2.1.3.1 NFT (nutrient film technique)

Segundo Rakocy et al. (2006) a técnica foi desenvolvida por Allen Cooper na década de 1960, sendo o sistema composto por canos de PVC ou material semelhante, que abrigam as mudas de plantas sem a utilização de substrato para fixação destas. Uma camada fina de água com os nutrientes flui por dentro desses canos para suprir as demandas nutricionais das plantas, de forma que não fiquem totalmente submersas na mesma, faltando-lhes o oxigênio necessário para sua sobrevivência (Figura 5). Esse é o método mais utilizado mundialmente na produção de vegetais hidropônicos e o mais indicado para as plantas folhosas, como alface, rúcula, ervas aromáticas, entre outras (CARNEIRO et al., 2015).

Figura 5 – Cultivo hidropônico em sistema de canaletas



Fonte: Regenerative Leadership Institute

Neste sistema recomenda-se a utilização do cano PVC com diâmetro de 11 cm para vegetais com frutos maiores, e diâmetro de 7,5 cm para folhosas. O espaçamento entre as plantas deve respeitar a necessidade de cada vegetal, de forma que não comprometa seu crescimento. Além disso, o comprimento do cano não deve ultrapassar 12 metros, para que as plantas que estão mais longe da entrada de água não apresentem deficiência de nutrientes, e a inclinação do cano deve ser de pelo menos 1 cm por metro, de forma a garantir que a água escoar pelo tubo (SOMERVILLE et al., 2014).

Em relação à circulação da solução nutritiva, Bernardes (1997) explica que pode ocorrer de maneira contínua ou em pulsos regulares (a cada 15 em 15 minutos, por exemplo).

Nesse método de cultivo é importante usar os filtros de forma separada, para que os sólidos em suspensão não obstruam as raízes e dificultem a absorção dos nutrientes pelas plantas (RAKOCY et al., 2006).

4.2.1.3.2 DFT (Deep film technique)

Conforme Bezerra Neto e Barreto (2000), neste sistema as plantas são mantidas sem substrato, com as raízes completamente submersas na solução nutritiva, a qual é aerada para proporcionar a respiração das raízes. Como não se usa substrato, é necessário se adaptar um sistema de sustentação para manter as plantas na posição vertical, para o que usualmente se empregam placas de poliestireno contendo orifícios espaçados entre si de acordo com as necessidades de crescimento de cada espécie (Figura 6).

Figura 6 – Cultivo de alface em sistema de balsas flutuantes



Fonte: Aquaponics.com

Semelhante ao sistema NFT, no sistema DFT também é de extrema importância a presença de filtros mecânicos e decantadores, pois os resíduos gerados pela piscicultura podem prejudicar a absorção dos nutrientes pela raiz da planta, causando consequentemente seu apodrecimento, além de comprometer o processo de nitrificação, afetando o desenvolvimento dos peixes (RAKOCY et al., 2006).

4.2.1.3.3 Ambiente de cultivo com substratos

Neste ambiente as plantas são cultivadas em substrato inerte ou pouco ativo quimicamente como areia lavada, cascalho, argila expandida, pedra brita, seixos de leito de rio, rochas vulcânicas, perlita, entre outros, para dar sustentação às plantas (MARTINEZ, 2006; CARNEIRO et al., 2015).

Segundo Carneiro et al. (2015), o sistema funciona da seguinte forma: A água do tanque de criação dos peixes é bombeada para o ambiente de cultivo dos vegetais e seu retorno é feito por gravidade através de um sifão do tipo sino que permite o enchimento e o esvaziamento cíclico desse ambiente. (Figura 7).

Figura 7 – Cultivo de hortaliças em sistema aquapônico com substrato



Fonte: 3dwarehouse.sketchup.com

A área onde são plantadas as mudas geralmente servem como filtro biológico e mecânico (SOMERVILLE et al., 2014), dessa forma, não há necessidade de instalar outros sistemas independentes de filtração (RAKOCY et al., 2006).

4.2.1.4 Sistema de Bombeamento

Os sistemas aquapônicos se utilizam do princípio da recirculação de água, ou seja, o fluxo da água acontece tanto por gravidade quanto bombeamento, por isso na hora de planejar o design do sistema é importante maximizar os pontos de gravidade, para reduzir as despesas com energia e manutenção, e também os riscos por falhas dos componentes do sistema (KUBTIZA, 2006).

Além disso, o dimensionamento das bombas e tubulações deve ser feito por profissionais que apresentem conhecimentos sobre hidráulica, para evitar erros e inviabilizar o sistema hidráulico (DE AZEVEDO, 2014).

4.2.1.5 Sistema de Aeração

O sistema de aeração/oxigenação pode ser composto por soprador de ar, compressor de ar, aeradores mecânicos de diversos tipos (pá ou chafariz), injeção direta de O₂ (Figura 8) ou até mesmo uma combinação entre dois ou mais tipos (CORSO, 2010).

Figura 8 – Sistemas de aeração/oxigenação: A) Soprador; B) Compressor; C) Aerador tipo pá; D) Aerador Chafariz



Fonte: A) chblower.com; B) aliexpress.com; C) portuguese.alibaba.com; D) aeradoresgaivota.com.br

Segundo Braz Filho (2000), seu objetivo é fornecer a quantia de oxigênio dissolvido na água necessário ao sistema, o qual tem como consumidores: a biomassa vegetal e animal, a matéria orgânica (DBO), e as bactérias do biofiltro.

Kubtiza (2006), afirma que em média, cada quilo de ração fornecido consome 250g de O_2 pelos peixes e até 140g de O_2 pelas bactérias do biofiltro. Ou seja, consumo de aproximadamente 400g de oxigênio do sistema a cada 1 kg de ração.

Nesse sentido, é importante o bom dimensionamento, ou posicionamento da aeração, pois quando isso é feito de maneira incorreta, acarreta na excessiva agitação dentro dos tanques de cultivo, ressuspendendo e fracionando os resíduos sólidos, e também na falta de oxigênio para os organismos aeróbios do sistema de cultivo (KUBTIZA, 2006; CORSO, 2010).

4.3 Caracterização das Espécies Cultivadas

4.3.1 Tilápia

4.3.1.1 Taxonomia

A tilápia pertence à ordem Perciformes e família Cichlidae, e sendo originada da África, Israel e Jordânia. O gênero *Oreochromis* consiste em mais de 100 espécies e subespécies, dentre as quais 15 são cultivadas no mundo (VERANI, 1980; VICENTE et al., 2014) Apresentam a seguinte classificação taxonômica:

Reino: Animalia

Filo: Chordata

Superclasse: Actinopterygii

Classe: Teleostei

Ordem: Perciformes

Família: Cichlidae

Gênero: *Oreochromis* (Gunther, 1889)

Espécie: *Oreochromis niloticus*

Fonte: itis.gov

4.3.1.2 Características Gerais

A tilápia encontra-se amplamente disseminada nas regiões tropicais e subtropicais, como em Israel, Sudeste Asiático (Indonésia, Filipinas e Formosa) e no Continente Americano (Estados Unidos, México, Panamá e toda a América do Sul) (CARVALHO, 2006). No Brasil foi introduzida em 1971, por intermédio do Departamento Nacional de Obras Contra a Seca (DNOCS) nos açudes do Nordeste, difundindo-se para todo o país (PROENÇA e BITTENCOURT, 1994; CASTAGNOLLI, 1996).

Caracteriza-se por apresentar listras verticais, coloração acinzentada e corpo comprimido lateralmente (Figura 9). Apresentam crescimento acelerado, podendo chegar até 60 cm em comprimento, variando seu peso de 4,3 kg a 9,5 kg (SILVA et al., 2015).

Figura 9 – Exemplar de tilápia (*Oreochromis* sp)



Fonte: Panorama da Aquicultura (1997).

Segundo Faria et al. (2013) a tilápia possui hábito alimentar onívoro. Em ambiente natural alimenta-se de fitoplâncton, plantas aquáticas, pequenos invertebrados, entre outros. Em sistemas de produção se adapta bem à ingestão de ração.

As tilápias possuem alta taxa de fertilidade e excelente capacidade de reprodução, mesmo antes de atingir sua maturidade sexual, o que geralmente ocorre entre o 3º e o 4º mês após a estocagem de alevinos. Por ser uma espécie que apresenta maturação sexual precoce, se indica o cultivo de populações monosssexuadas, para evitar problemas de heterogeneidade do lote e menor crescimento das fêmeas (KUBTIZA, 2000).

4.3.1.3 Uso na Piscicultura

No cenário nacional o cultivo de tilápias vem se destacando em algumas regiões do país como o nordeste, sul e sudeste, sendo a espécie de peixe mais produzida no ano de 2019, com cerca de 432 mil toneladas. Essa produção tornou o Brasil o 4º maior produtor da espécie no mundo (PEIXEBR, 2020).

Os fatores que possibilitam essa alta produção são: rápido crescimento (cerca de seis meses), boa conversão alimentar, capacidade de assimilar tanto proteína de origem vegetal quanto animal, resistência às doenças e às condições ambientais dos sistemas intensivos de produção de peixes (manipulação, alta densidade e baixa qualidade da água) (NOGUEIRA e RODRIGUES, 2007).

Geralmente são comercializadas com peso acima de 600 gramas, sendo o cultivo realizado principalmente em sistemas intensivos e superintensivos com elevadas densidades de estocagem (BRITO et al., 2017). Nesse sentido, tornam-se candidatas ideais para sistemas de cultivos aquapônicos, e conforme Rakocy et al. (2006) é a espécie de peixe mais produzida neste modelo de sistema.

4.3.1.4 Legislação

Por ser uma espécie exótica a legislação brasileira (Portaria do IBAMA nº 145/N, de 29 de outubro de 1998) estabelece normas para a introdução, reintrodução e transferência da espécie para fins aquícolas (BRASIL, 1998).

Além desta, o decreto Federal no 4.895, de 25 de dezembro de 2003 (BRASIL, 2003) que dispõe sobre o uso de espaços físicos de corpos d'água da união para fins de aquicultura; e a lei estadual no 6.713, de 25 de janeiro de 2005, que considera o cultivo de espécies exóticas em sistemas abertos como atividade ilegal, são os ordenamentos que normatizam o cultivo de tilápias localmente (PARÁ, 2005).

Em 2018, por fim, foi corrigida uma falha no ordenamento anterior através da resolução COEMA no 143, de 20 dezembro de 2018, a qual definiu como sistema aberto o corpo hídrico superficial diretamente utilizado como local de cultivo, enquanto o sistema fechado se caracteriza quando a água é captada de uma fonte hídrica até a infraestrutura de cultivo localizada em bases terrestres, sem lançamento do efluente em corpo hídrico superficial (PARÁ, 2018).

De acordo com esta nova norma, o sistema de aquaponia apresenta-se em total condição de viabilidade ao cultivo de tilápia no estado do Pará.

4.3.2 Alface

4.3.2.1 *Taxonomia*

A alface da espécie *Lactuca sativa* L. pertence à família Asteraceae. Esse vegetal tem sua origem na Ásia, mas há relatos que o mesmo foi utilizado por egípcios, gregos e romanos, sendo introduzido no Brasil pelos portugueses no século XVI (CHON et al., 2005). Apresenta a seguinte classificação taxonômica:

Reino: Vegetalia

Filo: Plantae

Divisão: Magnoliopsida

Classe: Magnoliopsida

Ordem: Asterales

Família: Asteraceae

Gênero: *Lactuca*

Espécie: *Lactuca sativa* L.

4.3.2.2 *Características Gerais*

No Brasil a alface (Figura 10) é a hortaliça folhosa mais consumida, representando cerca de 40% do volume negociado pelas empresas de abastecimento. Apresenta como características morfológicas o porte herbáceo com folhas alternas presas a um caule curto (MORETTI e MATTOS, 2008).

Figura 10 – Alface (*Lactuca sativa* L.)



Fonte: Acervo pessoal.

A alface é uma hortaliça delicada e sensível às condições climáticas, apresentando melhor desenvolvimento em condições de temperaturas amenas entre 18 a 25°C, sendo também necessário um controle de luminosidade para o seu cultivo. Possuem níveis consideráveis de cálcio, potássio, fósforo, ferro, magnésio, flúor e vitaminas A, B1, B2 e C, além de uma boa quantidade de fibras e baixas calorias (KESKINEN et al., 2009).

4.3.2.3 Uso na Hidroponia

O cultivo da alface pode ser realizado pelos sistemas tradicional (cultivo no solo), orgânico e hidropônico. O primeiro ainda é predominante, apesar das perdas e limitações (CHAVES et al., 2000).

Santos et al. (2008), entretanto, afirmam que a produção hidropônica desta hortaliça no Brasil vem ganhando cada vez mais espaço devido a melhor utilização da área, precocidade na colheita, utilização mais eficiente de nutrientes e melhor qualidade do produto, possibilitando ainda o controle de fatores ambientais que tornam limitantes seu cultivo em determinadas épocas do ano.

Em termos hidropônicos, a alface é a planta cultivada em maior escala, principalmente pelo método NFT. Isso se deve à sua fácil adaptação ao sistema, no qual tem revelado alto rendimento e reduções de ciclo em relação ao cultivo no solo (OHSE et al., 2001).

4.4 Avaliação Financeira da Aquaponia

4.4.1 Custos

A Contabilidade de Custos possui duas importantes funções como ferramenta da Contabilidade Gerencial: auxílio à tomada de decisão, fornecendo informações que mostram

consequências de curto e longo prazo sobre medidas de corte de produtos, redução de custos, formulação de preço de venda, terceirização de serviços, entre outros; e melhoria do controle da empresa, colaborando com a elaboração de orçamentos e subsequente comparação entre orçado e realizado (BOTELHO, 2006).

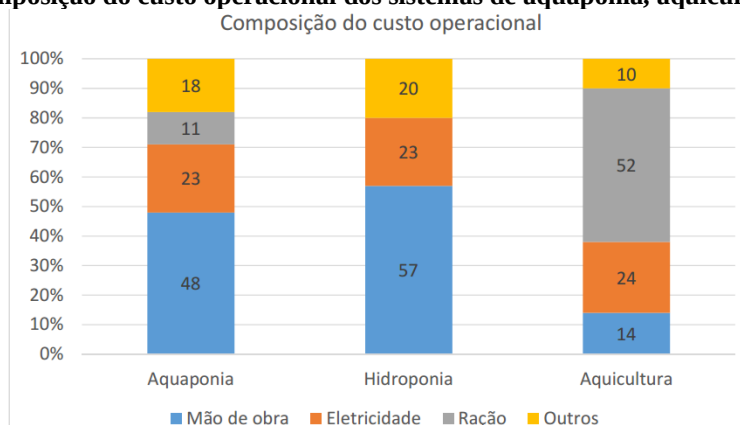
Segundo Kodoma (2015), por mais promissor que o mercado dos produtos oriundos da aquaponia seja, deve-se analisar a atividade do ponto de vista financeiro para poder comparar com outras atividades que produzem o mesmo tipo de produto, como a aquicultura e a hidroponia.

O autor afirma que para poder comparar financeiramente a atividade de aquaponia com projetos de aquicultura, hidroponia ou de outras áreas, é necessário o entendimento dos custos para determinar o fluxo de caixa e posteriormente utilizar métodos determinísticos que possibilitem a estimação desse fluxo.

O sistema de aquaponia mesmo sendo de pequeno tamanho, pode ser considerado como um investimento inicialmente mais caro que a hidroponia e a aquicultura, por considerar que haverá necessidade de se investir em tanques, galpão, bomba de água, soprador de ar, forros e placas flutuantes (RAKOCY et al., 2006).

Quanto aos custos de operação, um estudo realizado por Tokunaga et al (2015), comparou a composição do custo operacional entre as três atividades e observou que para a aquaponia e hidroponia a maior parte dos custos operacionais é oriunda de gastos em mão-de-obra. Já para a aquicultura, a ração compõe a maior parte dos custos (Figura 11).

Figura 11 – Composição do custo operacional dos sistemas de aquaponia, aquicultura e hidroponia



Fonte: Tokunaga et al (2015).

4.4.2 Análise de Investimentos

Os métodos determinísticos de análise de investimentos são utilizados para medir a atratividade das alternativas de investimentos ou empreendimentos em situação de certeza, servindo de instrumento indicador dos ganhos que podem ser obtidos dentro de um horizonte de planejamento, ou seja, apresentam a “situação de certeza correspondente à previsibilidade de um resultado final certo ou esperado” (EVANGELISTA, 2013).

Neste sentido Souza e Clemente (1997) afirmam que o grande campo de aplicação das técnicas de análise de investimentos, sem dúvida, ainda está associado ao processo de geração de indicadores utilizados na seleção de alternativas de investimentos ou empreendimento.

Dentre os métodos ou técnicas citados na literatura e que possibilitam a geração de indicadores que estabelecem informações acerca da recuperação do capital investido, os que possuem maior destaque entre os autores são: valor presente líquido (VPL), taxa interna de retorno (TIR), taxa mínima de atratividade (TMA), taxa de retorno (TR), e Payback.

4.4.2.1 Valor presente líquido (VPL)

O VPL permite analisar a viabilidade econômica do projeto ou empreendimento no longo prazo, através do valor atual dos benefícios menos o valor atual dos custos e dos desembolsos descontado a uma Taxa Mínima Atrativa. Este método apresenta seu resultado em valores absolutos, logo quanto maior o VPL, mais valor o projeto agrega e, portanto, mais alto o preço das ações (EHRHARDT; BRIGHAM, 2012).

Quando o VPL é usado, tanto as entradas como as saídas de caixa são medidas em termos de dinheiro presente. Na análise deste indicador, se o valor do VPL for maior que R\$ 0,0 o projeto deverá ser aceito, caso contrário tem que ser rejeitado (EHRHARDT; BRIGHAM, 2012).

4.4.2.2 Taxa interna de Retorno (TIR)

Segundo Kassai et al (2000), a taxa interna de retorno (TIR) representa a taxa de desconto que iguala, em um único momento, os fluxos de entrada com os de saída de caixa. Em outras palavras, é a taxa que produz um VPL igual a zero.

Furlaneto et al (2009), definem a TIR como o valor indicado para estudar a viabilidade financeira do projeto. Para saber se é viável ou não, basta comparar com o custo de oportunidade do capital, dado pela taxa mínima de atratividade.

4.4.2.3 Taxa mínima de atratividade (TMA)

Segundo Ross et al (1995), a taxa mínima de atratividade é a menor taxa aceita pelos possíveis interessados em investir em um projeto ou ativo qualquer. Como parâmetro de avaliação destes, entende-se como a meta econômica mínima a ser alcançada (NETO, 1992).

No método de VPL, a TMA é utilizada como taxa de desconto dos fluxos de caixa. Já no método de TIR ela é utilizada como uma taxa de comparação com a taxa interna de retorno (KODAMA, 2015).

4.4.2.4 Taxa de retorno (TR) ou relação benefício-custo (RBC)

Segundo Silva e Fontes (2005), a taxa de retorno ou relação benefício-custo representa, em forma percentual, o quociente do VPL pelo Investimento Inicial.

O autor explica que quando o TR for superior a 1, indica um valor presente líquido maior que zero, revelando que o projeto é economicamente atraente. Em caso contrário, se o TR for menor que 1,0, tem-se um indicativo de desinteresse pela alternativa, o qual representa um valor atualizado de entrada de caixa menor que o de saída (VPL negativo).

4.4.2.5 Payback

Moura (2003) explica que o payback é o período de tempo necessário para que o investimento ou empreendimento recupere o capital investido.

REFERÊNCIAS

- BERNARDES, L. J. L. **Hidroponia Alface Uma História de Sucesso**. Charqueada: Estação Experimental de Hidroponia “Alface e Cia”, 120p. 1997.
- BEZERRA NETO, E.; BARRETO, L.P. **Técnicas de cultivo hidropônico**. Recife. UFRPE. 2000.
- BOTELHO, M. M. **Manual Prático de Controle Interno na Administração Pública Municipal**, Apresentando Modelos de Procedimentos, Rotinas, Instruções Normativas, Decretos, Portarias e Anexos específicos da Administração Pública Municipal. Curitiba: Juruá, 2006.
- BRASIL. 1998. **Portaria do IBAMA nº 145 de 29 de outubro 1998**. Estabelece normas para a introdução, reintrodução e transferência de peixes, crustáceos, moluscos e macrófitas aquáticas para fins de aquicultura, excluindo-se as espécies animais ornamentais. Brasília: Diário Oficial da União.
- BRASIL. 2003. **Decreto Federal nº 4.895 de 25 de novembro de 2003**. Dispõe sobre a autorização de uso de espaços físicos de corpos d’água de domínio da União para fins de aquicultura, e dá outras providências. Brasília: Diário Oficial da União.
- BRABO, M. F. Piscicultura no estado do Pará: situação atual e perspectivas. **Actapesca**, 2(1): 1-7. 2014.
- BRAZ FILHO, M. S. P. **Qualidade na produção de peixes em sistema de recirculação de água**. 2000. 41 f. Monografia (Especialização) – Centro Universitário Nove de Julho, São Paulo, 2000.
- BRITO, J. M.; PONTES, T. C.; TSUJI, K. M.; ARAÚJO, F. E.; RICHTER, B. L. Automação na tilapicultura: revisão de literatura. **Nutri Time – Revista Eletrônica**. Vol. 14, Nº 03, maio/jun. de 2017.
- CARNEIRO, P.C.F. ; MARIA, A.N. ; NUNES, M.U.C. ; FUJIMOTO, R. Y. Aquaponia: produção sustentável de peixes e vegetais.. In: Tavares Dias, M.; Mariano, W.S.. (Org.). **Aquicultura no Brasil: novas perspectivas**. 1ed.São Carlos: Pedro & João, v. 2, p. 683-706. 2015.
- CARVALHO, E.D. Avaliação dos impactos da piscicultura em tanques-rede nas represas dos grandes tributários do alto Paraná (Tietê e Paranapanema): o pescado, a ictiofauna agregada e as condições limnológicas. **Relatório Científico (FAPESP)**. Botucatu, SP. 46p. 2006.
- CASTAGNOLLI, N. **Aquicultura para o ano 2000**. Brasília: CNPq, 95p. 1996.
- CASTELLANI, D.; ABIMORAD, E.G.; CAMARGO, A.F.M. Aquaponia: aproveitamento do efluente do berçário secundário do camarão-daamazônia (*Macrobrachium amazonicum*) para produção de alface (*Lactuca sativa*) e agrião (*Rorippa nasturtium aquaticum*) hidropônicos. **Bioikos**, v.23, n.2, p.65-75, 2009.
- CHAVES, P. A.; LAIRD, L. M.; SUTHERLAND, R.; BELTRAO, J. Assessment of fish culture water improvement through the integration of hydroponically grown lettuce. **Water Science and Technology**. v.42, p.43-47, 2000.
- CHON, S. U.; JANG, H. G.; KIM, D. K.; KIM, Y. M.; BOO, H. O.; KIM, Y. J. Allelopathic potential in lettuce (*Lactuca sativa* L.) plants. **Scientia Horticulturae**, v. 106, n. 3, p. 309- 317,2005.
- COHEN, N.; REYNOLDS, K. Urban Agriculture Policy Making in New York’s “New Political Spaces”: Strategizing for a Participatory and Representative System. **Journal of Planning Education and Research**, 34(2), p. 221–234. 2014.

CORRÊA, B. R. S.; CRUZ JÚNIOR, C. A.; CORRÊA, V. R. S. A aquaponia como tecnologia social para agricultura familiar. VII Simpósio Nacional de Ciência e Meio Ambiente – **Anais Eletrônicos** (ISSN: 2179-5193) PPSTMA – Unievangélica – 2016.

CORSO, M. N. **Uso de sistemas de recirculação na agricultura**. 2010. 51 f. Trabalho de Conclusão de Curso. (Graduação em Medicina Veterinária) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2010.

DE AZEVEDO et al., **Sistemas de recirculação para cultivo de peixes marinhos procedimento operacional padrão (POP)** - 13 p. Outubro, 2014. Disponível em: <ftp://ftp.sp.gov.br/ftppesca/Sist_RecirculacaoCultivodePeixesMarinhos14.pdf> Acesso em: fev. 2018.

EHRHARDT, M. C.; BRIGHAM, E. F. **Administração financeira: teoria e prática**. 2. ed. São Paulo: Cengage Learning, 2012.

EVANGELISTA, M. L. S. **Estudo comparativo de análise de investimentos em projetos entre o método vpl e o de opções reais: o caso cooperativa de crédito - Sicredi Noroeste**. 163 f. Tese (Doutorado), Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2006.

FAO. **Small-scale aquaponic food production – Integrated fish and plant farming**. Roma, 288p. 2014.

FAO. **El estado mundial de la pesca y la acuicultura 2016. Contribución a la seguridad alimentaria y la nutrición para todos**. Roma. 224 pp. 2016.

FARIA, R. H. S. et al. **Manual de Criação de Peixes em Viveiros**. Brasília: CODEVASF. 2013.

FURLANETO, F. DE P. B. et al. Estudo da viabilidade econômica de projetos de implantação de piscicultura em viveiros escavados. **Informações Econômicas**, v. 39, n. 2, p. 5–11, 2009.

FAULIN, E. F. **O Uso do system dynamics em um modelo de apoio à comercialização: Uma Aplicação à Agricultura Familiar**. 2004. 191 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2004.

HERBERT, S. et al., **Aquaponics in Australia - The integrations of Aquaculture and Hydroponics**. Mudge, Australia, 28p. 2008.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo Agropecuário 2017**. Disponível em: < <https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/censo-agropecuario/censo-agropecuario-2017>>. Acesso em: 1 de novembro de 2021.

ITIS Report. *Oreochromis*. **Disponível em:** < https://www.itis.gov/servlet/SingleRpt/SingleRpt?search_topic=TSN&search_value=170014#null>. **Acesso em:** 5 de março de 2020.

KASSAI, J. et al. **Retorno de investimento: abordagem matemática e contábil do lucro empresarial**. 2000.

KESKINEN, I. A.; BURKE, A.; ANNOUS, B. A. Efficacy of chlorine, acidic electrolyzed water and aqueous chlorine dioxide solutions to decontaminate *Escherichia coli* O157:H7 from lettuce leaves. **International Journal of Food Microbiology**. v.132, p.134-140, 2009.

KODAMA, G. **Viabilidade financeira em sistema de aquaponia**. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal). 74 f. Universidade de Brasília. Brasília. 2015.

KUBTIZA, F. **Tilápia: tecnologia e planejamento na produção comercial**. Jundiaí, 2000.

KUBITZA, F. Sistemas de Recirculação: sistemas fechados com tratamento e reuso da água. **Panorama da Aquicultura**, Rio de Janeiro, v. 16, n. 95, p. 15-22, mai. 2006.

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, 9(7), 1–10. 2015.

MARTINEZ, H.E.P. **Manual prático de hidroponia**. Viçosa, MG: Aprenda fácil, 271p, 2006.

MORETTI, C. L.; MATTOS, L. M. Processamento mínimo de alface crespa. Brasília: **Embrapa Hortaliças**, 2008. (Comunicado Técnico 25). Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CNPH-2009/32284/1/cot_36.pdf>. Acesso em: 13 fevereiro. 2020.

MOURA, L. A. A. **Economia ambiental**: gestão de custos e investimentos. São Paulo: Juarez de Oliveira, 2003.

MOUGEOT, L. J. A. Agricultura Urbana - conceito e definição. **Revista de Agricultura Urbana - The RUAF Foundation**, 1(1), 1–8. 2000.

NETO, A. A. Os Métodos Quantitativos De Análise De Investimentos. **Caderno de Estudos**, n. 6, p. 1–16, 1992.

NOGUEIRA, A. C.; RODRIGUES, T. **Criação de tilápias em tanques-rede**. Salvador: SEBRAE Bahia, 23 p. 2007.

OHSE, S. et al. Qualidade de cultivares de alface produzidos em hidroponia. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 58, n. 1, p. 181-185, 2001.

PANORAMA DA AQUICULTURA, 1997. Disponível em: <<https://panoramadaaquicultura.com.br/cultivo-de-tilapia-e-tema-de-ciclo-de-debates-no-parana/>>. Acesso em: 5 de março de 2020.

PARÁ. 2005. **Lei Estadual nº 6.713 de 25 de janeiro de 2005**. Dispõe sobre a Política Pesqueira e Aquícola no Estado do Pará, regulando as atividades de fomento, desenvolvimento e gestão ambiental dos recursos pesqueiros e da aquicultura e dá outras providências. Belém: Diário Oficial do Estado do Pará.

PARÁ. 2018. **Resolução COEMA nº 143 de 20 de dezembro de 2018**. Dispõe sobre diretrizes para o cultivo de espécies exóticas em empreendimentos aquícolas do Estado do Pará, e dá outras providências. Belém: Diário Oficial do Estado do Pará.

PEIXE BR, 2020. Disponível em: <<https://www.peixebr.com.br/anuario-peixe-br-da-piscicultura-2019/>>. Acesso em: 5 de março de 2020.

PROENÇA, C. E. M.; BITTENCOURT, P. R. L. **Manual de piscicultura tropical**. Ed. MMA/IBAMA, 195p. Brasília. 1994.

QUILLÉRE, I. et al. An artificial productive ecosystem based on a fish/bacteria/plant association. 2. Performance. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 53, n. 1, p. 19-30, 1995.

RAKOCY, J. E.; LOSORDO, T. M.; MASSER, M. P. Recirculating aquaculture tank production systems: aquaponics: integrating fish and plant culture. **Southern Regional Aquaculture Center Publications**, Mississippi, n. 454, 16 p. 2006.

ROSS, Stephen A.; WESTERFIELD, Randolph W.; JAFFE, Jeffrey F. **Administração financeira: corporate finance**. São Paulo: Atlas, 1995.

SANTOS, A. O. et al. Produção de alface hidropônica: uma abordagem pela dinâmica de sistemas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE SISTEMAS, 4., 2008, Franca, SP. **Anais...** Franca, SP: Centro Universitário de Franca, UNI-FACET, 2008.

SANTOS, B.L.T.; ANDRADE, J.E.; SOUSA, R.G.C. Densidade de estocagem utilizada no desenvolvimento do tabaqui em fase de pré-engorda. **ScientiaAmazonia**, v. 3, n.3, 41-50, 2014.

SAYARA, T., AMARNEH, B., SALEH, T., ASLAN, K., ABUHANISH, R., & JAWABREH, A. **Hydroponic and Aquaponic Systems for Sustainable Agriculture and Environment**, 2(3), 23–29. 2016.

SCHUCH, H. J. **A Importância da opção pela Agricultura Familiar**. 2004.

SEIBERT et al. **Estudo de viabilidade econômico-financeira para implantação de uma estufa hidropônica em uma propriedade rural no interior de Santo Ângelo – RS**. IESA, Santo Ângelo-RS. 2013.

SILVA, E. R. R.; SABLAYROLLES, M. G. P. Caracterização das atividades de agricultura urbana: um estudo de caso em Santarém – Pará. **Cadernos de Agroecologia**, 9(4), 1–13. 2014.

SILVA, M. L.; FONTES, A. A. Discussão sobre os critérios de avaliação econômica: Valor Presente Líquido (VPL), Valor Anual Equivalente (VAE) e Valor Esperado da Terra (VET). Viçosa: **Revista Árvore**, v.29, n.6, 2005.

SILVA, G. F.; MACIEL, L. M.; DALMASS, M. V.; GONÇALVES, M. T. **Tilápia-do-nilo: criação e cultivo em viveiros no estado do Paraná**. Disponível em: < <https://gia.org.br/portal/wp-content/uploads/2017/12/Livro-pronto.pdf>>. Acesso em: 05 de março de 2020.

SOMERVILLE, C. et al. **Small-scale aquaponic food production. Integrated fish and plant farming**. Rome. 262 p. (FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper No. 589). 2014.

SOUZA, A; CLEMENTE, A. **Decisões financeiras e análise de investimentos: fundamentos, técnicas e aplicações**. 2 ed. São Paulo: Atlas, 1997

TIMMONS, M. B., EBELING, J. M. Recirculating Aquaculture, 2nd edition. Cayuga **Aqua Ventures**, Ithaca, NY. 2010.

TOKUNAGA, K. et al. Economics of Small-scale Commercial Aquaponics in Hawaii. **World Aquaculture Society**, v. 46, n. 1, p. 20–32, 2015.

TOKUYAMA, T. et al. Nitrosomonas communis strain YNSRA, an ammoniaoxidizing bacterium, isolated from the reed rhizoplane in an aquaponics plant. **Journal of Bioscience and Bioengineering**, Osaka, v. 98, n. 4, p. 309-312, 2004.

TYSON, R.V.; TREADWELL, D.D.; SIMONNE, E.H. Opportunities and Challenges to Sustainability. **Hortscience**, 21: 6-13, 2011.

VERANI, J. R. **Controle populacional em cultivo intensivo consorciado entre Tilápia-do-nilo *Oreochromis niloticus* (LINNAEUS, 1758) e o tucunaré comum, *Cichla ocellaris* (SCHNEIDER, 1801) – aspectos quantitativos**. 1980. 116 p. Dissertação (Mestrado) - Departamento de Ciências Biológicas, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 1980.

VICENTE, I. S. T.; ELIAS, F.; FONSECA-ALVES, C. E. Perspectivas da produção de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) no Brasil. **Revista de Ciências Agrárias**, Lisboa, v. 37, n. 4, p. 392-398, 2014.

CAPÍTULO 2

VIABILIDADE ECONÔMICA DE UM SISTEMA DE AQUAPONIA PARA AGRICULTORES FAMILIARES NA REGIÃO METROPOLITANA DE BELÉM, ESTADO DO PARÁ

RESUMO

A ausência de indicadores econômicos capazes de balizar a tomada de decisão de investidores representa um dos principais fatores limitantes para a disseminação de iniciativas de aquaponia. Nesse sentido, o estudo em questão analisou a viabilidade econômica da implantação de um sistema aquapônico familiar na Região Metropolitana de Belém. Os custos de instalação e de produção foram estimados por meio de um ensaio produtivo realizado em um empreendimento hidropônico. O sistema proposto apresentou capacidade produtiva de 4 toneladas.ano⁻¹ de tilápia e 12 mil maços.ano⁻¹ de alfaces crespa e roxa. Para o cálculo do custo de produção considerou-se o ciclo produtivo vegetal com 50 dias e produtividade de 2,9 plantas para gerar 1 maço de alface, e o ciclo produtivo animal com 180 dias, peso de abate de 0,53 kg, conversão alimentar de 1,5:1 e produtividade de 40 kg.m³. Desse modo, o sistema apresentou custo de implantação de R\$ 46.072,97, custo total da produção de R\$ 58.936,60 e custo de produção da tilápia de R\$ 10,08.kg⁻¹, alface roxa de R\$ 1,77.maço⁻¹ e alface crespa de R\$ 1,41.maço⁻¹. Quanto aos indicadores econômicos, em um cenário de 5 anos, o Valor Presente Líquido foi de R\$ 54.254,23, Taxa Interna de Retorno de 44,75%, Relação Benefício/Custo de 1,42, Renda Familiar Mensal do Agricultor de R\$ 3.278,80 e retorno de 1,9 ano. Diante disso, o sistema analisado mostrou-se viável do ponto de vista econômico, entretanto, é válido salientar a necessidade da capacitação técnica por parte do investidor visto que o sistema em questão exige conhecimentos técnicos a fim de garantir êxito no manejo dos diferentes componentes, como, peixes, plantas e qualidade da água.

Palavras-chave: Tilapia; Custo de produção; Indicadores econômicos.

ABSTRACT

The absence of economic indicators capable of supporting the decision making of investors represents one of the main limiting factors for the dissemination of aquaponics initiatives. In this sense, the study in question analyzed the economic feasibility of implementing a family aquaponics system in the Metropolitan Region of Belém. The installation and production costs were estimated by means of a productive trial carried out in a hydroponic enterprise. The proposed system presented a production capacity of 4 tons.year⁻¹ of tilapia and 12 thousand bundles.year⁻¹ of curly and purple lettuce. To calculate the production cost we considered the vegetal production cycle with 50 days and productivity of 2.9 plants to generate 1 bunch of lettuce, and the animal production cycle with 180 days, slaughter weight of 0.53 kg, feed conversion of 1.5:1 and productivity of 40 kg.m³. Thus, the system presented implantation cost of R\$46,072.97, total production cost of R\$58,936.60 and production cost of the tilapia of R\$10.08.kg⁻¹, purple lettuce of R\$1.77.pack⁻¹ and crisp lettuce of R\$1.41.pack⁻¹. As for the economic indicators, in a 5 year scenario, the Net Present Value was R\$ 54.254,23, Internal relation of Return of 44,75%, Benefit/Cost Ratio of 1,42, Farmer's Monthly Family Income of R\$ 3.278,80 and return of 1,9 year. Therefore, the analyzed system proved to be viable from the economic point of view, however, it is worth pointing out the need for technical training on the part of the investor since the system in question requires technical knowledge in order to guarantee success in the management of the different components, such as fish, plants, and water quality.

Keywords: Tilapia; Cost of production; Economic indicators.

1 INTRODUÇÃO

A aquaponia é uma modalidade de produção de alimentos que envolvem o cultivo consorciado de peixes (aquicultura) e vegetais sem solo (hidroponia), em um sistema fechado com recirculação de água (DIVER, 2006). Nesse sistema, as plantas absorvem os compostos nitrogenados dissolvidos no efluente proveniente da criação dos peixes e a água retorna limpa para o tanque de cultivo dos animais (HUNDLEY & NAVARRO, 2013; TOKUNAGA et al., 2015).

Dentre os peixes cultivados, a tilápia (*Oreochromis niloticus*) é a mais utilizada. Essa preferência se justifica devido sua rusticidade, boa conversão alimentar, tolerância a altas densidades de estocagem, pacote tecnológico de cultivo fechado, variantes melhoradas, crescimento acelerado e alta aceitação do mercado consumidor (MARENGONI, 2006; KUBITZA, 2011).

Sobre as espécies vegetais, qualquer uma que esteja adaptada à hidroponia pode ser utilizada no sistema aquapônico (RAKOCY, 2007). No entanto, a alface (*Lactuca sativa* L.) é a espécie mais produzida, visto que é consumida em quase todo território brasileiro, não havendo muitos fatores climáticos limitantes no mercado nacional destaca-se a crespa com 70% de preferência, seguida pela americana, lisa e romana, havendo também cultivares roxa e com suas folhas frisadas (SÁTIRO et al., 2018).

As principais vantagens ao se optar por um sistema aquapônico consistem no requerimento de reduzido espaço e água; alto nível de controle ambiental, que permite cultivos anuais com elevados índices de crescimento; possibilidade de controle de efluentes; localização dos cultivos próximos aos grandes centros de comercialização; e também promove a segurança alimentar, visto que fornece dois tipos de alimentos: proteína animal e vegetal (KUBITZA, 2006; TYSON et al., 2011; CARNEIRO et al., 2015; DE AZEVEDO et al., 2014).

Devido a essas características positivas a atividade vem sendo estudada como fonte de renda, em que o produtor apresenta a possibilidade de venda dos peixes, das plantas ou ambos os produtos (LOVE et al., 2015), tornando então a aquaponia como uma oportunidade para a agricultura familiar, que necessita, além de segurança alimentar, lucratividade (CELESTRINO & VIEIRA, 2018).

Segundo Sátiro et al. (2018), a falta de informações econômicas, é o principal entrave para a disseminação da aquaponia, visto que os produtores/investidores não apresentam subsídios que os auxiliem na tomada de decisões. Além do mais, esse tipo de sistema é

altamente dependente de energia elétrica, conhecimentos de biologia, fitotecnia, piscicultura, hidráulica e engenharia (CARNEIRO et al., 2015).

Nesse sentido, o presente trabalho teve como objetivo analisar a viabilidade financeira de um sistema aquapônico para agricultores familiares da Região Metropolitana de Belém.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Área de Estudo

A região metropolitana de Belém (RMB), localizada no estado do Pará, foi instituída ainda na década de 70, por meio da Lei Complementar Federal 14/1973. Essa região era composta inicialmente apenas pelos municípios de Belém e Ananindeua. Em 1995, os municípios de Marituba, Benevides e Santa Bárbara do Pará foram incluídos. Em 2010, incorporou-se o município de Santa Isabel do Pará e logo em 2011 o município de Castanhal, totalizando então 7 municípios à região (PEREIRA & VIEIRA, 2016).

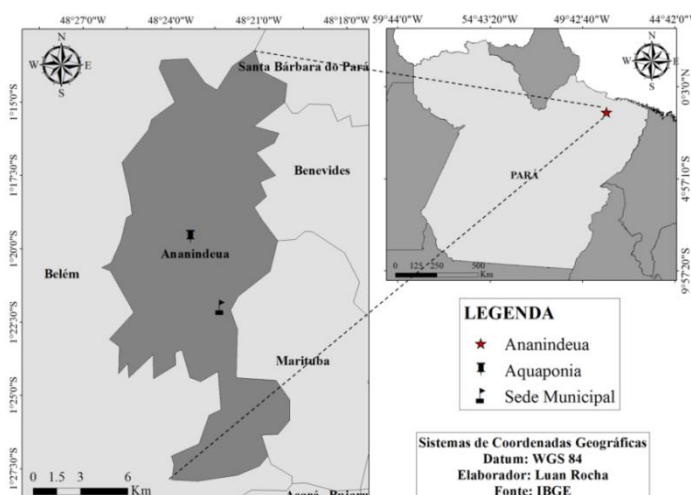
Segundo o FNEM (2018), a região tem uma população de 2.491.052 de habitantes, quase um terço da população do estado do Pará, concentrada em uma extensão territorial de 3.565,8 km², o que representa menos de 1% da extensão territorial do estado (1.247.954,32 km²). O PIB da região é de R\$ 42.229.941,34 para o ano de 2015, um valor baixo quando comparado à cidade de São Paulo, por exemplo, sendo que a capital paraense, Belém, responde por 32,27% desse total (FNEM, 2015).

Além disso, o município de Belém concentra a maior parte dos equipamentos urbanos, e a maior oferta de empregos e serviços (IPEA, 2015). Isso revela a grande disparidade entre o núcleo urbano, que é Belém, e os municípios periféricos. Essa região, em geral, caracteriza-se pela baixa renda da população, acesso desigual e concentrado na área central do município sede, de infraestrutura, serviços urbanos, acúmulo de capital e emprego (PINHEIRO et al., 2013).

2.2 Caracterização do Sistema de Estudo

O presente trabalho consiste em um ensaio produtivo para coleta de dados de um sistema aquapônico (produção de alface e tilápia) localizado no município de Ananindeua/PA (Figura 1).

Figura 1 – Localização do sistema aquapônico

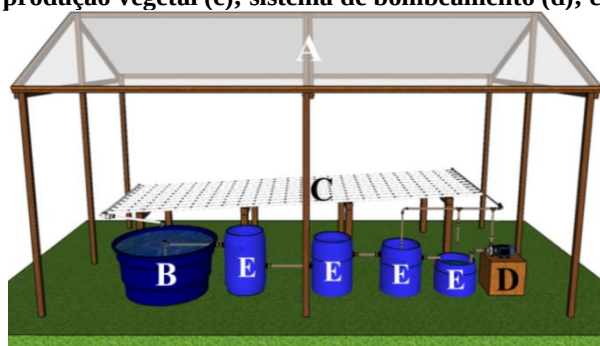


Fonte: Adaptado do IBGE.

O empreendimento pertence a um produtor que apresenta cultivo comercial de folhosas (15 anos de operação), em especial alface (crespa e roxa), em sistema hidropônico. O mesmo almeja diversificar a produção por meio da técnica de aquaponia, nesse sentido, o intuito do ensaio foi verificar a viabilidade econômica a partir de um manejo aplicado.

Para isso, foi construído um sistema aquapônico que usa a técnica do fluxo laminar de nutrientes (NFT), com estufa de 28 m², tanque de cultivo de peixes de 1 m³, bancada para produção vegetal de 250 furos, sistema de bombeamento e um sistema de filtragem com dois decantadores, um biofiltro e um reservatório de água (Figura 2).

Figura 2 – Representação esquemática do sistema de cultivo, incluindo a estufa (a); ambiente de cultivo dos peixes (b); área de produção vegetal (c); sistema de bombeamento (d); e sistema de filtragem (e)



Fonte: Elaborado pelo autor.

O estudo teve duração de 90 dias (de janeiro a março de 2021) contabilizando 3 ciclos produtivos vegetais (dois de alface crespa e um de alface roxa), e a metade do ciclo produtivo animal (peixes com peso médio inicial de $2 \pm 0,5$ gramas e peso médio final de $250g \pm 29$ gramas). A parte final do ciclo animal foi estimada tomando como base a tabela da empresa fornecedora da ração (despesca com peso médio de 530 ± 60 gramas).

Foram coletados os dados de produtividade animal (Tabela 1) e vegetal (Tabela 2), as estruturas físicas e os equipamentos fundamentais para o funcionamento da atividade, além dos itens que compõem o custeio da atividade, como energia elétrica, mudas, ração, alevinos e custo de mão de obra.

Tabela 1 – Indicadores de desempenho zootécnico para tilápia (*Oreochromis niloticus*)

Item	Unidade	Valor
Peso Inicial	G	2±0,5*
Peso de Comercialização	G	530±60*
Produtividade	kg/m ³	40
Duração do Ciclo Produtivo	Meses	6
Ciclos por Ano	Número	2
Taxa de Sobrevivência	%	90
Conversão Alimentar	-	1,5:1
Ração	%PB	32, 36, 40 e 55

* Média ± desvio padrão
Fonte: Dados da pesquisa.

Tabela 2 – Indicadores de produtividade vegetal obtido no estudo de alface (*Lactuca sativa* L.)

Item	Unidade	Valor
Tempo de Berçário	Dias	20
Tempo de Terminação	Dias	30
Tempo de Ciclo	Dias	50
Ciclos por Mês	número	1
Ciclos por Ano	número	12
Produtividade	furos/maço	2,9:1
Variedades de Alface Cultivadas	Crespa e Roxa	2

Fonte: Dados da pesquisa.

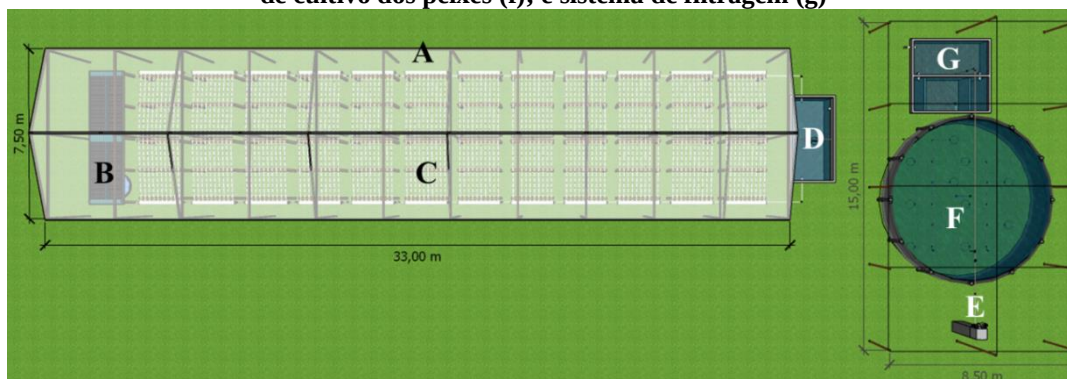
2.3 Dimensionamento do Sistema Produtivo

Com base nos dados coletados no ensaio, foi possível projetar um empreendimento aquapônico com capacidade produtiva anual de 4.018 kg de tilápia e 12.036 maços de alface. O sistema apresenta esse porte para que todo o manejo empregado seja de cunho familiar.

Nesse contexto, o projeto foi estruturado em um sistema do tipo NFT, com estufa de 247,5 m² (7,5x33 m) para produção de mudas, com 26 bandejas de 200 células cada e para o crescimento vegetal (2900 furos); um tanque suspenso em geomembrana PVC com volume útil de 50 m³ para engorda da tilápia, além de sistemas de filtragem de água; aeração por compressor radial e mangueiras difusoras de ar; sistema SUMP e sistema de bombeamento (Figura 3). A

área de produção animal e de filtragem encontra-se recoberta com tela anti-pássaros em uma área total de 127,5 m² (8,5x15 m).

Figura 3 – Representação esquemática do sistema produtivo, incluindo a estufa (a); bancada de germinação (b); área de produção vegetal (c); sistema sump e bomba (d); sistema de aeração (e); tanque de cultivo dos peixes (f); e sistema de filtragem (g)



Fonte: Elaborado pelo autor.

Além dos materiais e equipamentos necessários para implantação do sistema, foram considerados os serviços com mão-de-obra técnica e não técnica para elaboração, regularização e construção do projeto. Para a estimativa dos custos totais considerou-se a implantação do projeto desde a sua concepção, sem qualquer material pré-existente e sem incluir as estruturas adjacentes à produção.

A quantidade de ração para os peixes, insumos para os vegetais e manutenção da qualidade da água foram estimados conforme os indicadores de desempenho zootécnico obtidos no ensaio.

Considerou-se como mão de obra responsável pelo manejo da aquaponia o agricultor familiar/investidor do sistema, estabelecendo uma jornada de trabalho de 8 horas/dia e remuneração de 1 salário mínimo (R\$ 1.100,00, ano-base 2021).

A precificação dos insumos, equipamentos e materiais foram levantados durante os meses de junho a agosto de 2021 em casas de produtos agrícolas e materiais de construção em Ananindeua, optando sempre pelo menor preço praticado. Quando não disponível no local, considerou-se o valor de mercado da empresa fornecedora somado ao frete.

2.4 Análise de Custo

Para analisar os custos, foi aplicado o a metodologia descrita por Matsunaga (1976):

No cálculo do custo operacional efetivo (COE) considerou-se a despesa efetiva ou desembolso realizado pelo produtor durante o ciclo produtivo entre as seguintes variáveis: ração

animal, insumo vegetal, mão de obra assalariada, energia elétrica, formas jovens animal, kits de análise de água e diaristas para despesa.

No cálculo do custo operacional total (COT) somam-se ao COE os encargos que somados representam 12,7% sobre a remuneração da mão-de-obra assalariada (CONAB, 2016), taxa de 3% do COE para outras despesas ou eventualidades e os custos com a depreciação dos bens de capital fixo, considerando o método linear de desvalorização para um valor final de carcaça igual a zero (Tabela 3).

Semelhante ao método utilizado por Silva (2020) os serviços de instalação de equipamentos e construção das estruturas físicas foram incorporados proporcionalmente aos bens de capital fixo de acordo com a parcela de investimento de cada item.

Tabela 3 – Depreciação dos bens de capital fixo do empreendimento aquapônico

Discriminação	Valor Total (R\$)	Vida Útil (anos)	Depreciação Anual (R\$)
Compressor radial + Filtro de ar	2.146,18	10	214,62
Bomba submersa	1.437,00	8	179,63
Caixa d'água	505,00	10	50,50
Tubos e conexões em PVC submerso	601,52	15	40,10
Tubos e conexões em PVC expostos (sol/chuva) com saída de ar	444,80	8	55,60
Tubos e conexões em PVC expostos (sol/chuva)	5.648,84	10	564,88
Mangueira porosa	591,00	10	59,10
Gerador à gasolina partida elétrica monofásico	2.056,89	10	205,69
Quadro simples + Cabeamento + Disjuntor	312,00	4	78,00
Tubos e conexões em ferro galvanizado	467,30	15	31,15
Puçás	60,00	5	12,00
Redes de arrasto	313,50	10	31,35
Bolsão de PVC de 60 m ³	3.670,00	20	183,50
Estruturas em alvenaria	8.868,96	20	443,45
Eletrônicos	190,00	3	63,33
Estruturas em madeira	7.700,40	5	1.540,08
Plástico para estufa	1.766,67	3	588,89
Estruturas de aço galvanizado	877,42	20	43,87
Pregos	128,00	3	42,67
Sombrite e Tela anti-pássaro	2.283,60	8	285,45
Plásticos	191,80	1	191,80
Lona plástica	850,00	3	283,33
Sementeiras	456,42	4	114,10
Equipamentos de medição da água	394,62	5	78,92
Total	41.961,91	-	5.382,02

Fonte: Dados da pesquisa.

Para o cálculo do Custo Total de Produção (CTP) somaram-se ao COT os juros sobre o capital circulante de 3% a.a., taxa esta que corresponde a juros de custeio do Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar (PRONAF) para crédito de custeio a pequenos empreendimentos rurais (BASA, 2021). Os juros sobre o capital fixo, foram estabelecidos sob taxa de 6,4% a.a. referentes ao valor da depreciação anual, considerando como rendimento em uma aplicação financeira de baixo risco (ABECIP, 2021). O custo de utilização anual da terra foi estabelecido em R\$ 2.839,08, considerando o valor do hectare para o município de Ananindeua (ITERPA, 2021).

É importante destacar que despesas com assistência técnica não foram incorporados ao COE, pois o agricultor tem a possibilidade de ser assistido tecnicamente de forma gratuita pela EMATER e/ou secretaria de agricultura municipal. Além disso, se eventualmente necessitar de assistência técnica privada, pode recorrer ao recurso destinado a eventualidades.

2.5 Análise Econômica

Os preços de comercialização do maço das alfaces crespa (R\$ 2,00) e roxa (R\$ 2,50) foram os praticados no empreendimento do ensaio. Já o preço de comercialização do quilo da tilápia, foi estimado com base nas informações do portal SIDRA (2019) para a Região Metropolitana de Belém. O valor obtido foi corrigido utilizando o IGP-DI do mês de janeiro de 2019 para julho de 2021, chegando a um valor de comercialização de R\$ 14,27.kg⁻¹.

Para calcular a rentabilidade, utilizou-se a metodologia proposta por Martin et al. (1998), onde:

- Receita Bruta (RB): produção anual multiplicada pelo preço de primeira comercialização.
- Lucro Operacional (LO): diferença entre a RB e o CTP;
- Lucro Operacional Mensal (LOM): LO dividido pelo número de meses do ano;
- Margem Bruta (MB): diferença entre a RB e o CTP, dividida pelo CTP, representada em porcentagem;
- Índice de Lucratividade (IL): LO dividido pela RB, representado em porcentagem;
- Ponto de nivelamento (PN): CTP dividido pelo preço de comercialização, multiplicando o resultado pela porcentagem de participação na RB para cada produto comercializado.

Além disso, também foi calculada a renda familiar mensal, que segundo a EMBRAPA (2012) é aplicada quando o produtor possui além do lucro operacional, a renda relativa à mão

de obra familiar utilizada na produção, nesse sentido, para o cálculo, soma-se o LOM ao custo de oportunidade mensal da mão-de-obra mais os encargos trabalhistas.

Esse indicador é importante, pois ajuda a explicar, em grande parte, a resistência de pequenos produtores familiares, que permanecem na atividade produtiva mesmo quando auferem renda líquida menor que zero. Isso muitas vezes ocorre, e se justifica, mediante a obtenção de uma renda familiar positiva (EMBRAPA, 2012).

Tomando como base o custo para implantação do projeto e o LO anual, foi estimado um horizonte de cinco anos para os seguintes indicadores:

- Valor Presente Líquido (VPL): valor presente das entradas menos o valor atual das saídas do caixa, o qual, sendo positivo, significa que o investimento é viável;
- Taxa Interna de Retorno (TIR): taxa de juros que iguale os custos aos retornos obtidos durante o projeto;
- Relação Benefício Custo (RBC): relação entre o valor atual do retorno e o custo;
- Payback simples: tempo necessário para que a soma do lucro operacional anual iguale o valor do investimento inicial;
- Payback descontado: tempo necessário para que a soma do lucro operacional anual descontado de uma taxa de juros iguale ao valor do investimento inicial.

A Taxa Mínima de Atratividade (TMA) adotada para avaliação do VPL e do payback descontado foi de 7% com base na taxa básica de juros do Sistema Especial de Liquidação e Custódia – SELIC para o ano de 2021.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para implantação do sistema aquapônico na Região Metropolitana de Belém com capacidade produtiva de 4 toneladas de tilápia/ano e 12.036 maços de alface/ano, foi necessário um investimento inicial de R\$ 46.072,97 (Tabela 4). Deste valor, 16,7% está vinculado à estrutura física da estufa, 13% a mão-de-obra necessária para montagem das estruturas e 11,2% às estruturas físicas da área de produção vegetal.

Tabela 4 – Custo de implantação de um empreendimento aquapônico na Região Metropolitana de Belém

Discriminação	Unidade	Quantidade	Valor Unitário (R\$)	Valor total (R\$)	%
Estufa	Unidade	1	7.692,17	7.692,17	16,7%
Montagem das estruturas	Diária	30	200,00	6.000,00	13,0%
Área de produção vegetal	Unidade	1	5.141,10	5.141,10	11,2%
Sump e abastecimento	Unidade	1	4.857,97	4.857,97	10,5%
Tanque: tubos e conexões ¹	Unidade	1	4.078,58	4.078,58	8,9%
Licenciamento Ambiental e Elaboração de projeto ²	Verba	1	3.576,05	3.576,05	7,8%
Sistema de filtragem ³	Unidade	1	3.420,06	3.420,06	7,4%
Soprador e saída de ar ⁴	Unidade	1	3.044,80	3.044,80	6,6%
Gerador	Unidade	1	2.268,89	2.268,89	4,9%
Bancada de germinação	Unidade	1	2.192,06	2.192,06	4,8%
Cobertura do tanque dos peixes e Sistema de tratamento de água	Unidade	1	2.005,95	2.005,95	4,4%
Utensílios para o manejo animal e vegetal	Unidade	1	664,30	664,30	1,4%
Outros custos	Verba	1	536,41	536,41	1,2%
Condutivímetro A51	Unidade	1	394,62	394,62	0,9%
Instalações elétricas	Serviço	1	200,00	200,00	0,4%
Total				46.072,97	100

Nota: (1) Volume total do tanque de 60m³ e volume útil de 50m³, além de tubos e conexões para drenagem; (2) 8% do investimento do projeto; (3) Sistema de filtragem feito com decantação e filtro mecânico com 5m³ de brita; (4) 1 compressor radial 0,64cv, tubos, conexões e mangueira microporosa de ½ polegada interna.

Fonte: Dados da pesquisa

Os resultados deste estudo diferem dos obtidos por Kodama (2015) para sistema aquapônico do tipo NFT, que observou que os gastos com aquisição de terra representam 62,1% do investimento (o autor considerou a compra da terra e não o arrendamento da área de produção aquaponica), seguido por estruturas físicas da área de produção vegetal, tanque dos peixes e estufa, com respectivamente 9,8%, 7,9% e 6,5% do total do investimento.

Já no estudo realizado por Dalazen et al. (2019), também com o sistema NFT, a infraestrutura da estufa representou um custo de 31,6%, seguido pela malha hidráulica e pelos tanques dos peixes com respectivamente 21,4% e 12,6% do total investimento.

No que se refere ao valor total do investimento, o custo está atrelado diretamente com porte do sistema. No estudo de Dalazen et al. (2019) este é de pequeno porte, com 3 caixas d'água de 1 m³ cada para o cultivo animal e sistemas de decantação e filtragem, junto a

bancada de produção agrícola de 9 m² (com capacidade produtiva de 198 plantas/ciclo), somado a uma estufa de produção vegetal de 66 m², representando o valor de R\$ 7.337,64¹ de investimento.

O sistema de Kodama (2015) apresenta 3 módulos, cada qual é composto por 1 tanque de peixe com capacidade de 3.000 litros, 1 bombona de decantação com capacidade de 240 litros, 1 tanque de 500 litros de biofiltração, 1 tanque de 1.000 litros de biofiltração com nível variável e área de produção agrícola de 11,88m², totalizando um investimento de R\$ 118.287,27².

No presente trabalho, o CPT anual do empreendimento foi de R\$ 58.936,60, sendo a ração animal o item de maior representatividade no custeio, seguido pela mão-de-obra, mudas e nutrição vegetal (Tabela 5).

Tabela 5 – Composição dos custos do empreendimento aquapônico na Região Metropolitana de Belém

Discriminação	Unidade	Quantidade	Valor Unitário (R\$)	Valor Total (R\$)	%
Ração Animal	kg	6.150	3,68	22.606,00	38,4
Mão-de-obra	Salário	12	1.100,00	13.200,00	22,4
Mudas e Nutrição Vegetal	Verba			5.722,35	9,7
Energia elétrica ¹	kwh	4.461	0,70	3.122,58	5,3
Formas jovens de Peixes	Milheiro	8	330,00	2.640,00	4,5
Kits de Água	Verba			737,96	1,3
Diaristas Despesa	Verba			320,00	0,5
COE - Custo Operacional Efetivo (R\$)				48.348,89	82,0
Depreciação Anual (R\$)				5.382,02	9,1
Encargos sociais (direitos + seguridade rural)				1.676,40	2,8
Outras despesas				1.450,47	2,5
COT - Custo Operacional Total (R\$)				56.857,77	96,5
Remuneração do capital de giro				1.450,50	2,5
Juros sobre o capital investido				344,40	0,6
Arrendamento da terra (0,1ha)				283,91	0,5
CTP - Custo total de produção (R\$)				58.936,60	100,00

Nota: (1) Tarifa paga na propriedade do estudo e caso. Através dela foi calculado o gasto energético para 1 compressor radial de 0,64cv e 1 bomba submersa de 20.000 l/h.

Fonte: Dados da pesquisa.

1 - Valor corrigido utilizando IGP-DI do mês de novembro de 2019 para julho de 2021.

2 - Valor corrigido utilizando IGP-DI do mês de agosto de 2015 para julho de 2021.

Os resultados deste estudo foram diferentes dos obtidos por Kodama (2015), Tokunaga et al. (2015) e Dalazen et al. (2020), os quais observaram que a mão-de-obra configura-se como o item que mais onera o custeio, seguido por energia elétrica. No entanto, no presente estudo, a mão-de-obra tem papel fundamental no custeio, pois é o segundo item que mais o onera.

Conforme verificado pelo presente estudo, a alta representatividade da ração no custeio é característico de empreendimentos piscícolas, conforme os estudos com tilápias em sistemas de recirculação, tanques-rede, bioflocos e viveiros escavados (FURLANETO et al., 2010; SIMÕES e GOUVEA, 2015; SANTOS-FILHO et al., 2016; REGO et al., 2017a; TROMBETA et al., 2017).

Outro fator que pode ter contribuído para o alto custo deste insumo, são os efeitos causados pela pandemia do Covid-19, visto que a fábrica em que foi orçado a ração apresentou um aumento médio de 51% no preço da saca da ração do período de março de 2020 a agosto de 2021.

Além disso, em virtude do estado do Pará apresentar somente duas fábricas produzindo ração para peixes, o produto é adquirido principalmente dos fabricantes de outras regiões, distribuidores ou estabelecimentos comerciais de produtos agropecuários. Devido a essa circunstância, o preço final eleva consideravelmente em função do frete. (BRABO et al., 2016)

Embora nesse estudo, a energia elétrica tenha sido o quinto item que mais onerou o custeio, não se pode deixar de destacar que o valor mensal ainda é considerado alto para os padrões de um agricultor familiar (R\$ 260,22/mês). Isso ocorre em virtude do estado do Pará apresentar a quarta maior tarifa de energia elétrica dentre as 105 concessionárias presente no Brasil (ANEEL, 2021).

Sendo assim, a tarifa cobrada pela central de energia estadual (R\$ 0,766.kWh⁻¹) é uma importante variável que influencia na atratividade da aquaponia (DALAZEN et al., 2020; ANEEL, 2021). Como alternativa, o produtor necessita aproveitar-se de incentivos para baratear este custo, como a tarifa convencional rural (R\$ 0,478.kWh⁻¹) (SILVA, 2020; ANEEL, 2021).

Os alevinos de tilápia revertidos sexualmente também assumem importante papel no custeio, principalmente para os produtores locais, visto que não há oferta no mercado interno deste produto (BRABO et al., 2020; SILVA, 2020). Desse modo, o produtor precisa adquirir alevinos de outros estados, por meio de atravessadores, onerando ainda mais o valor do produto.

Além disso, foi constatado durante o levantamento dos orçamentos, que a maior parte dos atravessadores não comercializa quantidades inferiores a 10 mil indivíduos por compra, o que dificulta ainda mais a aquisição pelo pequeno produtor.

Com base nessas informações, o custo de produção do kg da tilápia aquaponica foi de R\$ 10,08 e o maço das alfaces aquaponicas do tipo crespa e roxa foram respectivamente R\$ 1,41 e R\$ 1,77 (Tabela 6).

Tabela 6 – Indicadores produtivos e de rentabilidade do empreendimento aquapônico na Região Metropolitana de Belém

Indicador Produtivo e de Rentabilidade	Unidade	Produto		
		Tilápia	Alface Crespa	Alface Roxa
Produção	kg e maço	4.018	8.036	4.000
Ponto de Nivelamento	kg e maço	2.839	5.678	2.826
Preço de Comercialização	R\$	14,27	2,00	2,50
Receita Bruta	R\$	57.333,81	16.072,00	10.000,00
Participação Receita Bruta	%	69	19	12
Custo Total de Produção	R\$	10,08	1,41	1,77

Fonte: Dados da pesquisa.

Em relação ao custo de produção da tilápia, este resultado foi 4,5% superior ao encontrado por Brabo et al. (2016a), que observaram o valor de R\$ 9,63.kg^{-1;3} para a produção da espécie em tanque-rede no nordeste paraense. Já para o estudo de Silva (2020), que utilizou sistema de bioflocos no município de Paragominas, o valor foi 7,2% menor (R\$ 10,81.kg^{-1;4}).

O fato do custo de produção da tilápia ser mais elevado nos sistemas de aquaponia e bioflocos é justificado pela demanda de mão de obra especializada, maior consumo de energia elétrica e insumos quando comparados com sistemas tradicionais (REGO et al., 2017a; SILVA, 2020).

Para a alface crespa cultivada em sistema aquapônico no estado de São Paulo, Granja (2018) obteve custo de produção 46,8% superior, observando o valor de R\$ 2,07.maço^{-1;5}.

Em relação à receita do projeto, a tilápia correspondeu a 69% do total. No estudo de Kodama (2015), a tilápia correspondeu somente a 8,8% da receita. Isso porque no estudo não foi vendido o vegetal (manjeriçao) *in natura*, e sim o pesto, que é um produto com valor agregado (o pesto correspondeu a 32% do custo operacional do sistema).

3 - Valor corrigido utilizando IGP-DI do mês de fevereiro de 2020 para julho de 2021.

4 - Valor corrigido utilizando IGP-DI do mês de junho de 2015 para julho de 2021.

5 - Valor corrigido utilizando IGP-DI do mês de outubro de 2018 para julho de 2021.

Para o presente estudo, a alta representatividade da tilápia na receita, faz com que flutuações no preço de venda desse produto representem grandes riscos à viabilidade do negócio. Caso o quilo da tilápia seja vendido R\$ 1,00 mais barato o payback descontado aumentaria em 6 meses. Se for R\$ 2,00, aumentaria em 1 ano e 2 meses, já no cenário R\$ 3,00 mais barato o payback descontado aumentaria em 2 anos e 4 meses, totalizando um período de 4 anos e 5 meses para começar a se obter um saldo positivo.

Silva (2020) no seu estudo com tilápia em sistema de bioflocos, explica que o empreendedor que almejar investir nessa produção localmente deverá apresentar outras estratégias além da comercialização por preço maior (seja no mercado interno ou em municípios vizinhos), como participar de organizações sociais para obter insumos com preços mais atrativos e adoção de um maior peso de abate, com intuito de aumentar o preço de comercialização (TROMBETA et al., 2017). Semelhantemente, o agricultor que investir no sistema de aquaponia, deverá dispor de tais estratégias.

Com base nos indicadores econômicos obtidos, o empreendimento se mostrou viável economicamente, apresentando saldo positivo a partir do segundo ano (Tabela 7).

Tabela 7 – Indicadores econômicos do empreendimento aquapônico na Região Metropolitana de Belém

Indicador Econômico	Unidade	Sistema Aquapônico
Investimento + Custo operacional 1º ciclo	R\$	70.248,81
Lucro Operacional Anual	R\$	24.469,21
Lucro Operacional Mensal	R\$	2.039,10
Renda Familiar Mensal	R\$	3.278,80
Margem Bruta	%	41,50
Índice de Lucratividade	%	29,3
Valor Presente Líquido ¹	R\$	54.254,20
Taxa Interna de Retorno	%	44,75
Relação Benefício Custo	-	1,42
Payback Simples	Anos	1,9
Payback Descontado	Anos	2,1

Nota: (1) Taxa Mínima de Atratividade de 7% ao ano. Fonte: Dados da pesquisa.

Tomando como base a realidade financeira do agricultor familiar da Região Metropolitana de Belém, município de Marituba-PA, Silva et al. (2019), observaram que a renda obtida pela produção familiar para 73% dos agricultores alcança até 2 salários mínimos. Corroborando este resultado, Fróes Júnior (2020), avaliando dados de agricultores urbanos do

bairro do Curuçambá, em Ananindeua-PA, também constatou que 76,19% destes possuem renda familiar de até 2 salários mínimos.

Com base nos resultados aqui obtidos com o sistema aquapônico, tal investimento só seria possível para os agricultores urbanos da Região Metropolitana de Belém, por meio de uma linha de crédito. Em meio ao investimento, custos de produção e indicadores econômicos, o período de retorno de capital variou de 1,9 ano com o payback simples e 2,1 anos com o payback descontado.

Dalazen et al. (2020), avaliaram em 3 anos o período de retorno, com preço de venda do tambaqui a R\$ 13,16.kg⁻¹;⁶ e da alface roxa a R\$ 3,66.maço⁻¹;⁵. Granja (2018) avaliando a viabilidade econômica da aquaponia em sistemas de maior escala de produção, encontrou valores de retorno do investimento entre 2 e 4 anos. Todos esses resultados foram maiores que os encontrados no presente estudo.

O Valor Presente Líquido é positivo, a relação benefício custo é maior que a unidade e a TIR é maior que a taxa mínima de atratividade de 7% ao ano. O resultado mostra que para cada R\$ 1,00 investido no empreendimento àquela mesma taxa, há um retorno bruto de R\$ 1,42 ou líquido R\$ 0,42, atestando a viabilidade do cultivo aquapônico.

Em relação à TIR, Dalazen et al. (2020) e Kodama (2015) encontraram taxas menores (respectivamente 31,47% e 37%) utilizando um horizonte de planejamento de 10 anos. Granja (2018) apresentou TIR variando entre 35,35% e 71,18%.

Quanto ao lucro operacional mensal o sistema proporcionou R\$ 2.039,10, o que equivale a aproximadamente 1,9 salário mínimo. No entanto, como a mão de obra empregada no sistema é do agricultor familiar, essa remuneração mensal pode chegar a R\$ 3.278,80, o que equivale a aproximadamente 3 salários mínimos.

Embora o sistema se apresente viável do ponto de vista econômico, é importante salientar que o mesmo, por ser um sistema super-intensivo, necessita de um conhecimento técnico avançado. Seja do ponto de vista técnico (manejo animal, vegetal e da água), ou pelo fato de demandar maior quantidade de insumos, os sistemas super-intensivos apresentam maior sensibilidade às alterações de custos e receitas quando comparados ao convencional (REGO et al., 2017b).

Além disso, o baixo grau de instrução desses agricultores potencializa ainda mais os riscos citados a cima. Pacheco et al. (2018) explicam que os níveis de escolaridade dos agricultores urbanos se concentram, principalmente, até o Ensino Fundamental II (69,84%). Os autores também afirmam que em muitos estudos sobre agricultura familiar e agricultura urbana

5 - Valor corrigido utilizando IGP-DI do mês de outubro de 2018 para julho de 2021.

6 - Valor corrigido utilizando IGP-DI do mês de novembro de 2019 para julho de 2021.

em países em desenvolvimento, como o Brasil, é comum que o nível de escolaridade esteja entre o Fundamental I e o Médio Completo.

Silva et al. (2019) corroboram estes dados, observando que mais da metade dos entrevistados (54%) não concluíram o ensino fundamental, e outros 23% concluíram o ensino médio, e um produtor era analfabeto.

Nesse sentido, observa-se que o agricultor que deseja investir na atividade aquapônica, necessita, além de conhecimento mercadológico, adquirir também um conhecimento técnico, não dependendo somente da assistência técnica fornecida pela EMATER e/ou secretaria municipal.

4 CONCLUSÃO

O proposto sistema apresenta um investimento inicial elevado e os maiores custos concentram-se na manutenção dos peixes, com a compra da ração sendo o principal insumo que concorre para onerar a produção.

No entanto, mesmo diante das problemáticas verificadas, o cultivo de tilápia em sistema aquapônico na Região Metropolitana de Belém-PA mostrou-se viável do ponto de vista econômico, com rentabilidade mensal para o investidor de cerca de 3 salários mínimos e com retorno do investimento estimado em 1,9 ano. Apesar da rentabilidade demonstrada, considera-se que este é um investimento de elevado risco para a realidade do agricultor familiar da região.

Considera-se, entretanto, pertinente salientar a importância da capacitação técnica do produtor, a fim de garantir êxito no manejo deste tipo de sistema produtivo.

REFERÊNCIAS

ABECIP - Associação Brasileira das Entidades de Crédito Imobiliário e Poupança. 2021. **Índice de rendimento da poupança**. Disponível em: <https://www.abecip.org.br/creditoimobiliario/indicadores/caderneta-de-poupanca>. Acesso em: set de 2021.

ANEEL - Agência Nacional de Energia Elétrica. 2021. **Ranking das Tarifas**. Disponível em: <https://www.aneel.gov.br/pt/ranking-das-tarifas>. Acesso em: set de 2021.

BASA - Banco da Amazônia. **Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar (PRONAF)**. 2021. Disponível em: <https://www.bancoamazonia.com.br/index.php/ produtos-servicos/empresa/agricultura-familiar/pronaf-custeio>. Acesso em: set de 2021.

BRABO, M. F.; FRANÇA, F. A.; PAIXÃO, D. J. M. R.; COSTA, M. W. M.; CAMPELO, D. A. V. VERAS, G. C. Avaliação econômica da produção de espécies alternativas à tilápia em pisciculturas no nordeste paraense. **Informações Econômicas**, 46(2), 16-23, 2016a.

BRABO, M. F.; PEREIRA, L. F. S.; FERREIRA, L. A.; COSTA, J. W. P.; CAMPELO, D. A. V.; VERAS, G. C. A cadeia produtiva da aquicultura no nordeste paraense, Amazônia, Brasil. **Informações Econômicas**, 46(4), 16-26, 2016b.

BRABO, M. F.; MATOS, S. C. N; SERRA, R. H. P. F.; COSTA, B. G. B.; CAMPELO, D. A. V.; VERAS, G. C. A tilapicultura no estado do Pará, Amazônia. **Informações Econômicas**, 50, 1-11, 2020.

CARNEIRO, P.C.F. ; MARIA, A.N. ; NUNES, M.U.C. ; FUJIMOTO, R. Y. Aquaponia: produção sustentável de peixes e vegetais.. In: Tavares Dias, M.; Mariano, W.S.. (Org.). **Aquicultura no Brasil: novas perspectivas**. 1ed.São Carlos: Pedro & João, v. 2, p. 683-706. 2015.

CELESTRINO, R. B.; VIEIRA, S.C. Sistema aquapônico uma forma de produção sustentável na Agricultura Familiar e em área periurbana. **RECoDAF**. v. 4, n. 1. 2018.

CONAB, C. N. DE A. **Custos de Produção Agrícola**: a metodologia da Conab. 2016.

DALAZEN, G. B.; SAI, E. F.; MOTA, C. M.; BENTES, J. R.; BARROS, I. B. A. Avaliação econômica do sistema de aquaponia familiar em SANTARÉM, oeste do PARÁ. **Agroecossistemas**, v. 11, n. 2, p. 40 – 56, 2019.

DE AZEVEDO et al.,. **Sistemas de recirculação para cultivo de peixes marinhos procedimento operacional padrão (POP)** - 13 p. Outubro, 2014. Disponível em: <ftp://ftp.sp.gov.br/ftpesca/Sist_RecirculacaoCultivodePeixesMarinhos14.pdf> Acesso em: ago. 2021.

DIVER, S. Aquaponics - Integration of hydroponics with aquaculture. **National Sustainable Agriculture Information Service**, 28p. 2006.

EMBRAPA. **Viabilidade econômica de sistemas de produção agropecuários**: metodologia e estudos de caso. Brasília, DF, 535P. 2012.

M

FRÓES JÚNIOR, P, S, M. Agricultura **Urbana no município de Ananindeua (PA)**: análise socioeconômica e ambiental das práticas adotadas no bairro 2020. Dissertação (Mestrado em Agronomia). 96f. Universidade Federal Rural da Amazonia. Belém. 2020.

FURLANETO, F. P. B.; AYROZA, D. M. M. R.; AYROZA, L. M. S. Análise econômica da produção de tilápia em tanques-rede, ciclo de verão, região do médio Paranapanema, estado de São Paulo, 2009. **Informações Econômicas**, 40(4), 5-11, 2010.

GRANJA, R. P. **Análise de viabilidade econômica de implantação de uma aquaponia no município de Santa Cruz das Palmeiras - SP**. Dissertação (Mestrado em Gestão e Inovação na Indústria Animal). 75f. Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2018.

HUNDLEY, G. C., NAVARRO, R. D. AQUAPONIA: A INTEGRAÇÃO ENTRE PISCICULTURA E A HIDROPONIA. **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável (RBAS)**, v. 3, n. 2, p. 52-61, 2013.

FNEM – Fórum Nacionall de Entidades Metropolitanas. **Região Metropolitana de Belém**. 2015. Disponível em: <https://fnembrasil.org/regiao-metropolitana-de-belem-pa/>. Acesso em: 01 de novembro de 2021.

FNEM – Fórum Nacionall de Entidades Metropolitanas. **Região Metropolitana de Belém**. 2018. Disponível em: <https://fnembrasil.org/regiao-metropolitana-de-belem-pa/>. Acesso em: 01 de novembro de 2021.

IPEA – INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA. Governança metropolitana no Brasil: região metropolitana de Belém. Rio de Janeiro, 82 p. 2015.

ITERPA - Instituto de Terras do Pará. **Tabela de Referência do Valor do hectare/município/ano.** 2021. Disponível em: <http://portal.iterpa.pa.gov.br/tabela-de-referencia-do-valor-hectare-municipio-ano/2021>. Acesso em: set de 2021.

KODAMA, G. **Viabilidade financeira em sistema de aquaponia.** Dissertação (Mestrado em Ciência Animal). 74 f. Universidade de Brasília. Brasília. 2015.

KUBITZA, F. Sistemas de Recirculação: sistemas fechados com tratamento e reuso da água. **Panorama da Aquicultura**, Rio de Janeiro, v. 16, n. 95, p. 15-22, mai. 2006.

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

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, 9(7), 1–10. 2015.

MATSUNAGA, M. Metodologia de custo de produção utilizada pelo IEA. **Agricultura em São Paulo**, São Paulo, v.23, n.1, p.123 – 140. 1976

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

MARTIN, N. B.; SERRA, R.; OLIVEIRA, M. D. M.; ÂNGELO, J. A.; OKAWA, H. Sistema integrado de custos agropecuários - CUSTAGRI. **Informações Econômicas**, 28(1), 7-27, 1998.

REGO, M. A. S.; SABBAG, O. J.; SOARES, R.; PEIXOTO, S. Financial viability of inserting the biofloc technology in a marine shrimp *Litopenaeus vannamei* farm: a case study in the state of Pernambuco, Brazil. **Aquaculture International**, 25(1), 473–483, 2017a.

REGO M. A. S.; SABBAG, O. J.; SOARES, R.; PEIXOTO, S. Risk analysis of the insertion of biofloc technology in a marine shrimp *Litopenaeus vannamei* production in a farm in Pernambuco, Brazil: A case study. **Aquaculture**, 469, 67–71, 2017b.

PACHECO, L. B.; REBELLO, F. K., SANTOS, M. A. S.; FRÓES JÚNIOR, P. S.; SILVA, S. M. Avaliação das potencialidades para a agricultura urbana no entorno da Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA), município de Belém (PA). **Agrarian Academy**, 5(10), p. 16–28. 2018.

PEREIRA, F. S.; VIEIRA, I. C. G. Expansão urbana da Região Metropolitana de Belém sob a ótica de um sistema de índices de sustentabilidade. **Revista Ambiente e Água** vol. 11 n. 3 Taubaté. 2016.

PINHEIRO, A. C. L.; RODRIGUES, R. M.; PONTE, J. P. X.; MONTE, L. F. O.; SABINO, T. A. G. Desafios da governança metropolitana na região metropolitana de Belém: alguns apontamentos. In: COSTA, M. A.; TSUKUMO, I. T. L. (Orgs.). **40 anos de regiões metropolitanas no Brasil.** Brasília: IPEA, p. 47-67, 2013.

RAKOCY, J. Ten guidelines for aquaponic systems. **Aquaponics J.**, 46:14-17. 2007.

SANTOS-FILHO, L. G. VIEIRA-SANTOS, S. G. A.; SILVA, C. E. L. S.; SILVA, R. C. A. Utilização de indicadores de viabilidade econômica na produção de tilápia (*Oreochromis Niloticus*) em sistema de recirculação: estudo de caso de uma piscicultura de pequena escala em Parnaíba-PI. **Organizações Rurais & Agroindustriais**, 18(4), 304-314, 2016.

SÁTIRO, T. M.; NETO, K. X. C. R.; DELPRETE, S. E. Aquaponia: sistema que integra produção de peixes com produção de vegetais de forma sustentável. **Revista Brasileira de Engenharia de Pesca**. v.11, p.17, 2018.

SILVA, J. S.; MARJOTTA-MAISTRO, M. C.; SANTOS, M. A. S.; BARBOSA, A.S. A.; BEZERRA, A. S. .Socioeconomic and environmental characterization of urban backyards in the Marituba municipality, Belém metropolitan region, Pará state, Brazilian Amazon. **International Journal of Development Research** Vol. 09, Issue, 08, pp. 29495-29502, August, 2019

SILVA, L. R. B. **Tilapicultura no estado do Pará**: Uma abordagem a partir dos aspectos legais e tecnológicos. Dissertação (Mestrado em Aquicultura e Recursos Aquáticos). 69f. Universidade Federal Rural da Amazonia. Belém. 2020.

SIMÕES, D.; GOUVEA, A. C. F. Método de Monte Carlo aplicado a economicidade do cultivo de tilápia-do-Nilo em tanques-rede. **Archivos de zootecnia**, 64(245), 41-48. 2015.

TOKUNAGA, K. et al. Economics of Small-scale Commercial Aquaponics in Hawaii. **World Aquaculture Society**, v. 46, n. 1, p. 20–32, 2015.

TROMBETA, T. D.; BUENO, G. W.; MATTOS, B. O. Análise econômica da produção de tilápia em viveiros escavados no Distrito Federal, 2016. **Informações Econômicas**, 47(2), 42- 49, 2017.

TYSON, R.V.; TREADWELL, D.D.; SIMONNE, E.H. Opportunities and Challenges to Sustainability. *Hortscience*, 21: 6-13, 2011.