



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMIÁRIDO
PRÓ-REITORIA DE GRADUAÇÃO
CENTRO MULTIDISCIPLINAR DE ANGICOS
CURSO INTERDISCIPLINAR EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA

ÍTALA MARINE SILVA DE OLIVEIRA

**AQUAPONIA COMO FONTE DE PRODUÇÃO E RENDA NA COMUNIDADE BOM
FIM, ANGICOS/RN**

ANGICOS/RN

2019

ÍTALA MARINE SILVA DE OLIVEIRA

**AQUAPONIA COMO FONTE DE PRODUÇÃO E RENDA NA COMUNIDADE BOM
FIM, ANGICOS/RN**

Monografia apresentada à Universidade Federal Rural do Semiárido como requisito para obtenção do título de Bacharel em Interdisciplinar em Ciência e Tecnologia.

Orientador: Prof. Dr. Osvaldo Nogueira de Sousa Neto

ANGICOS/RN

2019

© Todos os direitos estão reservados a Universidade Federal Rural do Semi-Árido. O conteúdo desta obra é de inteira responsabilidade do (a) autor (a), sendo o mesmo, passível de sanções administrativas ou penais, caso sejam infringidas as leis que regulamentam a Propriedade Intelectual, respectivamente, Patentes: Lei nº 9.279/1996 e Direitos Autorais: Lei nº 9.610/1998. O conteúdo desta obra tomar-se-á de domínio público após a data de defesa e homologação da sua respectiva ata. A mesma poderá servir de base literária para novas pesquisas, desde que a obra e seu (a) respectivo (a) autor (a) sejam devidamente citados e mencionados os seus créditos bibliográficos.

00474 Oliveira, Ítala Marine Silva de.
a Aquaponia como fonte de produção e renda na comunidade Bom Fim, Angicos/RN / Ítala Marine Silva de Oliveira. - 2019.
57 f. : il.

Orientador: Osvaldo Nogueira de Sousa Neto.
Monografia (graduação) - Universidade Federal Rural do Semi-árido, Curso de Ciência e Tecnologia, 2019.

1. Produção de Peixes e Vegetais. 2. Semiárido.
3. Segurança Alimentar. 4. Técnica Sustentável. I. Sousa Neto, Osvaldo Nogueira de , orient. II. Título.

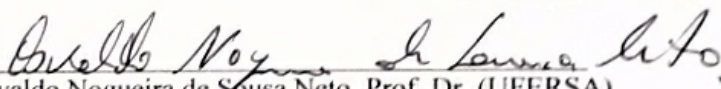
ÍTALA MARINE SILVA DE OLIVEIRA

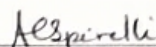
**AQUAPONIA COMO FONTE DE PRODUÇÃO E RENDA NA COMUNIDADE
BOM FIM, ANGICOS/RN**

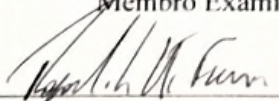
Monografia apresentada a Universidade
Federal Rural do Semiárido como
requisito para obtenção do título de
Bacharel em Interdisciplinar em Ciência
e Tecnologia.

Defendida em: 15 / 08 / 2018.

BANCA EXAMINADORA


Osvaldo Nogueira de Sousa Neto, Prof. Dr. (UFERSA)
Presidente


Alessandra Carla Oliveira Chagas Spinelli, Prof. Dr. (UFERSA)
Membro Examinador


Rafael da Costa Ferreira, Prof. Dr. (UFERSA)
Membro Examinador

AGRADECIMENTOS

Sou grata ao bom Deus por dá-me todos os dias forças e sabedoria para buscar a realização dos meus sonhos e por ter-me capacitado a estar concretizando essa fase da minha caminhada pelo saber.

Agradeço à minha família pelo apoio. À minha mãe de criação Antônia Lionete (*In memoriam*) e minhas irmãs, Jackeline e Katarina, por terem me criado da melhor forma possível e me conduzido à vida justa. Agradeço aos meus sobrinhos, Thaíla e William. Aos meus pais, Maria José e Antônio Itaécio, e aos meus irmãos.

Agradeço à UFERSA. Ao meu orientador, Osvaldo Nogueira, pela experiência transmitida na construção deste trabalho. Aos membros da banca examinadora, Alessandra Spinelli e Rafael Ferreira, pela disponibilidade em contribuir com este trabalho.

Agradeço aos meus amigos que me apoiaram nesta construção, em especial, à Jéssica Murienny pelo incentivo e à Abel Lameque pelas dicas. E, por fim, sou grata às pessoas que acreditam em meu potencial.

RESUMO

A pouca disponibilidade hídrica na região do semiárido nordestino dificulta a vida de pequenos agricultores, não sendo possível, muitas vezes, a aquisição de renda por meio de produções, tornando-se ainda de difícil acesso, alimentos que garantam segurança alimentar. Neste trabalho, objetivou-se verificar a viabilidade técnica da implantação de um projeto aquapônico, bem como, a possibilidade de geração de renda através deste. O projeto se destina a uma comunidade no interior do semiárido nordestino, onde vivem um grupo de agricultores compostos por 12 famílias, que vivem de agricultura de subsistência. Sendo proposto um sistema aquapônico utilizando a técnica de cultivo *media bed*, cultivando tilápia do Nilo, além de alface, tomate, manjerição, salsinha e coentro. Onde foi possível, através da demanda de proteína da comunidade em estudo, realizar o dimensionamento do projeto, estimando o tamanho dos componentes essenciais de um sistema aquapônico, bem como, a realização de simulações neste sistema. Através de simulações, foi comprovada capacidade de implementação do projeto e de geração de renda para a comunidade, fazendo uso de um sistema com garantia de economia de água e proporcionando direito à alimentação, contribuindo fortemente com os objetivos de desenvolvimento sustentável (ODS).

Palavras-chave: Produção de Peixes e Vegetais. Semiárido. Segurança Alimentar. Técnica Sustentável.

ABSTRACT

Poor water availability in the northeastern semi-arid region makes life difficult for small farmers, and it is often not possible to acquire income through production, becoming even more harder, to access food that guarantee food security. This study aimed to verify the technical feasibility of implementing an aquaponic project, as well as the possibility of income generation through it. The project is intended for a community in the northeastern semi-arid region, where a group of farmers of 12 families, living on subsistence agriculture, live. An aquaponic system was proposed using the media bed cultivation technique, cultivating Nile tilapia, lettuce, tomato, basil, parsley and coriander is proposed. Where it was possible, through the protein demand of the community under study, to design the project, estimating the size of the essential components of an Aquaponics system. By through simulations, the project's implementation capacity has been proven and income generation for the community, making use of a water-saving system and providing the right to food, strongly contributing to the sustainable development goals (SDG).

Keywords: Fish and Vegetable Production. Semiarid. Food Security. Sustainable Technique.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Interação entre os componentes biológicos de um sistema aquapônico	11
Figura 2 - Ilustração de uma unidade de media bed em pequena escala	17
Figura 3 - Ilustração de uma unidade de nutrient film technique em pequena escala	19
Figura 4 - Ilustração de uma unidade de deep water culture em pequena escala	20
Figura 5 - Tilápia do Nilo	23
Figura 6 - Sistema aquapônico	33
Figura 7 - Detalhe do filtro mecânico	34
Figura 8 - Componentes hidropônicos e tanque de depósitos	34
Figura 9 - Fluxograma do ciclo do sistema	35
Figura 10 - Visão geral do sistema	35
Figura 11 - Simulação de crescimento da tilápia do Nilo por remessa de introdução presentes no sistema por mês no primeiro ano	37
Figura 12 - Área disponível para vegetação nos primeiros meses.....	38
Figura 13 - Área ocupada por cultivo nos primeiros meses	38
Figura 14 - Receita anual do sistema aquapônico a partir do segundo ano de funcionamento	41

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Tolerâncias gerais de qualidade da água para peixes (água quente e fria), plantas hidropônicas e bactérias nitrificantes.....	12
Tabela 2 - Parâmetros ideais para a aquaponia como um compromisso entre os três organismos	12
Tabela 3 - Parâmetros para cultivos de alguns vegetais em aquaponia	21
Tabela 4 - Proteína necessária por pessoa por dia	30
Tabela 5 - Proteína fornecida por 1 kg de peixe.....	30
Tabela 6 - Demanda de proteína suprida por peixe	30
Tabela 7 - Medidas do aquário e filtro mecânico para o sistema	31
Tabela 8 - Cultivo dos vegetais e colheita por tempo	32
Tabela 9 - Informações gerais sobre o sistema.....	33
Tabela 10 - Custo capital de produção de um sistema aquapônico	36
Tabela 11 - Simulação de colheitas dos vegetais nos primeiros meses	39
Tabela 12 - Simulação das vendas (em R\$) correspondentes ao primeiro ano do sistema.....	40

LISTA DE ABREVIATURAS / SIGLAS

ANA	Agência Nacional de Águas
Ca	Cálcio
DH	Dureza geral
DWC	Deep water culture
Embrapa	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
FAO	Food and Agriculture Organization
H ⁺	Hidrogênio
INAPRO	Innovative Aquaponics for Professional Application
INMED	INMED Partnerships for Children
K	Potássio
KH	Dureza de carbonato
NAI	New Alchemy Institute
NFT	Nutrient Film Technique
NH ₃	Amônia
NO ₂	Nitrito
NO ₃ ⁻	Nitrato
OD	Oxigênio dissolvido
ODS	Objetivos de Desenvolvimento Sustentável
ONU	Organização das Nações Unidas
OPAS	Organização Pan-Americana da Saúde
pH	Potencial hidrogeniônico
ppm	Partes por milhão
PVC	Policloreto de vinila

RAS	Recirculating Aquaculture System
SEBRAE	Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas
UVI	University of the Virgin Islands

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	2
2 OBJETIVOS	4
2.1 OBJETIVO GERAL	4
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	4
3 REFERÊNCIAL TEÓRICO	5
3.1 SEGURANÇA ALIMENTAR	5
3.2 AGRICULTURA FAMILIAR	6
3.2.1 Objetivos de desenvolvimento sustentável (ODS)	7
3.3 INTERAÇÃO AQUAPÔNICA	8
3.3.1 Cultura sem solo e Hidroponia	8
3.3.2 Aquacultura e Sistema de recirculação na aquacultura (RAS)	8
3.4 AQUAPONIA	9
3.4.1 O ciclo do nitrogênio	10
3.4.2 Nutrientes no sistema	11
3.5 EQUILÍBRIO DOS ECOSSISTEMAS E PARÂMETROS DE QUALIDADE DA ÁGUA	11
3.5.1 Oxigênio dissolvido	12
3.5.2 pH	13
3.5.3 Temperatura	13
3.5.4 Nitrogênio total	13
3.5.5 Dureza da água	14
3.6 COMPONENTES ESSENCIAIS DE UMA UNIDADE AQUAPÔNICA	14
3.6.1 Aquário dos peixes	15
3.6.2 Tanque clarificador	15
3.6.3 Filtro biológico	16

3.6.4 Tanque de depósitos (<i>sump</i>)	16
3.7 COMPONENTES HIDROPÔNICOS	17
3.7.1 <i>Media bed</i>	17
3.7.2 <i>Nutrient film technique (NFT)</i>	18
3.7.3 <i>Deep water culture (DWC)</i>	19
3.8 PLANTAS EM AQUAPONIA	20
3.9 PEIXES EM AQUAPONIA	22
3.9.1 Tilápia do Nilo	23
4 MATERIAIS E MÉTODOS	24
4.1 ÁREA DE ESTUDO	24
4.2 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	24
4.3 SISTEMA E CULTIVOS ADOTADOS	25
4.4 ESTIMATIVA DE DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA	25
4.5 INICIANDO O SISTEMA	29
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	30
5.1 DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA	30
5.1.1 Demanda de proteína	30
5.1.2 Proporções do sistema	31
5.1.3 Recomendações para implantação do sistema	33
5.2 CUSTO DE IMPLANTAÇÃO DO SISTEMA	36
5.3 ESTIMATIVA DA PRODUÇÃO DE PEIXES	36
5.4 ESTIMATIVA DA PRODUÇÃO DE VEGETAIS	38
5.5 ESTIMATIVA DA RECEITA OBTIDA PELOS VEGETAIS	40
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS	42
REFERÊNCIAS	43

1 INTRODUÇÃO

Através do ciclo hidrológico, a água mantém a sua característica de renovação na Terra, dando condições à continuidade da vida (REBOUÇAS, 1997). Esse bem, porém, tem apresentado sinais de crise e essa condição tem se tornado presente em todo o mundo. Nessa perspectiva, Moura (2015) afirma que fatores como a exploração do solo e o inadequado uso dos recursos naturais são razões para este problema. A crise da água é uma questão atual em todo o mundo.

De acordo com a Agência Nacional de Água (ANA) (2007), o Brasil encontra-se em posição favorável no que tange a disponibilidade de recursos hídricos, dispondo de 12% do total de toda a água doce no mundo, e cerca de 28% deste recurso em todo o continente americano. Entretanto, em seu território de dimensões continentais, há uma distribuição desigual do recurso hídrico. No semiárido brasileiro a situação não é tão favorável, decorrente de uma baixa precipitação anual média que chega a 900 mm, ou em alguns casos a 400 mm, e de uma elevada evaporação anual de 2.000 mm, retratando um local com pouco armazenamento e possibilidade de extração de água (ANA, 2007). Em maior magnitude, as pessoas que vivem em pequenas comunidades dessa região são afetadas, tendo em vista que a água é direcionada em quantidade inferior para seu consumo.

Conforme Brasil (2018), áreas periurbanas e rurais demonstram mais carência em termos de acesso à água do que regiões urbanas. A pouca disponibilidade hídrica nas comunidades rurais do semiárido nordestino pode dá-se pela falta de sistema de distribuição para que essa água chegue até tais localidades, assim como também pela incapacidade dos reservatórios (açudes), rios e poços em suportar períodos longos de estiagem, refletindo na baixa disponibilidade de água em quantidade e qualidade.

Arelado ao problema da pouca disponibilidade hídrica, está o da produção de alimentos saudáveis, recorrente na atualidade. A cada dia tem se tornado mais difícil ter uma vida saudável, diante da industrialização que o capitalismo implementou e ainda com a globalização que permeia nosso planeta. No modelo econômico atual, a produção se dá de maneira exacerbada buscando atender a altas demandas e utilizando-se, na maioria das vezes, de produtos químicos nocivos à saúde humana. Em vista disso, há o surgimento de uma diversificação na produção alimentícia que multiplica-se a cada dia, tendo como grande atuante, no presente contexto a agricultura familiar.

A produção em agricultura familiar não para de crescer (BRASIL, 2017) e com os problemas atuais relacionados à disponibilidade hídrica tem-se observado o surgimento de

novas técnicas que viriam a se unir à esse tipo de produção de maneira sustentável a fim de conservar os recursos limitados, bem como na busca de uma vida saudável.

Neste cenário, destaca-se a adoção de técnicas sustentáveis que procurem o uso consciente do recurso hídrico, com o seu menor desperdício. Uma técnica que faz máximo aproveitamento de recursos de água e solo é a aquaponia, que se trata da junção da aquicultura (produção de organismos aquáticos) à hidroponia (produção de plantas sem solo) (CARNEIRO et al., 2015).

A aquaponia tem ganhado espaço e surgido como alternativa para segurança alimentar e renda. Essa técnica de produção de alimentos utiliza a recirculação de água, tendo uma visão de respeito com o meio ambiente, economizando até 90% do efluente (CARNEIRO et al., 2015). Além disso, é uma ótima alternativa para regiões com pouca disponibilidade hídrica. A aplicação dessa técnica pode ser uma alternativa na geração de renda em comunidades rurais, em que o acesso à água se dá de forma limitada para uso em outras aplicações, além do consumo.

Siqueira et al. (2018) afirmam que a aquaponia ganha destaque por ser uma produtora de alimentos com grandes proporções de proteína animal além de ser garantia de qualidade na produção de vegetais, assegurando ainda, baixo consumo de água e utilização de pouco espaço. E essa técnica se torna uma grande aliada no atendimento dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) visto que discute sobre vários pontos elencados entre eles, destacam os autores.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

- Analisar a viabilidade técnica da implantação de um projeto aquapônico em uma comunidade no semiárido nordestino.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Estimar a despesa de implementação para um projeto aquapônico;
- Verificar a possibilidade do sistema em suprir demandas de proteína da comunidade estudada;
- Projetar a produção de peixes e vegetais nos primeiros anos de funcionamento;
- Identificar a viabilidade de geração de renda a partir deste projeto.

3 REFERÊNCIAL TEÓRICO

3.1 SEGURANÇA ALIMENTAR

O conceito de segurança alimentar pode ser definido a partir do que se entende por insegurança alimentar. Conforme Gomes Junior (2015), insegurança alimentar é manifestada por meio de ameaças que comprometam o conjunto que torna possível o direito humano à alimentação (GOMES JUNIOR, 2015), tendo como principais aspectos presentes em seu conceito, segundo Belik (2003), quantidade, qualidade e regularidade no acesso aos alimentos. A quantidade e a qualidade dos alimentos são causadores de fatores como fome e desnutrição (FAO; OPAS, 2017), e a seguridade se dá quando todos, em todos os momentos tem acesso à alimentação por meio de produtos seguros e nutritivos que atendam suas necessidades (FAO, 2018). Quando se tem fornecimento de alimentos nutritivos, junto a preservação de recursos e ecossistemas que atendam às necessidades humanas, garantindo o acesso a todos, tal processo é então considerado como um sistema alimentar sustentável (FAO; OPAS, 2017).

É importante destacar que uma dieta adequada é constituída por alimentos frescos, cereais, em especial os integrais, legumes, frutas e vegetais, e ainda, alimentos de origem animal (FAO; OPAS, 2017). É possível afirmar, que calorias de frutas e vegetais tem alta relação custo/caloria, se comparado essa mesma relação para o açúcar, (FAO; OPAS, 2017).

O consumo de alimentos saudáveis não depende somente do indivíduo, mas principalmente de uma combinação de diversos fatores a nível nacional e internacional (CUNNINGHAM, 2005), pois no tocante à disposição irregular de alimentos, há um desequilíbrio entre renda e preços destes, comprometendo a segurança na qualidade do produto, na forma de produção, meio de cultura, entre outros pontos (GOMES JUNIOR, 2015).

Logo famílias com baixo poder monetário não podem ter acesso aos produtos que proporcionam uma dieta mais saudável (FAO; OPAS, 2017). Sendo necessária a busca por tecnologias sociais que possam garantir o alcance das classes mais pobres à sistemas alimentares saudáveis.

Sistemas alimentares na qual se leva em conta uma dieta rica em micronutrientes, através de diversidade de hábitos alimentares e recursos naturais, poderia ser melhor promovida se fundamentada em esfera regionais-locais de produção de alimentos baseados em uma agricultura familiar diversificada (CORREA, 2018). Com isso seria possível o acesso à maior quantidade de produtos naturais, tendo assim uma dieta saudável e variada, além do uso de materiais mais sustentáveis contribuindo com sua preservação nutricional (CORREA, 2018).

A contribuição que a aquicultura fornece atualmente para o mercado, em termos de segurança alimentar, é significativo, especialmente, em ampliar o acesso a alimentos saudáveis (CUNNINGHAM, 2005). Nos últimos anos, o consumo de peixes tem aumentado, principalmente em países desenvolvidos. Provavelmente, esse aumento se dá pela taxa de incorporação de segurança alimentar que está associado ao seu consumo, e também pela grande fonte nutricional presente nos peixes (FAO, 2018). Além disso, esse alimento vem contribuindo grandemente para a garantia de segurança alimentar e nutricional de famílias pobres por intermédio de transformações dos meios de sobrevivência e ainda da geração de renda (FAO, 2018).

3.2 AGRICULTURA FAMILIAR

O termo agricultura familiar era antes tratado como “agricultura de baixa renda”, “pequena produção” e “agricultura de subsistência”, trazendo consigo um entendimento de que era, na maioria dos casos, de baixa representação econômica, de produtores que viviam em condições precárias, utilizando-se de meios tradicionais (LANDAU et al., 2013). Entretanto, a agricultura familiar tem se desenvolvido fortemente nos últimos anos, não só no Brasil como também em outros lugares do mundo (LANDAU et al., 2013). Conforme o Plano de Safra da Agricultura Familiar 2017/2020, a agricultura familiar é responsável pela produção de mais de 50% dos alimentos que estão presentes na cesta básica do consumidor brasileiro, representando 38% do valor bruto de produção agropecuária existente. Estes produtores, segundo o referido Plano, tem conquistado cada vez mais segurança, respeito e autonomia.

Com uma grande representação no mercado nacional, a agricultura familiar destaca-se por ser responsável pelo fornecimento no país de boa parte dos alimentos que garantem segurança alimentar, além disso, essa produção geralmente é de subsistência e destinada ao mercado interno (CORREA, 2018). No Brasil, é a maior responsável pela segurança alimentar acessível, representando um importante setor na geração de emprego e produção de alimentos destinadas a consumo próprio (LANDAU et al., 2013).

Na agricultura familiar, a produção está presente no plantio de diversos grãos, frutas e vegetais que chegam à mesa de milhares de brasileiros. A Secretaria de Agricultura Familiar e Cooperativismo, do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, apresenta para o Brasil altos índices de produção por meio da agricultura familiar, com a mandioca chegando à 87%, seguido de 70% do feijão, 46% milho, 38% café, 34% arroz e 21% do trigo, representando

na pecuária 60% da produção de leite, 59% de suíno, 50% de ave e 30% de bovino (CASTILHO, 2017).

A agricultura familiar é uma grande receptora de ações visem o desenvolvimento local, sendo as tecnologias sociais, um fator contribuinte para tal. Tecnologias sociais, de acordo com Bava (2004), traz em seu conceito ideias e técnicas inovadoras que visam a construção de novos modelos de desenvolvimento, trazendo uma melhoria na qualidade de vida das pessoas. Tais técnicas podem representar soluções para a inclusão social, que agem para a população, afim de prosperar o seu desenvolvimento, de acordo com o autor.

3.2.1 Objetivos de desenvolvimento sustentável (ODS)

Segundo a Organização das Nações Unidas (ONU) (2015), nos dias 25 a 27 de setembro de 2015, em Nova York, líderes de várias nações se reuniram para o parecer formal de uma nova agenda de desenvolvimento sustentável, onde foram adotados 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) para serem postos em vigor pelos países até 2030. Estes objetivos são importantes, pois visam o progresso tanto dos seres humanos, como do planeta em sua totalidade.

Há alguns modos de produções que podem vir a colaborar com o alcance destes objetivos. A aquaponia é uma técnica que se destaca por estar contribuindo para o alcance de cinco desses objetivos.

O objetivo 2 tem a finalidade de acabar com a fome, alcançar segurança alimentar e melhorar a nutrição e promover agricultura sustentável. A aquaponia contribui com este objetivo, sendo produtora de alimentos que proporcionam o alcance à proteína de peixe e nutrientes dos vegetais, de forma onde não se utilizam fertilizantes químicos, promovendo agricultura sustentável. Relaciona-se ao objetivo 3, que tem por finalidade assegurar uma vida saudável e promover o bem-estar de todos, por produzir alimentos saudáveis que promovem segurança alimentar, logo, garantia de vida saudável. Ao mesmo tempo que se relaciona com objetivo 6, que tem a finalidade de assegurar disponibilidade e gestão sustentável de água para todos, tendo em vista que essa prática utiliza cerca de 90% menos água, do que a utilizada em produções convencionais de peixes e vegetais, garantindo um menor uso, bem como, uma maior disponibilidade. Também apresenta compromisso com o objetivo 12 que tem a finalidade de consumo e produção sustentável, visto que esta técnica garante tais requisitos. E, por último, com o objetivo 15 que relaciona-se à vida terrestre, visto que a aquaponia utiliza menos espaço

que uma produção convencional, não sendo necessária desmatar um grande território para produzir.

3.3 INTERAÇÃO AQUAPÔNICA

3.3.1 Cultura sem solo e Hidroponia

Os sistemas de cultura sem solo podem ser uma alternativa em qualquer época do ano, sendo, portanto, uma possibilidade que visa atender as demandas existentes de produção de determinadas plantações na qual o solo não pode suprir, além de contribuir para a redução dos processos exaustivos provocados pelas monoculturas (SOMERVILLE et al., 2014).

O método mais comum de cultura sem solo é a hidroponia. Esta trata-se de uma forma de cultivo na qual uma solução nutritiva é fornecida à água, que é aerada continuamente e mantida em um fluxo constante (CARRIJO; MAKISHIMA, 2000). Esse método utiliza menos água em relação à produção tradicional, visto que ocorre a reciclagem da solução nutritiva (SOMERVILLE et al., 2014). A solução nutritiva fornecida ao sistema, é composta por fertilizantes aplicados diretamente à água que irá irrigá-lo, sendo derivados de nutrientes como o nitrato de cálcio (DIVER; RINEHART, 2006). Estes serão fornecidos às plantas, que podem estar contidas em meio não só aquoso, como também em vermiculite, cascalho, argila expandida, turfa e serradura (DIVER; RINEHART, 2006).

A agricultura moderna é uma grande dependente de fertilizantes químicos que são fabricados para a produção alimentar, todavia estes podem ser altamente agressivos e prejudiciais ao ambiente, porém, o seu uso em hidroponia é realizado de forma mais eficiente (SOMERVILLE et al., 2014).

3.3.2 Aquacultura e Sistema de recirculação na aquacultura (RAS)

A aquacultura é um meio de produção de peixes que ajuda a diminuir a pressão sobre a pesca mundial (SOMERVILLE et al., 2014). Esta forma de produção está em constante crescimento, representando atualmente grande parte dos peixes produzidos e consumidos no Brasil (SEBRAE, 2015). Desde os anos 80, o consumo de peixes produzidos por meio da aquacultura tem sofrido um crescimento impressionante (FAO, 2018). Porém, um grande problema desse método é o fato de que, na maioria dos países, o efluente produzido é completamente descartado no meio ambiente (SOMERVILLE et al., 2014). Dessa maneira,

práticas sustentáveis são buscadas para diminuir impactos como a poluição e o estresse dos organismos aquáticos e, entre elas, estão os sistemas de recirculação associados à essa técnica (SEBRAE, 2015).

Na aquicultura atual, sistemas de filtragem são altamente necessários pela presença de amônia, nitrito e outras partículas presentes em suas águas (YEP; ZHENG 2019). Esses elementos podem infiltrar em ambientes e causar problemas de eutrofização da água (YEP; ZHENG 2019). Sistemas de recirculação na aquicultura são capazes de fazer a remoção e limpeza da água que pode conter resíduos nocivos ou alimentos não consumidos pelos peixes, permitindo que seja possível a reutilização dessa água (HELFRICH; LIBEY, 1991).

Kubitza (2006) aborda sobre os componentes básicos para o funcionamento de sistemas de recirculação, destacando os principais que são: os tanques de cultivo, decantadores e filtros mecânicos, biofiltros, sistema de aeração/oxigenação e o sistema de bombas e tubulações.

3.4 AQUAPONIA

Em meados de 1970 foram iniciadas pelo New Alchemy Institute (NAI), além de outras instituições, pesquisas a respeito do sistema aquapônico, onde foi possível o acesso a informações a respeito da biofiltração e das proporções peixe-planta para a evolução do sistema que se conhece hoje (SOMERVILLE et al., 2014). Após o avanço do sistema, bem como, a sua caracterização através das descobertas feitas até então, a aquaponia tem crescido e ganhado cada vez mais espaço. Segundo Carneiro et al. (2015), nos últimos anos, vem acontecendo um crescimento na aquaponia de pequena escala, e alguns países desenvolvidos adotam sistemas compactos que podem ser utilizados nas residências dos consumidores, enquanto que em países subdesenvolvidos esse sistema chega ainda de forma menos marcante.

Backyard Aquaponic (2011) relata que a aquaponia é a combinação da hidroponia e da aquicultura e evidencia que sua formação nasce dos pontos negativos desses sistemas, transformando-os em positivos. Na hidroponia são necessários soluções nutritivas para as plantas, enquanto na aquicultura precisa haver a remoção dos resíduos sólidos que dão origem a nutrientes que podem ser utilizados pelas plantas, destaca a empresa. A junção desses sistemas torna-se uma troca simbiótica, na qual os dois são beneficiados.

A aquaponia elimina consideravelmente o desperdício de água no meio ambiente, tendo em vista que esse sistema faz uso da recirculação de água, além disso, uma vez abastecida só se faz necessária a reposição daquela água que evapora e que é perdida pelos respingos que ocorrem na retirada do vegetal (CARNEIRO et al., 2015). Assim, esse sistema torna-se mais

eficiente do que o sistema hidropônico em termos de utilização de água, dado que este último necessita de constante troca de água e solução nutritiva (CARNEIRO et al., 2015). Somerville et al. (2014) explanam que a água utilizada diariamente em sistemas aquapônicos, logo, que se faz necessária reposição, está em torno de 1 a 3% do volume total do sistema.

De forma geral, em um sistema aquapônico a água do aquário é bombeada para as plantas que extraem os nutrientes vindos dos peixes e ao escorrer pelas suas raízes volta novamente para o aquário (BACKYARD AQUAPONIC, 2011). A entrada de insumo no sistema se dá através da ração de peixe que, após realizar a digestão, produz excreta usada na produção de nutrientes, absorvido posteriormente pelas raízes das plantas (CARNEIRO et al., 2015).

Somerville et al. (2014) descreve que os dejetos produzidos pelos peixes são direcionados para um filtro que retém os resíduos sólidos, enquanto que outra parte desses resíduos é processada por um biofiltro. Este, por sua vez, realiza a oxidação da amônia em uma substância mais acessível para as plantas, o nitrato, como destacam os autores. Este processo de oxidação recebe o nome de processo de nitrificação.

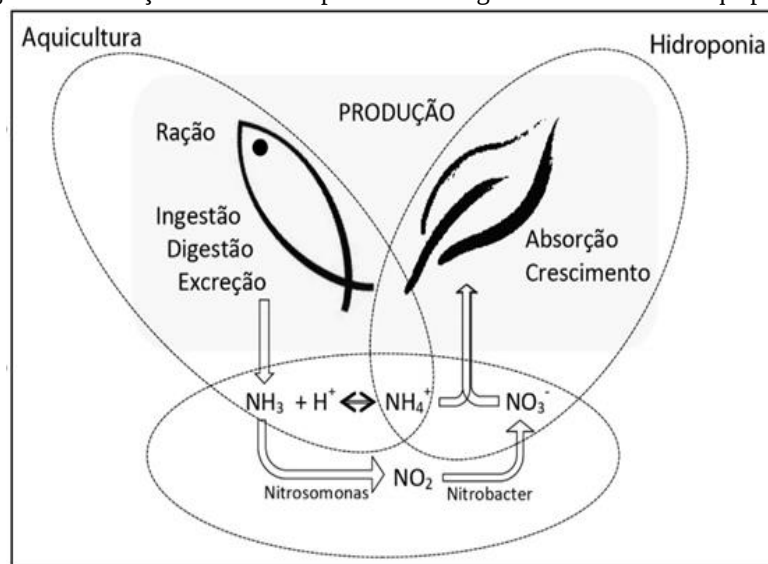
3.4.1 O ciclo do nitrogênio

Através do sistema aquapônico é gerado um efluente resultante do tanque de peixes, este possui resíduos sólidos compostos por amônia. Altos teores de amônia podem se tornar tóxicos para os peixes, porém o efluente com essa composição serve como fertilizante líquido em meios hidropônicos, pois neste existem bactérias que desempenham um papel fundamental no sistema (DIVER; RINEHART, 2006).

O ciclo do nitrogênio é um processo importantíssimo na aquaponia. Segundo Somerville et al. (2014), nesse sistema, as bactérias, aqui chamadas de bactérias nitrificantes, são capazes de converter a amônia (NH_3) em compostos de nitrito (NO_2) e posteriormente em nitrato (NO_3^-) que as raízes das plantas assimilam perfeitamente, diferente da amônia e do nitrito, tóxicos para as plantas. Helfrich e Libey (1991) afirmam que a bactéria responsável pela oxidação da amônia é a do gênero *nitrosomonas* que converte NH_3 , tóxica para os peixes, em NO_2 e este, por sua vez, é convertido em NO_3^- , através da bactéria do gênero *nitrobacter*. Os autores destacam que através do bombeamento contínuo de água, sob o meio do biofiltro, onde ocorre a fixação das bactérias, é possível que ocorra a desintoxicação da amônia, através do processo de nitrificação.

A interação existente entre os componentes biológicos no sistema aquapônico é ilustrado na Figura 1.

Figura 1 - Interação entre os componentes biológicos de um sistema aquapônico



Fonte: Carneiro et al. (2015).

3.4.2 Nutrientes no sistema

As plantas necessitam da absorção de nutrientes para o seu desenvolvimento e, a presença destes em sistemas aquapônicos, dá-se de maneira natural. De acordo com Somerville et al. (2014), o tipo de cultivo pode ser o determinante para a quantidade de ração de peixe que entra no sistema. No que se refere a vegetais folhosos é recomendada uma alimentação de 40-50g de ração por metro quadrado por dia, enquanto que, para a frutificação de vegetais, é recomendada de 50-80g de ração por metro quadrado por dia, afirmam os autores. Carneiro et al. (2015) destacam que os nutrientes são gerados a partir das excretas que são produzidas pelos peixes, que, por sua vez, necessitam de uma alimentação regular e manipulada para tal fornecimento, sendo o nitrogênio o mais requerido pelas plantas, tem-se o nitrato que representa a forma preferida de sua absorção.

3.5 EQUILÍBRIO DOS ECOSSISTEMAS E PARÂMETROS DE QUALIDADE DA ÁGUA

Para que haja harmonia em um sistema aquapônico é necessário controle dos pontos que estão envolvidos, visto que as necessidades dos organismos são diferentes. Somerville et al. (2014) discutem sobre o gerenciamento e a manipulação de alguns parâmetros relacionados à

água nesse sistema, onde são destacados os cinco parâmetros mais importantes para o controle de qualidade da água, sendo estes: oxigênio dissolvido (OD), pH, temperatura, nitrogênio total e alcalinidade da água.

Carneiro et al. (2015) ressalta que somente com o passar de 20 a 40 dias depois que os peixes são introduzidos em um sistema aquapônico pode ser observado o equilíbrio no que diz respeito ao ciclo de nitrificação, assim, sendo possível a inserção de plantas no sistema. Os autores apontam também que ao atingir esse ponto de equilíbrio, o pH tende a reduzir, sendo necessária a sua correção contínua. Alguns dos parâmetros para determinação de qualidade da água para os diferentes organismos separadamente, estão descritos na Tabela 1.

Tabela 1 - Tolerâncias gerais de qualidade da água para peixes (água quente e fria), plantas hidropônicas e bactérias nitrificantes

Tipo de organismo	Temp. (°C)	pH	Amônia (mg/litro)	Nitrito (mg/litro)	Nitrato (mg/litro)	OD (mg/litro)
Peixe de água quente	22-32	6-8,5	< 3	< 1	< 400	4-6
Peixe de água fria	10-18	6-8,5	< 1	< 0,1	< 400	6-8
Plantas	16-30	5,5-7,5	< 30	< 1	-	> 3
Bactérias	14-34	6-8,5	< 3	< 1	-	4-8

Fonte: Adaptado de Somerville et al. (2014).

Os parâmetros de qualidade da água ideais para aplicação em sistemas aquapônicos são descritos na Tabela 2.

Tabela 2 - Parâmetros ideais para a aquaponia como um compromisso entre os três organismos

	Temp. (°C)	pH	Amônia (mg/litro)	Nitrito (mg/litro)	Nitrato (mg/litro)	OD (mg/litro)
Aquaponia	18-30	6-7,00	< 1	< 1	5-150	> 5

Fonte: Adaptado de Somerville et al. (2014).

3.5.1 Oxigênio dissolvido

O oxigênio dissolvido (OD) é um forte parâmetro que tem alta relação com o processo de nitrificação das bactérias, visto que esta ocorre através da oxidação (SOMERVILLE et al., 2014). Dentre as vantagens de se ter bons níveis de oxigenação em sistemas, tem-se o fato de que é o oxigênio que proporciona a respiração do peixe e garante a sua sobrevivência, além da sobrevivência das bactérias nitrificantes, que dependem do mesmo para realizar as reações de oxidação (HELFRICH; LIBEY, 1991). Somerville et al. (2014) dá ênfase na importância de se ter controle na temperatura para uma boa oxigenação, destacando que a solubilidade do

oxigênio diminui em altas temperaturas, ou seja, a água fria contém mais oxigênio que a água morna.

3.5.2 pH

Valores fora do pH ideal podem ocasionar um mau funcionamento do sistema, um pH pouco acima do ideal pode levar a deficiências nutricionais de ferro, fósforo e manganês; e um pH um pouco abaixo, pode dificultar o trabalho das bactérias nitrificantes de converter a amônia em nitrato, levando o sistema a um alto nível de amônia, tornando-o tóxico e estressante (SOMERVILLE et al., 2014). Sistemas apresentando pH menor que 5 ou maiores que 8 prejudicam totalmente o seu funcionamento (SOMERVILLE et al., 2014).

Segundo Carneiro et al. (2015), em alguns casos é necessária a introdução de substâncias que venham a interferir no valor do pH com a finalidade de realizar correções que podem ser ocasionadas por outros processos no sistema. De acordo com os autores, as mais utilizadas para realizar essa correção são chamadas de substâncias tamponantes pelo fato de realizar o tamponamento do pH. As mais utilizadas são aquelas à base de potássio (K) e cálcio (Ca) visto que esses nutrientes são exigidas para muitos vegetais e estão contidas em pequenas quantidades em unidades aquapônicas, como afirmam os autores.

3.5.3 Temperatura

A temperatura é um outro parâmetro importante a ser discutido nos sistemas aquapônicos. Kubitz (1998) evidencia que a temperatura da água para criação de organismos aquáticos vai depender de seu estado e de sua espécie, sendo considerável a determinação das temperaturas máximas e mínimas do sistema. Em temperaturas mais altas, os organismos aquáticos fazem mais uso de oxigênio dissolvido do que em temperaturas menores (BOYD; TUCKER, 1998). Além disso, é fundamental evitar mudanças abruptas de temperaturas visto que essas podem estressar os peixes, podendo chegar a provocar a sua morte (BOYD; TUCKER, 1998).

3.5.4 Nitrogênio total

O nitrogênio é outro importante parâmetro de análise qualitativa da água. No sistema de aquaponia, ele é fornecido através da ração dos peixes, estes, por sua vez liberam dejetos tóxicos

(amônia) que através do processo de nitrificação se transformam em nitrito e, posteriormente em nitrato (SOMERVILLE et al., 2014). Os três compostos nitrogenados são nutrientes para as plantas, sendo o nitrato o mais acessível (SOMERVILLE et al., 2014). É aconselhada a utilização de métodos eficazes para a determinação da quantidade de amônia presente na água como os kits de análise da água (KUBITZA, 1998; SOMERVILLE et al., 2014).

3.5.5 Dureza da água

Outro importante parâmetro de análise da água é a dureza, que de acordo com Somerville et al. (2014) pode ser classificada como dureza geral (DH) e dureza de carbonato (KH).

A dureza geral (DH) se refere a medida de íons positivos, diz respeito às quantidades de íons de cálcio, magnésio e ferro presentes nesse sistema. Esses íons são nutrientes essenciais para as plantas, sendo absorvidos à medida que a água flui por elas e são medidas em parte por milhão (ppm) ou equivalentemente, miligramas por litro, de acordo com os autores.

A dureza de carbonato (KH) é a capacidade de tamponamento da água, diz respeito à quantidade de carbonatos e bicarbonatos presentes na água em mg de carbonato de cálcio por litro, e é a “resistência” à redução do pH (SOMERVILLE et al., 2014). Ainda segundo os autores, níveis de hidrogênio (H^+) são liberados à água e o carbonato remove os íons da água que podem vir a provocar a redução do pH, os ácidos criados naturalmente podem ser neutralizados com níveis de KH ideais para a aquaponia, cerca de 60-140 mg/litro.

3.6 COMPONENTES ESSENCIAIS DE UMA UNIDADE AQUAPÔNICA

Para a implantação de um sistema aquapônico faz-se necessário vários componentes que são tidos como fundamentais, pois, em geral, estão presentes na maioria dos projetos de aquaponia. O aquário de peixes, o filtro mecânico, o filtro biológico, o componente hidropônico e o tanque de depósitos, são alguns dos itens que não podem faltar nesse sistema (SOMERVILLE et al., 2014; RAKOCY; MASSER; LOSORDO, 2006).

Estes, com exceção do componente hidropônico, que será discutido mais a frente, estão descritos a seguir.

3.6.1 Aquário dos peixes

Neste componente estão inseridos os peixes e é onde são depositadas as suas excretas que irão ser o ponto de partida do sistema. Segundo Somerville et al. (2014), este é um elemento crucial em uma unidade aquapônica, para o qual recomenda-se que o mesmo tenha forma arredondada e fundo plano, pois através da força centrípeta os resíduos são transportados para o centro com facilidade. Sugere-se também o uso de aquários com materiais devidamente resistente a raios UV visto que este componente está sujeito à incidência direta de luz solar. Recomenda-se ainda que o aquário seja branco para uma melhor visualização dos peixes e suas excretas, além disso, o uso de coberturas é importante para evitar o crescimento de algas, entrada de detritos e predadores, além de evitar que peixes saltem para fora.

Em sistemas de aquaponia, ressalta-se a necessidade de controle de parâmetros dentro da faixa de tolerância de três organismos diferentes (Tabela 1 e 2). Desse modo é essencial o monitoramento da qualidade da água presente no aquário, pois os peixes de água recirculada necessitam da mesma em boas condições, sendo necessário avaliar oxigênio dissolvido, dióxido de carbono, amônia, nitrato, nitrito, pH, cloro e outras características, para tal monitoramento são utilizados kits de teste de qualidade da água (DIVER; RINEHART, 2006). Para as verificações de qualidade da água, não é utilizado necessariamente kits de alto custo, podendo ser também realizados teste de qualidade com equipamentos básicos de laboratórios.

3.6.2 Tanque clarificador

O tanque clarificador é o local de armazenamento das excretas de peixes e das sobras de ração, sem o uso desse componente, seria necessário mais fornecimento de oxigênio e ainda seria diminuída a capacidade de suporte de peixes no tanque (HELFRICH; LIBEY, 1991). A filtração mecânica é essencial em um sistema aquapônico, independentemente do método pela qual foi projetado. De acordo com a Somerville et al. (2014), é o aspecto mais importante no sistema, o local que irá separar e remover os resíduos sólidos do tanque de peixes. A remoção desses resíduos evita que gases venham a ser liberados no sistema após passarem pelo processo de decomposição na água do tanque, concluem os autores.

De acordo com Helfrich e Libey (1991), para que a eficiência da filtração mecânica seja aumentada, podem ser utilizados filtros no mesmo. Somerville et al. (2014) recomendam que o volume do tanque de filtração mecânica seja de 10 a 30% do volume do aquário de peixes.

3.6.3 Filtro biológico

De acordo com Somerville et al. (2014), a maioria dos resíduos sólidos no sistema, formados de excretas e ração, são dissolvidos na água e, portanto, não captáveis pelo filtro mecânico, nestes rejeitos não captáveis estão presentes amônia e nitrito. O que a biofiltração promove é a quebra dessas partículas, em partículas de nitrato, através de bactérias presentes no sistema (SOMERVILLE et al., 2014). O biofiltro de um sistema é quem irá determinar a capacidade de suporte de peixes, visto que quanto maior for a sua área disponível, maior será a sua capacidade de assimilação da amônia (HELFRICH; LIBEY, 1991). Conforme Helfrich e Libey (1991), a área superficial do biofiltro é o local de crescimento de bactérias nitrificantes e deve ser suficiente para suportar grandes populações de bactérias.

Esses biofiltros, no geral, são meios preenchidos com uma mídia e são construídos de materiais como plástico, madeira, vidro, metal, concreto ou qualquer substância inerte, além disso é fundamental que a água, que flui no sistema, entre em contato com as bactérias por tempo suficiente para permitir a oxidação da amônia e do nitrito (HELFRICH; LIBEY, 1991). Somerville et al. (2014) destaca que o uso de Bioballs® é recomendado no biofiltro pela sua grande área superficial em relação ao seu volume que é de $600 \text{ m}^2/\text{m}^3$. Afirmando também, que é comum a utilização de argila expandida e esta possui uma área superficial em relação ao volume de $250 \text{ m}^2/\text{m}^3$. Vários outros materiais podem ser usados com essa função.

Somerville et al. (2014) enfatiza também que o adequado acesso à oxigenação é necessário para que as bactérias possam oxidar a amônia, sendo, portanto, necessária uma boa aeração no sistema. O aerador deve ser colocado no fundo do tanque de biofiltro para um melhor aproveitamento deste nos resíduos.

3.6.4 Tanque de depósitos (*sump*)

Após fluir através do tanque dos peixes e dos componentes hidropônicos a água é então conduzida por gravidade para um tanque de depósitos. Neste está contida uma bomba que tem a função de devolver a água para o tanque de peixes, este local é uma boa alternativa para a adição de substâncias básicas ao sistema para casos em que se precise diminuir o pH (RAKOCY; MASSER; LOSORDO, 2006). Somerville et al. (2014) define como um local para onde a água é levada, no ponto mais baixo do sistema, sendo o lugar onde frequentemente deve-se localizar a bomba.

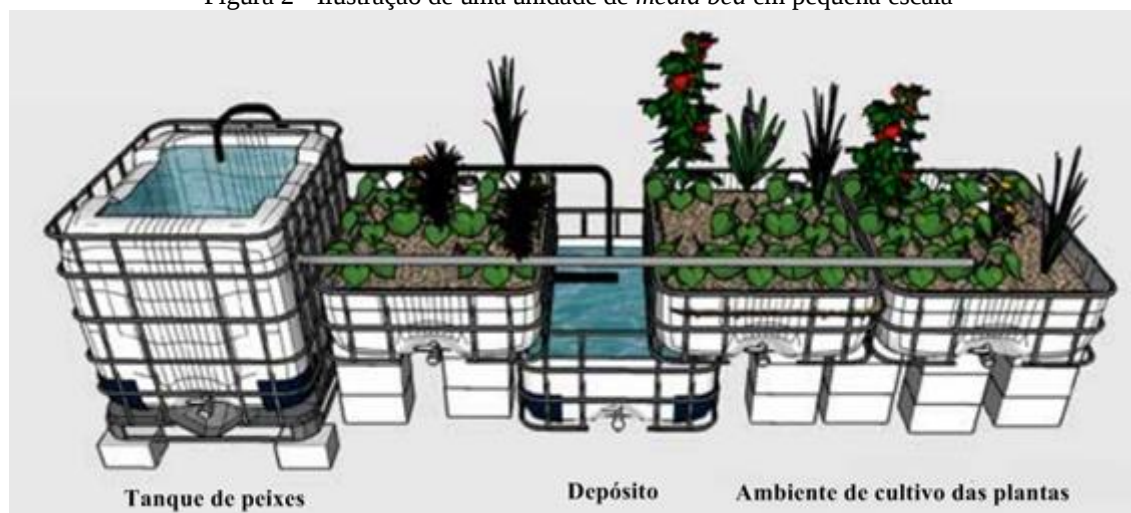
3.7 COMPONENTES HIDROPÔNICOS

Os componentes hidropônicos são ambiente onde são inseridos os vegetais que se deseja cultivar. Seus ambientes podem ser vários, cada um apresentando diferentes vantagens e desvantagens de uso, bem como particularidades e variações (CARNEIRO et al., 2015). A nomenclatura apresentam-se, na maioria, em inglês, pois é um assunto ainda pouco difundido no Brasil (CARNEIRO et al., 2015). Somerville et al. (2014) destaca três métodos mais comumente usados na aquaponia, sendo eles: *Media bed* ou meio de cultivo; *Nutrient Film Technique* (NFT) ou técnica do filme nutriente; e *Deep Water Culture* (DWC) ou cultura em jangada.

3.7.1 *Media bed*

Trata-se da técnica cujo design é o mais popular em aquaponia de pequena escala, por ser a que apresenta mais baixo custo inicial, em razão da sua simplicidade (SOMERVILLE et al., 2014; CARNEIRO et al., 2015). Nela o substrato usado tem a finalidade de suportar as raízes das plantas, além de servir como filtro mecânico e biológico, não sendo necessário, portanto, a utilização de sistemas de filtração anexados ao tanque de peixes e o canteiro de plantas (Figura 2) (SOMERVILLE et al., 2014).

Figura 2 - Ilustração de uma unidade de *media bed* em pequena escala



Fonte: Adaptado de Somerville et al. (2014).

Essa técnica é recomendada quando se tem pouca densidade de peixes, neste meio é necessário algum substrato com uma alta área de superfície em relação ao volume (CARNEIRO

et al., 2015). Podem ser usados argila expandida, pedra brita, seixos de leito de rio, rochas vulcânicas, areia grossa, perlita, entre outros, tal ambiente funciona como filtro biológico, pois a sua área é usada pelas bactérias para colonização (CARNEIRO et al., 2015). Entretanto, em casos do seu uso para uma escala maior, faz-se necessário uma filtração separada (SOMERVILLE et al., 2014).

Os principais componentes deste método são o tanque de peixes, os canteiros das plantas, o tanque de depósito e a bomba de água. O fluxo ocorre inicialmente por gravidade passando do tanque de peixes para o canteiro de plantas e depois para o tanque de depósito onde a água já tem passado pelo processo de filtração (SOMERVILLE et al., 2014). A partir do tanque de depósitos a água volta, com a ajuda de uma bomba, para o aquário de peixes, onde o ciclo é refeito periodicamente (SOMERVILLE et al., 2014).

Antes de retornar para o tanque de peixes a água flui por gravidade no ambiente de cultivo através de um sifão do tipo sino que proporciona o enchimento e esvaziamento deste (CARNEIRO et al., 2015). Os ciclos em que o meio de cultivo dos vegetais enche e esvazia proporcionando exposição ao ar nesses sistemas, fazem com que suas raízes sejam mais saudáveis pela oxigenação que recebem (PATTILLO, 2017). A drenagem ocorre a cada 20-30 minutos, este processo só é possível graças a tecnologia do sifão de sino, que, quando está cheio de água, fica completamente sem ar em seu interior, criando um vácuo, assim sendo possível que a água flua, através da gravidade, esvaziando o sifão (PATTILLO, 2017).

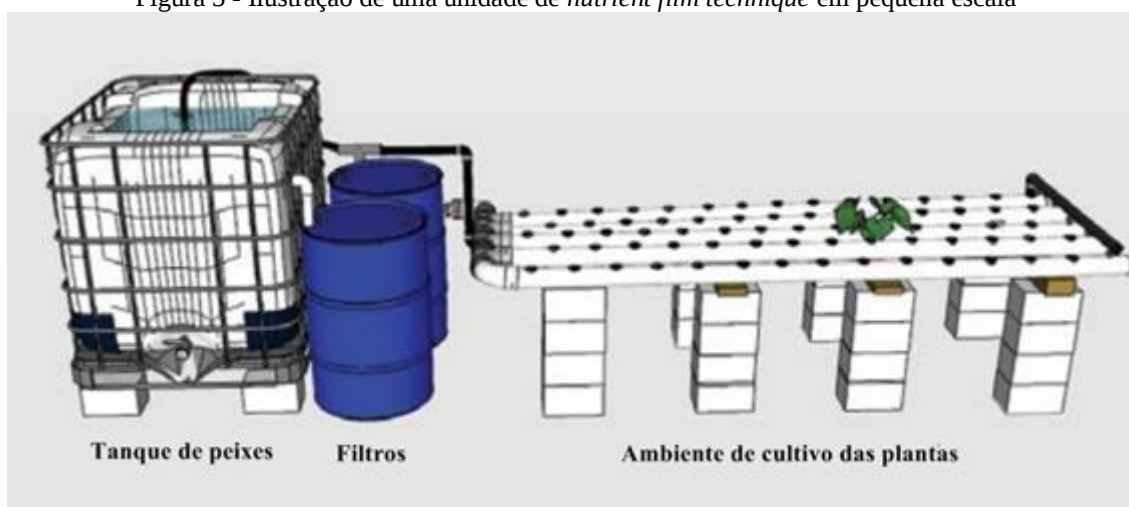
3.7.2 *Nutrient film technique (NFT)*

De acordo com Somerville et al. (2014), essa técnica faz uso de uma fina camada de água rica em nutrientes que passa pelas raízes das plantas que estão dispostas sobre buracos em tubos horizontais. Segundo Pattillo (2017), possui um leve design com canais que podem ser removidos ou alterados facilmente. Pode ser instalado de diversos modos, contanto que se respeite o espaçamento determinado para que seja garantida a luz necessária a todas as plantas da cultura, afirma o autor. Dispõe de canaletas que são dispostas horizontal e paralelamente, podendo conter um desnível de forma a permitir que a água passe por elas por gravidade (CARNEIRO et al., 2015). O desnível recomendado é de 1 cm/m para que a água toque em todas as raízes, sem que chegue com menos nutrientes no final (SOMERVILLE et al., 2014). A água rica em nutrientes chega até os tubos de cultivo de plantas em quantidade igual para cada tubo, sendo em uma pequena quantidade para que as plantas possam se desenvolver e suas

raízes possam respirar sobre o furo em que estão dispostas, no tubo (SOMERVILLE et al., 2014).

De acordo com estudos, este tipo de sistema apresenta baixos rendimentos e possui menos adeptos em relação aos outros dois tipos mais comuns (YEP; ZHENG 2019). Segundo estes estudos, o sistema NFT possui uma área de superfície limitada para as bactérias benéficas prosperarem, além disso, não é muito eficiente no cultivo de alface visto que suas raízes não apresentam um alto percentual de contato com a água aquapônica como ocorre na técnica DWC (YEP; ZHENG 2019). A Figura 3 ilustra o sistema.

Figura 3 - Ilustração de uma unidade de *nutrient film technique* em pequena escala



Fonte: Adaptado de Somerville et al. (2014).

3.7.3 Deep water culture (DWC)

DWC é o tipo de meio hidropônico mais utilizado em aquaponia de ordem comercial por apresentar uma necessidade mínima de manutenção, além de maximizar o contato entre a raiz da planta e a água, e ainda, possuir uma capacidade de suporte de plantas com o mínimo de materiais (YEP; ZHENG, 2019). Neste sistema acontece a suspensão das plantas cultivadas sobre folhas de poliestireno, e, por conter um grande volume de água em seu meio, os nutrientes presentes podem ser igualmente utilizados pelas plantas (SOMERVILLE et al., 2014). Apresenta-se em grande volume, com uma maior estabilidade no tocante aos parâmetros temperatura e pH, e é uma técnica bastante utilizada para o plantio de vegetais folhosos como o alface, rúcula e erva aromática (CARNEIRO et al., 2015).

Para esse tipo de sistema, bem como também, para o NFT, o ciclo da água se dá através da gravidade (SOMERVILLE et al., 2014). Essa técnica além de proporcionar uma maior

facilidade de uso, apresenta ainda uma maior chance de sobrevivência em fluxos de água ou aeração interrompidos, diferentemente de outros sistemas, que só sobreviveriam algumas horas nessas situações (PATTILLO, 2017). Assim é comprovado que o risco de mortalidade nessa técnica é menor durante possíveis quedas de energia (PATTILLO, 2017) e as plantas chegam a sobreviver até duas semanas sem que ocorra o fluxo de água (YEP; ZHENG, 2019). O sistema aquapônico utilizando esta técnica está ilustrado na Figura 4.

Figura 4 - Ilustração de uma unidade de *deep water culture* em pequena escala



Fonte: Adaptado de Somerville et al. (2014).

3.8 PLANTAS EM AQUAPONIA

Vários testes já foram realizados a respeito de quais vegetais teriam resposta positiva para aquaponia. Atualmente, mais de 300 variedades de plantas encontram-se nesta lista, sendo que, em suma, estão incluídas as que prosperam no solo mas que as raízes tem boas aceitações de água fluindo constantemente (SMALL, 2014). Segundo Small (2014), plantas com pouca necessidade de nutrientes que se adaptam bem em aquaponia são o alface, o manjericão, ervas, cebolinhas, dentre outros folhosos. Já as que apresentam maiores necessidades são pepino e tomate, necessitando de grandes densidades de peixes, afirma o autor. Há também aquelas que não apresentam um bom crescimento nesses sistemas, nesse caso podem ser citadas os grupos de vegetais com raízes (SMALL, 2014).

A produção de vegetais folhosos é a que representa maior cultura em sistemas aquapônicos, por estes crescerem bem em águas concentradas com nitrogênio, ter curto período de crescimento e não possuir altas demandas nutricionais (YEP; ZHENG, 2019). Além disso, a cultura de folhosos tende a gerar mais lucros do que as culturas de frutificação (YEP; ZHENG, 2019). Apesar da variedade de tipos de vegetais e frutos cultivados nesse meio, o presente

estudo aborda apenas quatro tipos, sendo eles: alface, tomate, manjeriço e salsinha, além do coentro que possui alta aceitação na região nordeste. A Tabela 3 destaca alguns parâmetros que devem ser levados em conta no cultivo dos vegetais estudados.

Tabela 3 - Parâmetros para cultivos de alguns vegetais em aquaponia				
Parâmetros	Alface	Manjeriço	Tomate	Salsinha
pH	6,0-7,0	5,5-6,5	5,5-6,5	6,0-7,0
Espaçamento entre plantas, plantas por m ²	18-30 cm; 20-25	15-25 cm; 8-40	40-60 cm; 3-5	15-30 cm; 10-15
Tempo de crescimento	24-32 dias	35-42 dias 18-30 °C, ideal 20-25 °C	50-70 dias 1ª colheita 13-16 °C noite, 22-26 °C dia	20-30 dias
Temperatura	15-22 °C	Ensolarado ou ligeiramente abrigado	Pleno sol	Pleno sol, sombra parcial > 25 °C
Exposição à luz	Pleno sol, sombrear quando muito quente	ligeiramente abrigado	Pleno sol	Pleno sol, sombra parcial > 25 °C
Altura e largura da planta	20-30 cm; 25-35 cm	30-70 cm; 30 cm	60-180 cm; 60-80 cm	30-60 cm; 30-40 cm
Método aquapônico recomendado	Media bed, NFT, DWC	Media bed, NFT, DWC.	Media bed, DWC	Media bed, NFT, DWC

Fonte: Adaptado de Somerville et al. (2014).

O alface é um vegetal cultivado mundialmente, e, de acordo com Somerville et al. (2014), ele pode alcançar altos valores no mercado, podendo ser produzida comercialmente em larga escala, além de ser apropriada para a aquaponia devido às amplas proporções de nutrientes que esta técnica pode fornecer.

O manjeriço é uma das muitas ervas que podem ser cultivadas em aquaponia, para ela recomenda-se que seja feita um cultivo de forma escalonada (SMALL, 2014).

Já no cultivo do tomate estão presentes as plantas chamadas de determinadas e as indeterminadas, ambas cultivadas em caule único (SOMERVILLE et al., 2014). Segundo Somerville et al. (2014), estas plantas necessitam de altas concentrações de nitrogênio em seu período inicial, toleram moderados níveis de salinidade, além disso, quando este se apresenta em maior quantidade pode melhorar a qualidade dos produtos em sua etapa de frutificação. A fase de colheita aconselhada é quando se apresenta firme e colorido, afirmam os autores.

Fácil de cultivo, a salsinha é uma erva que possui um alto valor comercial (SOMERVILLE et al., 2014). No que se refere ao coentro é uma erva que melhor cresce à altas temperaturas, ficando entre 18 e 25 °C, apresentando ciclo de vida na região nordeste entre 30 e 45 dias (GLOBO RURAL, 2016).

3.9 PEIXES EM AQUAPONIA

Os peixes além de fornecerem nutrientes para as plantas dentro de sistemas aquapônicos, fornecem também proteínas para os seus consumidores. Eles são os agentes principais de toda a aquaponia, visto que é através de sua presença que o sistema opera (INMED, 2017). No geral, o peixe conserva apenas 30% da proteína que lhe é fornecida, sendo 70% perdido, destes, 15% sai como resíduo sólido e alimento não consumido, e, 55% são excretados em forma de amônia (SOMERVILLE et al., 2014). Desse modo, cerca de 61% da ração de fato se torna amônia estando sujeito à nitrificação (SOMERVILLE et al., 2014).

Dentre os macronutrientes fornecidos pelo peixe, pode-se citar os carboidratos, as gorduras e, “em especial”, as proteínas, que são indispensáveis para o ser humano (SEYFFARTH, 2009). As proteínas contribuem como fonte calórica, sendo responsável pelo crescimento e manutenção do organismo, além disso, fontes de proteína animal são de alto valor biológico (SEYFFARTH, 2009).

Os peixes possuem como principal componente a água, variando de 64% a 90% e, logo em seguida, são compostos por proteínas estimadas em 8% a 23% (BRASIL, 2009). Em sistemas de recirculação pode ser inserido qualquer espécie de peixes que tem uma criação com êxito na aquicultura tradicional, entretanto, recomenda-se a criação de peixes pequenos, por crescerem mais rapidamente (BREGNBALLE, 2015).

O cuidado com a seleção da espécie de peixe que se deseja implantar no sistema de aquaponia é fundamental, sendo necessário considerar características essenciais, como a sua origem, adaptação ao ambiente, seu mercado no local de implantação, dentre outras particularidades. As espécies de peixes mais adequadas para criação em aquaponia são: tilápias, carpa comum, carpa prateada, carpa capim, perca-gigante, poleiro de jade, bagre, truta, salmão, bacalhau murray e achigã (SOMERVILLE et al., 2014).

No presente estudo, apenas a tilápia do Nilo é destacada. O sistema aquapônico de UVI (University of the Virgin Islands) utiliza tilápia do Nilo e cultiva manjeriço, alface e outras culturas (RAKOCY; MASSER; LOSORDO, 2006), enquanto o sistema da Cabbage Hill Farm possui tilápia e alface como principais produtos, cultivando também o manjeriço porém em menor quantidade (DIVER; RINEHART, 2006). O sistema da Universidade Estadual da Carolina do Norte utilizava a produção de tilápias juntamente com a produção de tomates e outros vegetais, ao passo que o sistema da S & S Aqua Farm cultivava uma variedade de vegetais e ervas, juntamente à produção de tilápia (DIVER; RINEHART, 2006). Lastiri et al. (2018) explana acerca de um sistema que utiliza a técnica NFT, cultivando tilápia do Nilo e tomate.

Segundo Carneiro et al. (2015), a Embrapa de Tabuleiros Costeiros realizou experimentos cultivando várias espécies de vegetais folhosos, com raízes e ainda leguminosos, dentre esses cultivou-se o alface junto com peixes da espécie tambaqui e tilápia do nilo, cultivados em media bed, NFT e DWC.

3.9.1 Tilápia do Nilo

Segundo Somerville et al. (2014), os tipos comerciais principais da tilápia são a tilápia azul (*Oreochromis aureus*), a tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) (Figura 5) e a tilápia de moçambique (*Oreochromis mossambicus*). Trata-se de um peixe nativo da África Oriental, de água doce que, apesar de ser naturalmente de água quente, é conhecida pela sua boa adaptação a diferentes ambientes e temperaturas, afirmam os autores. Sobrevivem em uma faixa de 14 a 36°C, sendo recomendado mantê-la entre 27 e 30°C, e apresenta um crescimento de alevinos (50g) à peixes adultos (500g) em um total de 6 meses (SOMERVILLE et al., 2014).

Figura 5 - Tilápia do Nilo



Fonte: Google (2019).

As tilápias são os organismos aquáticos mais utilizados em sistemas aquapônicos por serem tolerantes a condições de água não ideais e uma ampla gama de condições ambientais (YEP; ZHENG 2019). Além disso, esse peixe consome organismos como fitoplânctons e pequenas partículas orgânicas (YEP; ZHENG 2019). As tilápias são consideradas as melhores espécies de peixes para se produzir em sistemas aquapônicos, pela sua facilidade e aceitação com grandes densidades de peixes e de cultivo em regiões tropicais e subtropicais, e, uma vez que, em baixas densidades populacionais este peixe ganha peso mais rapidamente (INMED, 2017). As tilápias alimentam-se de ração provenientes tanto de plantas como de animais, e é necessário o fornecimento nutricional suficiente (SOMERVILLE et al., 2014). São peixes que apresentam mercado em todo o mundo a preços baixos, ainda assim, é um dos peixes mais predominantes em aquicultura e apresenta rápido crescimento (BREGNBALLE, 2015).

4 MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 ÁREA DE ESTUDO

A comunidade Bom Fim está localizada na zona rural de Angicos, no interior do semiárido nordestino do Rio Grande do Norte, com uma distância de aproximadamente 13 km da cidade, onde residem um grupo de agricultores. Esta comunidade, denominada como “Associação dos Agricultores de Umburana de Cheiro” e fundada em 09 de outubro de 2018, é uma entidade de direito privado sem fins lucrativos, representada atualmente pelo seu presidente, o Sr. Vicente de Paula Andrade.

A comunidade em estudo está localizada no semiárido, que apresenta pouco índice de chuva, além de elevada evaporação anual. Apresentando um clima característico da região semiárida, onde pode ser dividido em duas estações: período seco e período chuvoso. O período seco é predominante na maioria dos meses.

Na comunidade residem aproximadamente 12 famílias, com uma média de 4 moradores por casa, sendo, no total, 48 pessoas residentes. Os moradores realizam atividades de piscicultura no açude em sua localidade, além de práticas de agricultura. É através dessas atividades de subsistência que a comunidade sobrevive.

Todas as famílias recebem mensalmente cerca de 9.500 litros de água, sendo 2.500 litros de água potável e 7.000 litros de água não potável, que costuma esgotar na metade do mês, obrigando os moradores a buscar água em outras fontes, utilizando suas carroças.

Sabendo da pouca disponibilidade de água na comunidade, e de suas vivências como agricultores, seria positiva a implementação de novas práticas que visassem trazer um benefício aos moradores, utilizando-se de uma pequena demanda de água. Diante disto, a implantação de um projeto aquapônico na mesma, poderia proporcionar um melhor aproveitamento das atividades de agricultura e piscicultura já presentes na comunidade, reduzindo a necessidade de irrigação e dos riscos de contaminação presente no sistema de piscicultura.

4.2 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Neste estudo foram realizadas pesquisas bibliográficas, onde houve o levantamento de dados, através de pesquisas de diversos autores, abordando uma série de pontos importante sobre o assunto em estudo.

Foi realizado um estudo de caso, que conforme Gil (2002), trata-se do aprofundamento da busca por conhecimentos acerca de um determinado tema, permitindo assim uma maior compreensão. Através deste estudo é possível obter detalhes, levantar hipóteses, dentre outros aspectos importantes para a pesquisa. Nesta modalidade faz-se necessário seguir algumas etapas, dentre elas estão a elaboração do problema, a coleta de dados, seja por meio de questionários ou pesquisa bibliográfica, bem como, sua análise e, outras etapas seguintes até que se possa concluir e obter o resultado desejado na pesquisa, afirma o autor.

4.3 SISTEMA E CULTIVOS ADOTADOS

Para a aplicação deste projeto destinado à comunidade Bom Fim, faz-se necessário a escolha do método utilizado bem como o tipo de cultivo feito e outros parâmetros e materiais para proporcionar um satisfatório abastecimento às famílias, além da geração de renda para tais, pois cada um destes dependem das características e demandas do local de destino.

A produção vegetal foi estimada através de unidades hidropônicas *media bed* por se tratar da técnica de cultivo que proporciona uma melhor proporção de contato entre raiz da planta e substrato, garantindo a aquisição de mais nutrientes, bem como, raízes mais saudáveis.

O peixe escolhido para cultivo foi a tilápia do Nilo, pela sua melhor adaptação em sistemas aquapônicos, além disso a maioria das referências avaliados nesse estudo fazem uso dessa espécie de peixe.

Para o presente estudo foi escolhido a cultivo de cinco tipos de vegetais, sendo o alface, manjerição, tomate, salsinha e coentro, os quatro primeiros são os vegetais mais cultivados e estudados em sistemas aquapônicos e este último é grandemente cultivado na região nordeste, representando grande força na culinária local. Estes possuem ainda, uma alta demanda no mercado, além disso, por serem vários tipos de vegetais proporcionarão uma maior diversificação e uma maior flexibilidade em seu comércio.

4.4 ESTIMATIVA DE DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA

A estimativa do dimensionamento do sistema se deu considerando à necessidade de proteína para atender a comunidade em estudo e à disponibilidade pelo peixe em questão.

A demanda de proteína por indivíduo foi tomada como fator determinante para na quantidade de peixe necessária para a comunidade estudada, sendo recomendada por Seyffarth (2009) a ingestão de proteínas diárias de 0,8 a 1 g/kg de peso/dia, calculada utilizando a

Equação (1). Foi admitido um peso médio de 40 kg por residente, considerando que lá vivem homens, mulheres e crianças.

$$proteína\ necessária = peso \times \left(\frac{g}{kg} \right) \quad (1)$$

Posteriormente, foi calculada a proteína fornecida por 1 kg de peixe, tomando como base que, dentre os componentes do peixe, entre 8 e 23% são proteínas (BRASIL, 2009). A proteína para ser fornecida por 1 kg de peixe foi calculada através da Equação (2).

$$proteína\ fornecida = 1kg \times porcentagem \quad (2)$$

Adotando um valor, entre o intervalo calculado de proteína fornecida, e adotando o valor de proteína necessária, tendo a quantidade de residentes na comunidade, foi calculada a proteína necessária para abastecer a comunidade em estudo.

A partir disso, foi calculado, utilizando a Equação (3) o valor de peixe diário que satisfaça as necessidades de proteína da comunidade.

$$\frac{proteína\ demandada\ comunidade(g/dia)}{proteína\ fornecida(g/kg)} = \frac{kg}{dia} \quad (3)$$

Através da quantidade de peixe necessário e do tempo de crescimento deste, é chegada a quantidade de peixe necessária no sistema, utilizando a Equação (4).

$$\frac{kg}{dia} \times tempo(dias) = peixe(kg) \quad (4)$$

Utilizando a Equação (5) descrita por Somerville et al. (2014) em que se estima uma alimentação para peixes (de qualquer espécie) com 32% de proteína, foi calculada para a demanda de peixe em seu tempo de crescimento, a quantidade de ração que deve ser fornecida ao sistema. Admitindo que um peixe se alimenta de 1-2% de seu peso, como descrito por Somerville et al. (2014).

$$Demandade\ peixe(kg) \times \frac{1g/dia}{100g/peixe} = ra\c{c}{\~{a}}o(kg/dia) \quad (5)$$

Sabendo que cada metro quadrado de espaço de cultivo requer uma quantidade de ração de peixe diferente, a depender do tipo de cultivo, sendo 50 g para folhosos e entre 50-80 g para frutificação (Somerville et al., 2014), como já abordado. Foi usada uma relação de 60 g por dia por metro quadrado para esse dimensionamento, e aplicado a Equação (6) detalhada por Somerville et al. (2014), para o cálculo da área de cultivo das plantas.

$$Ra\c{c}{\~{a}}o(g/dia) \times \frac{1m^2}{60g/dia} = \acute{A}rea(m^2) \quad (6)$$

Para o dimensionamento do tanque de peixes, foi tomada como base a proporção sugerida por Diver e Rinehart (2006), de tanque:cultivo de 1:4, visto que nos sistemas mais atuais pode-se usar esta razão ou até 1:2, dependendo do tipo de sistema hidropônico, antes, a razão de 1:1 era bastante comum.

Para o filtro mecânico, Somerville et al. (2014), sugere a faixa de 10 a 30% em relação ao volume do aquário dos peixes. Sendo utilizado, neste dimensionamento, o volume de 10% deste).

No que tange o dimensionamento do filtro biológico, foi necessário, inicialmente, estimar a quantidade de amônia produzida diariamente no sistema. Tendo que, de acordo com Somerville et al. (2014), os peixes (em kg) consomem 1% de seu peso por dia (kg de ração por dia), desta ração, 32% corresponde a porcentagem de proteína, 16% é o nitrogênio presente nesta proteína e 61% o nitrogênio desperdiçado, de cada 1 g de nitrogênio tem-se 1,2 g de amônia. Deseja-se saber a quantidade de amônia produzida no sistema, utilizando a Equação (8) descrita por Somerville et al. (2014).

$$\begin{aligned} Ra\c{c}{\~{a}}o(g) \times \frac{32g\ de\ prote\acute{i}na}{100g\ de\ alim\ ento} \times \frac{16g\ de\ nitrog\^{\circ}nio}{100g\ de\ prote\acute{i}na} \times \frac{61g\ de\ nitrog\^{\circ}nio\ desperdi\c{c}{\~{a}}do}{100g\ de\ nitrog\^{\circ}nio\ total} \times \frac{1,2g\ de\ NH_3}{1g\ de\ nitrog\^{\circ}nio} \\ = am\^{\circ}nia(g) \end{aligned} \quad (7)$$

Somerville et al. (2014) ressalta que as bactérias nitrificantes removem de 0,2 a 2 g de amônia por metro quadrado por dia, e considerando que existem outras características para

determinação, o órgão recomenda a adoção de uma taxa de 0,57 g de amônia convertida por metro quadrado de área de superfície por dia. Assim, utiliza-se a Equação (9) evidenciada por Somerville et al. (2014) para estimar a área do biofiltro.

$$Amônia(g) \times \frac{1m^2}{0,57 g \text{ amônia}} = \text{área biofiltro} (m^2) \quad (8)$$

A área superficial específica é a razão entre a área e o volume, dado em m^2/m^3 , e será calculado para argila expandida que apresenta uma relação de $250m^2/m^3$ (SOMERVILLE et al., 2014). Pela Equação (10) de Somerville et al. (2014), é apontado o volume necessário de substrato para utilizar no biofiltro do sistema.

$$\text{Área biofiltro} (m^2) \times \frac{m^3}{250 m^2} = \text{argila expandida necessária} (m^3) \quad (9)$$

Para calcular os cultivos no sistema foi necessário dividir, da área total, quanto foi destinada para cada cultivo no sistema, e utilizar, ainda, a informação de planta por metro quadrado descrita na Tabela 3. Assim, foi inserida na Equação (11), descrita por Somerville et al. (2014) e obtido o cultivo total por tempo.

$$\text{Área} \times \frac{\text{planta}}{m^2} = \frac{\text{cultivo total}}{\text{tempo}} \quad (10)$$

Através das informações alcançadas, realizando todos os procedimentos explanados, foi possível executar o dimensionamento do sistema. Além disso, foi feita a sua representação, fazendo uso do *Software Google SketchUp Pro 8*.

As estimativas de custos de implementação foram feitas com preços baseados em buscas *online*. Para a produção de peixes, foi simulado o seu crescimento em 6 meses. Para os vegetais foram feitas simulações onde as produções de alface são dadas por cabeça, o manjeriço por maço, para salsinha e coentro por molho e para o tomate em quilos, considerando que cada planta de tomate rende 4 kg por colheita. Para a estimativa de receita pelos vegetais, foram fixados os valores de R\$ 1,50 a cabeça do alface, R\$ 3,50 para o quilo do tomate, R\$ 1,50 para o maço do manjeriço, R\$ 2,00 para o molho da salsinha e R\$ 1,00 para o molho de coentro.

Os valores do alface, tomate e coentro são referentes aos valores comerciais desses produtos na feira livre do município de Angicos. Os demais foram obtidos em buscas *online*.

4.5 INICIANDO O SISTEMA

A produção será realizada de forma escalonada, de maneira que a partir da primeira colheita, todas as semanas seguintes, seja possível a colheita de peixes necessários para suprir à quantidade de proteína demandada semanalmente pela comunidade. Portanto, no estágio inicial do sistemas plantas e alevinos (ou juvenis) deverão ser inseridos pouco a pouco, aplicando ao sistema $1/6$ de sua capacidade por mês. Desse valor, deve ser adicionado $1/4$ por semana, nos primeiros seis meses, de forma que após a primeira semana de colheita sejam inseridos aproximadamente 50 novos alevinos ao tanque de cultivos, todas as semanas.

No início do sistema será necessário que haja seu equilíbrio para poder começar a inserir as plantas (Carneiro et al., 2015). As mudas de vegetais folhosos só poderão entrar no sistema quando o nitrato já estiver presente em grandes proporções, entre a terceira e quarta semana, enquanto que, para os vegetais de frutificação, é necessário o tempo de dois a três meses (SOMERVILLE et al., 2014). Logo, os vegetais, assim como os peixes, serão inseridos ao sistema de forma escalonada. O plantio, dessa forma, se faz necessário para assegurar níveis contínuos de nutrientes para os vegetais, além de garantir sempre a filtração da água (SOMERVILLE et al., 2014).

A ração de peixe adicionada ao sistema deve ser dividida em duas ou três vezes durante o dia, em horários diferentes. Somerville et al. (2014) alerta que esse ato é mais saudável para o peixe e para a planta, visto que está sendo proporcionada uma melhor divisão dos nutrientes ao longo do dia. Caso o peixe não consuma toda a ração colocada no tanque após um período de 30 minutos, os autores indicam a sua remoção. No caso dos peixes consumirem a ração muito rapidamente recomenda-se adicionar uma quantidade maior na próxima aplicação e, em caso, de sobra, reduzi-la.

Os parâmetros de qualidade da água devem ser analisados semanalmente, com a finalidade de obtenção dos limites tolerados para os peixes, plantas e bactérias.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA

5.1.1 Demanda de proteína

Foi calculada através da Equação (1) a proteína demandada individualmente para a comunidade em estudo, como apresentado na Tabela 4, com uma quantidade de 32-40 gramas por pessoa por dia, onde será utilizado o valor de 40 g, para uso neste dimensionamento. A Tabela 5 apresenta o intervalo de proteína fornecida por 1 kg de peixe, calculado utilizando a Equação (2), ficando entre 80-230 g, em que será adotado, para este estudo, o valor de 200 g.

Tabela 4 - Proteína necessária por pessoa por dia

Proteína	Quantidade (g/pessoa/dia)
Mínima	32
Máxima	40

Fonte: Autoria própria (2019).

Tabela 5 - Proteína fornecida por 1 kg de peixe

Proteína	Quantidade (g)
Mínima	80
Máxima	230

Fonte: Autoria própria (2019).

Da proteína necessária por pessoa, foi adotado que 1/3 seria abastecido através de proteína de peixes, sabendo que na comunidade vivem 48 pessoas, foi calculado a demanda de proteína suprida por peixes (Tabela 6). Sendo demandada 640 g por dia, pela comunidade.

Tabela 6 - Demanda de proteína suprida por peixe

	Demanda (g/dia)
Individual	13,33
Comunidade	640

Fonte: Autoria própria (2019).

5.1.2 Proporções do sistema

A partir da demanda e da proteína fornecida, utilizando a Equação (3), são necessários 3,2 kg de peixe por dia para suprir a necessidade estabelecida de proteína, para a comunidade.

Como a média de crescimento da tilápia do Nilo (500 g) fica em torno de 6 meses (180 dias), foi calculada pela Equação (4), a quantidade necessária para este dimensionamento. Para este tempo de crescimento, faz-se necessário 576 kg, aproximadamente 600 kg de tilápias (em média de 1200 tilápias adultas). E, com isso, um tanque que suporte essa capacidade de peixes.

Foi chegado, diante disso, à quantidade de ração necessária diariamente, com a Equação (5), necessitando uma quantidade de 6 kg de ração por dia. Posteriormente, calculou-se a área total de cultivo disponível para os vegetais, usando a Equação (6) chegando a área de 100 m².

Para o tanque de peixes e área de cultivo das plantas, há varias relações usadas. O sistema Sparaneo utiliza cascalho e uma razão de 1:2, segundo o mesmo autor, enquanto Somerville et al. (2014) recomenda o uso de 3 mil litros de água para 60 kg de peixe. Em seus estudo, Lastiri et al. (2018) apresentam um sistema semicomercial e de pesquisa da INAPRO (Innovative Aquaponics for Professional Application), que possui um volume de 7,2 m³ de tanque de peixes e área de cultivo de vegetais de 43,2 m², produzindo tilápia do Nilo e tomate. Em contrapartida Bailey e Ferrarezi (2017) afirmam que o sistema UVI cultiva em um volume total de crescimento de peixes equivalente a 31,2 m³, e uma área hidropônica total de 214 m².

Para o presente sistema, utilizou-se a relação de Diver e Rinehart (2006), de tanque:cultivo de 1:4, para chegar ao volume do aquário de peixes, por se tratar de uma escala consideravelmente grande. Assim, o volume total de água para a criação dos peixes, foi de 25 m³, um total de 25.000 litros de água no tanque (aquário), possuindo portanto uma densidade de 24 kg/m³. O dimensionamento do filtro mecânico tomou como base 10% do volume do aquário dos peixes, conforme aconselha Somerville et al. (2014), chegando a um volume de 2,5 m³ ou de igual forma, 2500 litros. A Tabela 7 demonstra as medidas calculadas para o aquário de peixes e o filtro mecânico do sistema.

Tabela 7 - Medidas do aquário e filtro mecânico para o sistema

Componente do sistema	Volume (m ³)	Altura (m)	Diâmetro (m)
Aquário dos peixes	25	1,2	5,15
Filtro mecânico	2,5	1,2	1,64

Fonte: Autoria própria (2019).

Para o biofiltro, foi calculado inicialmente a quantidade de amônia no sistema, utilizando a Equação (7). Verificou-se que diariamente será produzida neste sistema, uma quantidade de aproximadamente 225 g de amônia.

Diversas características devem ser consideradas para a obtenção da quantidade de biofiltro necessária para realizar a remoção da amônia. Realizando os cálculos pela Equação (8) e posteriormente (9), tem-se que processar a amônia produzida por 6 kg de ração, é necessário aproximadamente 1600 litros de argila expandida. Onde esta será armazenada em um tanque de polietileno com volume de 2 m³ para tal função.

Para a técnica *media bed* e uma área de cultivo igual a 100 m², onde é composto por 5 unidades de 20 metros de comprimento e 1 metro de largura, com 0,30 m de profundidade, foi necessário estimar a quantidade de substrato para o volume de 6 m³ por tanque de cultivo, totalizando 30 m³ ou, de igual forma 30000 litros. Com isso foi determinada uma demanda de 6000 L de substrato do tipo argila expandida para cada componente do sistema hidropônico.

No total, foi determinada uma área de 100 m² para o cultivo dos vegetais folhosos e os vegetais de frutificação. Assim distribuídos: 70 m² para cultivo da vegetais folhosos alface, manjerição, salsinha e coentro; e, 30m² para o cultivo de tomate. A área destinada às folhosas foi dividida da seguinte forma: 40 m² para o alface e 10 m² para cada um dos demais. Utilizando a Equação (10), tem-se a produção, como ilustra Tabela 8. Para o coentro, foi adotada a mesma quantidade de rendimento por metro quadrado e tempo de colheita da salsinha.

Tabela 8 - Cultivo dos vegetais e colheita por tempo

Cultivo	Colheita/tempo
Alface	1000 cabeças/mês
Tomate	150 plantas/70 dias
Manjerição	400 maços/42 dias
Salsinha	150 molhos/mês
Coentro	150 molhos/mês

Fonte: Autoria própria (2019).

Neste dimensionamento o sistema foi composto basicamente por cinco elementos fundamentais: o aquário de peixes, o tanque do filtro mecânico, o tanque do filtro biológico, o tanque de depósitos e os componentes hidropônicos. Outros elementos presentes neste sistema são os compressores de ar, bomba de água, canalização e uma casa de vegetação. A Tabela 9 ilustra as informações gerais deste sistema aquapônico. O volume total de água previsto é de 30.500 litros e, em virtude das perdas, a reposição semanal deve ser de aproximadamente de 64 litros, como indicado por Somerville et al. (2014).

Tabela 9 - Informações gerais sobre o sistema

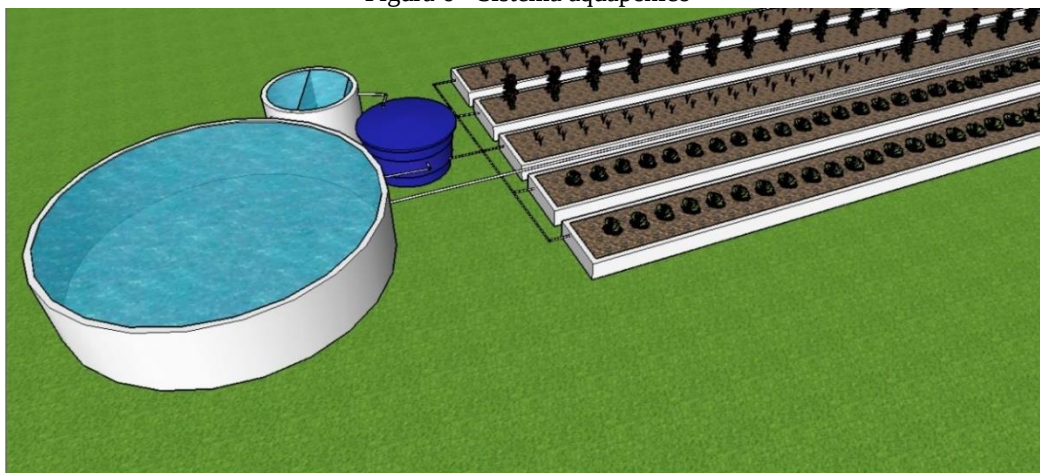
Componentes do sistema	Quantidade	Volume (m ³)
Aquário dos peixes	1	25
Tanque de filtro mecânico	1	2,5
Tanque de filtro biológico	1	2
Tanque de depósitos	1	1
Tanques hidropônicos	5	6
Área total de plantas	100 m ²	
Volume total de água	30,50 m ³	
Terreno ocupado	215 m ²	

Fonte: Autoria própria (2019).

5.1.3 Recomendações para implantação do sistema

O aquário para os peixes deverá ser construído de concreto e pintado de branco em seu interior, para que haja uma melhor visualização dos peixes e dejetos presentes. Será construído para o tamanho calculado, mostrado na Tabela 7. Este componente e alguns detalhes do sistema estão ilustrados na Figura 6.

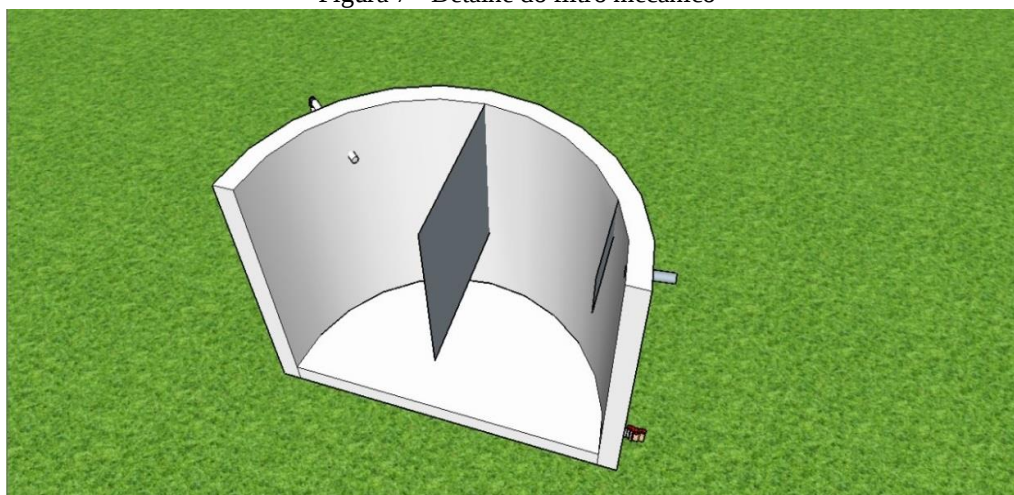
Figura 6 - Sistema aquapônico



Fonte: Autoria própria (2019).

O tanque de filtro mecânico será do tipo clarificador, com capacidade de volume de 2,5 m³ (Figura 7). A placa no interior pode ser de algum material plástico, percorrendo todo o centro do tanque, a uma profundidade de 80 cm. Enquanto a placa próxima a saída de água deve estar a uma distância suficiente para permitir a passagem de água, apresentando profundidade de 20 cm. O sistema UVI apontado por Rakocy et al. (2006) utiliza um clarificador com aspecto semelhante ao sugerido.

Figura 7 - Detalhe do filtro mecânico



Fonte: Autoria própria (2019).

Para o tanque de filtro biológico sugere-se utilizar uma caixa d'água de polietileno com capacidade de 2000 litros de água e uma quantidade de 1600 litros de argila expandida, com a restante preenchido com água. Os componentes hidropônicos terão uma área de 100 m². Sugere-se tanques de alvenaria, onde devem ser impermeabilizados e afastados 0,30 m uns dos outros a fim de facilitar o manejo e tratamentos culturais. A área ocupada pelos componentes hidropônicos será de 124 m². A Figura 8 ilustra o tanque de alvenaria juntamente com o tanque de depósitos.

Figura 8 - Componentes hidropônicos e tanque de depósitos

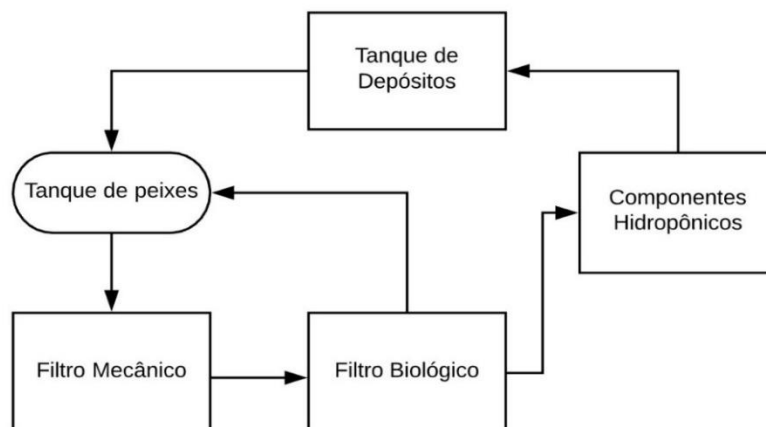


Fonte: Autoria própria (2019).

Para o tanque de depósitos será construído um reservatório submerso com o intuito de adquirir um melhor aproveitamento da gravidade, onde chegará a água filtrada vinda dos componentes hidropônicos. Este terá capacidade de suporte de 1000 litros, apresentando raio de 0,60 metros e altura de 0,90 metros. Sobre este componente estará a bomba, com a função de bombear a água que chega até o tanque dos peixes.

Uma casa de vegetação é necessária para a proteção das plantas, com o intuito de evitar predadores e chuva. Esta pode apresentar estrutura de madeira ou aço e cobertura de plástico. Para o dimensionamento proposto, este componente deve apresentar 22 metros de comprimento e 9 de largura. Lonas de proteção para o tanque de peixes e filtro mecânico também são necessários. O ciclo que será realizado no sistema encontra-se ilustrado na Figura 9.

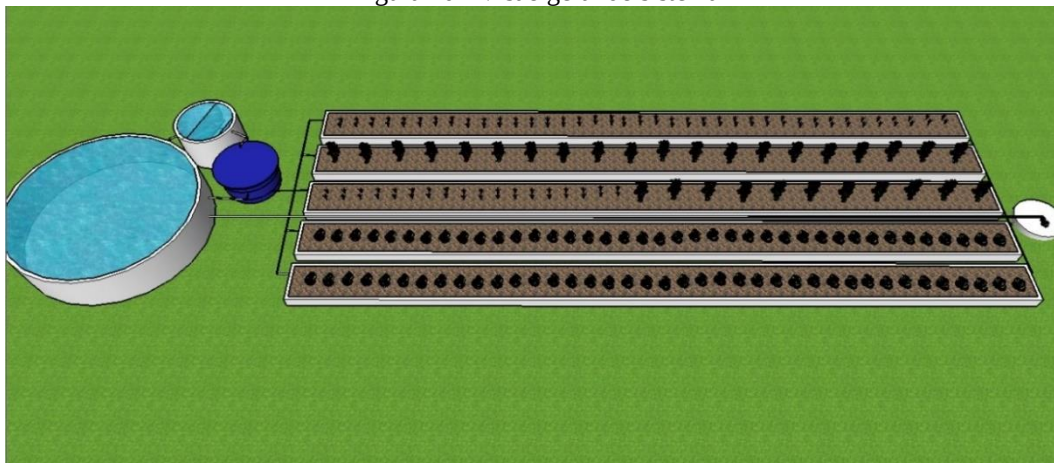
Figura 9 - Fluxograma do ciclo do sistema



Fonte: Autoria própria (2019).

O sistema contará com uma única bomba com capacidade de vazão de 25.000 L/hora visto que o sistema precisa adotar tal vazão. O aerador deverá ser instalado no biofiltro. Para as tubulações são necessários 26 metros de tubos de policloreto de vinila (PVC) de 50 mm, para ida da água até o biofiltro e retorno dos componentes hidropônicos ao tanque dos peixes, e 22 metros de tubos de PVC de 30 mm para a água fluir do biofiltro aos componentes hidropônicos e destes até o conector que liga ao retorno da água (Figura 10).

Figura 10 - Visão geral do sistema



Fonte: Autoria própria (2019).

5.2 CUSTO DE IMPLANTAÇÃO DO SISTEMA

Para o sistema aquapônico estudado foram simulados os seus investimentos iniciais de implementação. A Tabela 10 ilustra a previsão de custos de implementação do sistema aquapônico na comunidade Bom Fim. Os valores apresentados para tanques de concretos e alvenaria são preços de custo de construção aproximados. Os preços dos demais itens tomaram base buscas *online*. Conforme o presente estudo, o investimento necessário para a implantação do sistema aquapônico na comunidade Bom Fim é de aproximadamente R\$ 31.719,00.

Tabela 10 - Custo capital de produção de um sistema aquapônico			
Material	Quantidade	Preço unitário (R\$)	Preço total (R\$)
Tanque de concreto de 25 m ³	1	2.000,00	2.000,00
Tanque de concreto de 2,5 m ³	1	200,00	200,00
Caixa d'água de 2000 Litros	1	900,00	900,00
Tanque de concreto 1 m ³	1	100,00	100,00
Tanques de alvenaria 20x1,0x0,35 m ³	5	400,00	2.000,00
Casa de vegetação 22x9 m ²	1	300,00	300,00
Lonas plásticas	3	25,00	75,00
Bomba 25.000 Litros	1	690,00	690,00
Compressor de ar U-2800 para aeração com pedra de ar	1	29,00	29,00
Argila expandida 50 Litros para biofiltro	32	24,00	768,00
Argila expandida 50 Litros para cultivo	1000	24,00	24.000,00
Tubos de PVC 50mm (3 metros)	9	40,00	360,00
Tubos de PVC 30mm (3 metros)	8	30,00	240,00
Conectores de PVC	19	3,00	57,00
Total			31.719,00

Fonte: Autoria própria (2019).

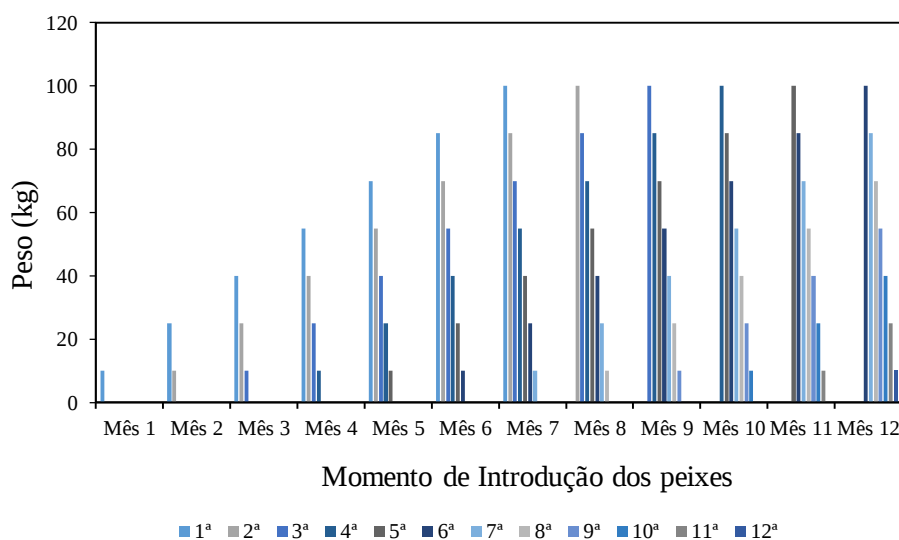
5.3 ESTIMATIVA DA PRODUÇÃO DE PEIXES

A Figura 11 ilustra a simulação do crescimento, nos primeiros meses, das tilápias do Nilo introduzidas de forma escalonada no sistema aquapônico proposto. O peso inicial de um alevino corresponde a 0,05 kg. A partir do somatório semanal de introdução no primeiro mês,

correspondente a 200 tilápias do Nilo, o sistema inicia com uma quantidade de 10 kg, e estará então completo, com todas as tilápias que suporta, aos 6 meses.

Com a introdução da mesma quantidade de peixe nos meses seguintes, e, observando o crescimento como ilustrado na Figura 11, tem-se no mês 7, colheita suficiente demandada pela comunidade para todas as semanas, bem como, todos os dias, a partir deste mês. Assim sendo possível contribuir com o abastecimento da quantidade de proteína demandada pela comunidade continuamente deste mês em diante. É importante ressaltar que todos os meses serão retirados aproximadamente 100 kg de peixe para fins de consumo da comunidade.

Figura 11 - Simulação de crescimento da tilápia do Nilo por remessa de introdução presentes no sistema por mês no primeiro ano



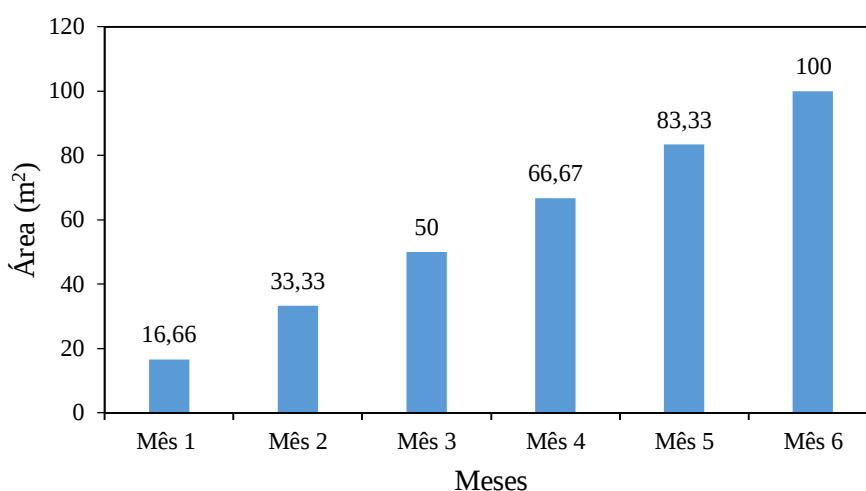
Fonte: Autoria própria (2019).

Para este dimensionamento, o ciclo de produção da tilápia fica em torno de 24 semanas. Rakocy et al. (2006) obtiveram o mesmo tempo de ciclo de produção no sistema de UVI, em contrapartida o sistema Sparaneo colhe tilápias após 7 a 12 meses de produção. A Figura 11 ilustra ainda que, para o primeiro ano de funcionamento do sistema, poderá ser colhido um total de 600 kg de tilápia do Nilo, nos últimos 6 meses do primeiro ano de implementação do sistema. Enquanto que para os anos seguintes, prevalecendo esse comportamento contínuo de crescimento dos peixes, pode-se colher um total de 1200 kg de peixe anualmente, ou seja, uma colheita equivalente à 48 kg/m³/ano. Rakocy et al. (2006) relatam que o sistema UVI tem capacidade média de produção de peixes anual de aproximadamente 8940 kg, enquanto o sistema da INAPRO descrito por Lastiri et al. (2018) possui uma colheita anual de 1034 kg de peixe.

5.4 ESTIMATIVA DA PRODUÇÃO DE VEGETAIS

A produção de vegetais depende da quantidade de peixes no sistema, sabe-se que quando o aquário está cheio (aproximadamente 1200 tilápias) os peixes consomem 6 kg de ração, e que a área disponível para vegetação, depende desta quantidade. Diante disto, a área para cultivo nos primeiros meses, estimada utilizando as mesmas equações descritas na metodologia para determinar a área de cultivo do sistema, é demonstrada na Figura 12.

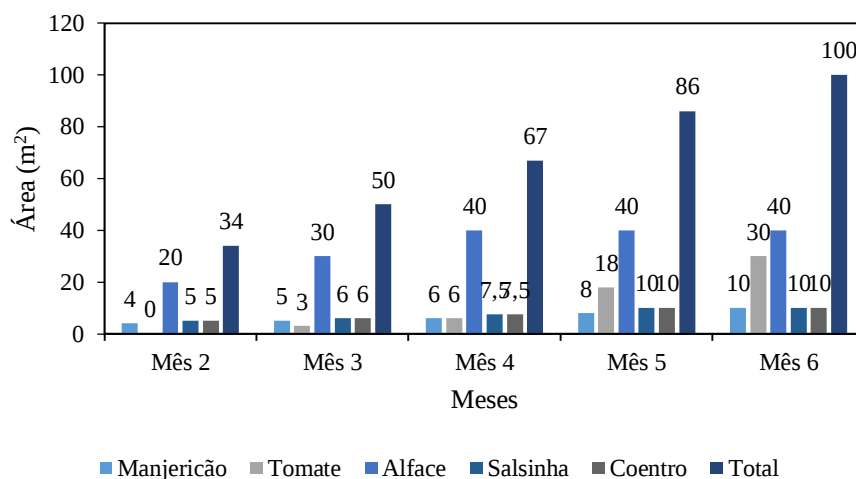
Figura 12 - Área disponível para vegetação nos primeiros meses



Fonte: Autoria própria (2019).

O cultivo de vegetais, se dando de maneira escalonada e sob a condição apresentada na Figura 12, resultará em uma ocupação de área de cultivo (Figura 13).

Figura 13 - Área ocupada por cultivo nos primeiros meses



Fonte: Autoria própria (2019).

Para os vegetais folhosos (alface, manjeriço, salsinha e coentro) foi simulado com um tempo de espera 4 semanas para o início de sua introdução, enquanto que para o vegetal de frutificação (tomate) foi simulado com um tempo de 8 semanas para seu início. A Tabela 11 ilustra uma simulação das colheitas dos vegetais de acordo com o tempo de crescimento de cada, bem como, a sua área de ocupação no primeiro ano de funcionamento do sistema.

Tabela 11 - Simulação de colheitas dos vegetais nos primeiros meses

Colheita	Alface	Manjeriço	Salsinha	Coentro	Tomate
Mês 1	0	0	0	0	0
Mês 2	0	0	0	0	0
Mês 3	500	0	75	75	0
Mês 4	750	160	90	90	0
Mês 5	1000	80	112,5	112,5	0
Mês 6	1000	160	150	150	60
Mês 7	1000	160	150	150	60
Mês 8	1000	240	150	150	240
Mês 9	1000	160	150	150	320
Mês 10	1000	160	150	150	240
Mês 11	1000	240	150	150	240
Mês 12	1000	160	150	150	240

Fonte: Autoria própria (2019).

As produções constantes da alface, conforme o estudo, indicam um vegetal altamente presente no decorrer do sistema. Para o sistema UVI, com produções de alfaces de quatro espécies diferentes (todas produzidas de forma escalonada), o vegetal pode ser colhido semanalmente, o que garante uma melhor comercialização (RAKOCY; MASSER; LOSORDO, 2006). O manjeriço, salsinha e coentro também aparecem com produção de forma marcante do mês 6 em diante.

Em simulações, o coentro apresentou-se de forma marcante, considerando a área total na qual foi cultivado. Souza Neto et al. (2013), em seus estudos do cultivo hidropônico de coentro com o uso de rejeito salino, observaram a significância que o rejeito salino teve neste cultivo de forma negativa. Sendo elucidado o cuidado que deve ser tomado para não ser retardado o crescimento do coentro no meio hidropônico.

O tomate aparece com uma alta colheita de quilo do fruto, indicando em simulações uma colheita de 1400 kg no primeiro ano em 30 m². Lastiri et al. (2018) observaram, para a simulação do primeiro ano do sistema estudado, uma colheita de 4350 kg de tomate em 43 m².

5.5 ESTIMATIVA DA RECEITA OBTIDA PELOS VEGETAIS

A Tabela 12 ilustra uma simulação de vendas dos vegetais relativos ao primeiro ano de funcionamento do sistema proposto para a comunidade em estudo. Estão fixados os valores descritos nos materiais e métodos desta pesquisa.

Os resultados obtidos por meio da simulação demonstram valores totais de vendas dos vegetais para o primeiro ano do sistema. É possível observar que a partir do mês 6 todos os vegetais plantados estão proporcionando frutos no decorrer dos meses. Na Tabela 11 são apresentados altos valores de receita, o que sugere boa parte do pagamento de implementação do sistema aquapônico ainda no primeiro ano.

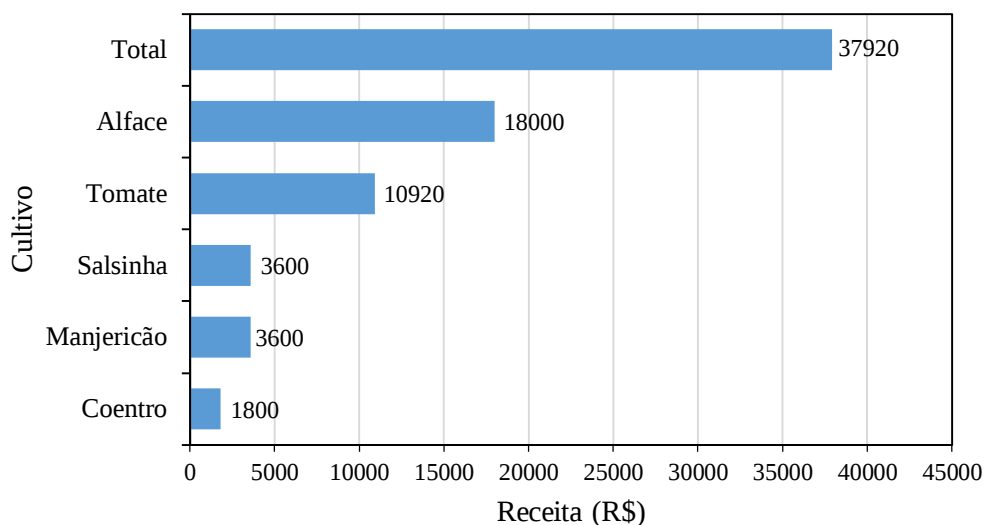
Tabela 12 - Simulação das vendas (em R\$) correspondentes ao primeiro ano do sistema

	Alface	Manjerição	Salsinha	Coentro	Tomate	Total
Mês 1	0	0	0	0	0	0
Mês 2	0	0	0	0	0	0
Mês 3	750	0	150	75	0	975
Mês 4	1125	240	180	90	0	1635
Mês 5	1500	120	225	112,5	0	1957,5
Mês 6	1500	240	300	150	210	2400
Mês 7	1500	240	300	150	210	2400
Mês 8	1500	360	300	150	840	3150
Mês 9	1500	240	300	150	1120	3310
Mês 10	1500	240	300	150	840	3030
Mês 11	1500	360	300	150	840	3150
Mês 12	1500	240	300	150	840	3030
Total	13875	2280	2655	1327,5	4900	25037,5

Fonte: Autoria própria (2019).

A Figura 14 simula os rendimentos dos anos seguintes ao primeiro ano de instalação do sistema aquapônico na comunidade Bom Fim. Destaca-se uma alta viabilidade para tal implantação, diante da receita que é adquirida. O valor anual simulado gira em torno de R\$ 37.920,00. É produzido através dessa simulação, R\$ 31,60 provenientes da venda de vegetais para cada quilo de peixe, o sistema Sparaneo descrito por Diver e Rinehart (2006), produzia em sua fazenda, entre 45 e 70 libras (R\$ 213,51 e R\$ 332,12) de produto por quilo de peixe, mas isso levava em conta o peixe colhido em um tempo aproximado de um ano

Figura 14 - Receita anual do sistema aquapônico a partir do segundo ano de funcionamento



Fonte: Autoria própria (2019).

A receita total estimada anualmente para a comunidade Bom Fim, representa ainda, um valor de aproximadamente R\$ 263,00 mensais para cada família residente. Comprovando, através das simulações realizadas, a capacidade de complemento de renda, para os moradores, por meio do sistema aquapônico dimensionado neste estudo.

Nesta pesquisa não foram levadas em conta as despesas fixas do sistema, como energia e ração de peixes, além de custos de manutenção. Sendo, portanto, realizada apenas uma avaliação técnica de implantação do sistema aquapônico para a comunidade.

O projeto em estudo é de conhecimento dos residentes da comunidade Bom Fim, que estariam dispostos a colaborar com a sua possível implementação.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O estudo de modos de produção de alimentos que visam a garantia de benefícios à saúde humana, assim como também objetivam a conciliação da pouca utilização de recursos hídricos, especialmente para regiões semiáridas e direcionados a populações que vivem em situações de vulnerabilidade, é de vital importância, tendo em vista as necessidades atuais referentes ao desenvolvimento sustentável e à realidade socioambiental que vivenciamos.

Através deste estudo, foi comprovada por meio de simulações realizadas, a viabilidade da implantação de um projeto aquapônico que visa o fornecimento de proteína a base de peixe para uma comunidade do semiárido nordestino, bem como, a geração de renda. Onde foi possível realizar estimativa de gastos de implantação do projeto, bem como, o seu pagamento quase que completo, ainda no primeiro ano de funcionamento. Podendo destacar alta capacidade de produções alimentícias em pequenos períodos, capazes de satisfazer a demanda de proteína da comunidade. Além de rendimento financeiro com capacidade de contribuição na renda de todas as famílias residentes na comunidade, a partir do segundo ano de funcionamento do sistema aquapônico.

O sistema aquapônico além de todos os seus benefícios, cumpre com os objetivos da ONU para o desenvolvimento sustentável (ODS), contribuindo aos objetivos 2, 3, 6, 12 e 15.

REFERÊNCIAS

ANA. **GEO Brasil recursos hídricos**: Componente da série de relatórios sobre o estado e perspectivas do meio ambiente no Brasil. Brasília: Agência Nacional de Águas (ANA), 2007. Disponível em: <<http://www.ceivap.org.br/estudos/Geo-Brasil-Recursos-Hidricos-Resumo-Executivo.pdf>>. Acesso em: 14 mai. 2019.

BACKYARD AQUAPONIC. **IBC of Aquaponics**. Backyard Aquaponics, Success Western, Austrália, 2011. Disponível em: <<http://www.backyardaquaponics.com/Travis/IBCOfAquaponics1.pdf>>. Acesso em: 09 mai. 2019.

BAILEY, Donald S.; FERRAREZI, Rhuanito S. **Valuation of vegetable crops produced in the UVI Commercial Aquaponic System**. Aquaculture Reports, v. 7, p. 77-82, 2017. Disponível em <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352513416301533>>. Acesso em: 26 jul. 2019.

BAVA, Silvio C. **Tecnologia social e desenvolvimento local**. Rio de Janeiro: 2004. FBB, p. 103-116. Disponível em: <<http://www.polis.org.br/uploads/1522/1522.pdf>>. Acesso em: 21 ago. 2019.

BELIK, Walter. **Perspectivas para segurança alimentar e nutricional no Brasil**. 2003. 12 f. Tese (Doutorado) - Curso de Economia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2003. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/sausoc/v12n1/04.pdf>>. Acesso em: 22 mai. 2019.

BOYD, Claude E.; TUCKER, Craig S.. **Pond aquaculture water quality management**. New York: Kluwer Academic Publishers, 1998. 700 p. Disponível em: <https://www.springer.com/productFlyer_978-0-412-07181-2.pdf?SGWID=0-0-1297-33278761-0>. Acesso em: 14 mai. 2019.

BRASIL, Food Ingredientes. **Proteínas do Peixe:** Propriedades funcionais das proteínas dos peixes. Revista Food Ingredients Brasil (FIB), nº 8. São Paulo: 2009. p. 23-32. Disponível em: <<http://www.revista-fi.com/materias/100.pdf>>. Acesso em: 14 jul. 2019

BRASIL, Instituto Trata. **Acesso à água nas regiões Norte e Nordeste do Brasil:** desafios e perspectivas. São Paulo: Instituto Trata Brasil, 2018. 187 p. Disponível em: <http://tratabrasil.org.br/images/estudos/acesso-agua/tratabrasil_relatorio_v3_A.pdf>. Acesso em: 14 mai. 2019.

BRASIL. **Plano Safra da Agricultura Familiar 2017/2020.** Ministério de desenvolvimento Agrário (MDA). 2017. Disponível em: <http://www.mda.gov.br/sitemda/sites/sitemda/files/user_img_1684/3Baixa_Cartilha_Plano_Safra_2017.pdf>. Acesso em: 14 jul. 2019.

BREGNBALLE, Jacob. **A Guide to Recirculation Aquaculture:** An introduction to the new environmentally friendly and highly productive closed fish farming systems. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), EUROFISH International Organisation: 2015. Disponível em: <<http://www.fao.org/3/a-i4626e.pdf>>. Acesso em: 21 jun. 2019.

CASTILHO, Ingrid. Brasil: **70% dos alimentos que vão à mesa dos brasileiros são da agricultura familiar.** Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento. Secretaria Especial de Agricultura Familiar e do Desenvolvimento Agrário. 2017. Disponível em: <<http://www.mda.gov.br/sitemda/noticias/brasil-70-dos-alimentos-que-v%C3%A3o-%C3%A0-mesa-dos-brasileiros-s%C3%A3o-da-agricultura-familiar>>. Acesso em: 14 jul. 2019.

CARNEIRO, Paulo César Falange et al. **Produção Integrada de peixes e vegetais em aquaponia.** Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2015. Disponível em: <<https://core.ac.uk/download/pdf/33891281.pdf>>. Acesso em: 04 mai. 2019.

CARRIJO, Osmar A.; MAKISHIMA, Nozomu. **Princípios de Hidroponia.** Brasília: Embrapa, Hortaliças, 2000. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/hortalicas/busca-de-publicacoes/-/publicacao/769981/principios-de-hidroponia>>. Acesso em: 04 mai. 2019.

CORREA, Bernardo Ramos Simões. **Aquaponia rural**. 2018. 70 f. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-Graduação em Meio Ambiente e Desenvolvimento Rural. Universidade de Brasília. Brasília, 2018. Disponível em: <<http://repositorio.unb.br/handle/10482/32828>>. Acesso em: 16 mai. 2019.

CUNNINGHAM, Louise. **Assessing the contribution of aquaculture to food security: A survey of methodologies**. Roma: Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), 2005. Disponível em: <<http://www.fao.org/3/a-y5898e.pdf>>. Acesso em: 06 jul. 2019.

DIVER, Steve; RINEHART, Lee (Ed.). **Aquaponics: Integration of Hydroponics with Aquaculture**. Ncat Agriculture Specialists, Fayetteville, v. 54, p.1-40, 2006. Disponível em: <<https://attra.ncat.org/attra-pub/viewhtml.php?id=56>>. Acesso em: 29 mai. 2019.

FAO. **The state of world fisheries and aquaculture 2018: Meeting the sustainable development goals**. Roma: Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), 2018. Disponível em: <<http://www.fao.org/3/CA0191EN/CA0191EN.pdf>>. Acesso em: 08 jun. 2019.

FAO; OPAS. **Panorama da Segurança Alimentar e Nutricional: América Latina e o Caribe - 2016. 2017**. Santiago: Organização das Nações Unidas Para a Alimentação e a Agricultura (FAO); Organização Pan-americana da Saúde (OPAS), 2017. Disponível em: <<http://www.fao.org/3/a-i6977o.pdf>>. Acesso em: 15 jul. 2019.

GIL, Antonio Carlos. **Como Elaborar Projetos de Pesquisa**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2002.

GLOBO RURAL. **Coentro: Saiba como plantar essa cultura fácil**. 2016. Disponível em: <<https://revistagloborural.globo.com/vida-na-fazenda/gr-responde/noticia/2016/04/orientacoes-para-facilitar-o-plantio-de-coentro.html>>. Acesso em: 09 ago. 2019.

GOMES JUNIOR, Newton Narciso. **Segurança alimentar e nutricional e necessidades humanas**. São Paulo: Editora Fundação Perseu Abramo, 2015. 199 p. Disponível em: <http://209.177.156.169/libreria_cm/archivos/pdf_1137.pdf>. Acesso em: 15 jul. 2019.

HELFRICH, Louis A.; LIBEY, George. **Fish farming in recirculating aquaculture systems (RAS)**. Department of Fisheries and Wildlife Sciences, Virginia Tech. Estados Unidos, 1991. Disponível em: <<http://fisheries.tamu.edu/files/2013/09/Fish-Farming-in-Recirculating-Aquaculture-Systems-RAS.pdf>>. Acesso em: 29 jun. 2019.

INMED. **Aquaponics Handbook: Guidance Manual for Aquaponic System Construction, Operation and Management**. Jamaica: INMED Partnerships for Children, 2017. Disponível em:<http://www.admireproject.org/-/media/Sites/ADMIRE/Country-briefs/Jamaica/Jamaica-Aquaponics-Handbook_ADMIRE_Aquaponics_Jamaica.ashx?la=da&hash=87E148D3D87C651EC5F8F4AC31C6E82EDF71CA00>. Acesso em: 12 jul. 2019.

KUBITZA, Fernando. **Sistemas de Recirculação: Sistemas fechados com tratamento e reuso de água**. Jundiaí: Panorama da aquicultura, Acqua e Imagem, v. 16, n. 95, maio 2006. Disponível em: <http://www.acquaimagem.com.br/docs/Pan95_Kubitza.pdf>. Acesso em: 24 mai. 2019.

KUBITZA, Fernando. **Qualidade da Água na Produção de Peixes**. Panorama da Aquicultura, São Paulo, v. 8, n. 47, p.35-43, jun. 1998. Disponível em: <http://www.acquaimagem.com.br/docs/Pan45_Kubitza.pdf>. Acesso em: 14 mai. 2019.

LANDAU, Elena Charlotte et al. **Concentração Geográfica da Agricultura Familiar No Brasil**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2013. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/965105/concentracao-geografica-da-agricultura-familiar-no-brasil>>. Acesso em: 14 jul. 2019.

LASTIRI, Daniel Reyes et al. **Model-based management strategy for resource efficient design and operation of an aquaponic system**. Aquacultural engineering, v. 83, p. 27-39, 2018. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0144860918300384>>. Acesso em: 26 jul. 2019.

MOURA, A. J. **A crise hídrica no Brasil: água como elemento raro e caro**. 2015. 14 f. Dissertação (Mestrado) – Curso de Água Fonte de Vida, Facimed, Brasil, 2015. Disponível em: <<http://www.facimed.edu.br/o/revista/pdfs/dce3ce60a047a950fe99e9fc44cc3a12.pdf>>.

Acesso em: 10 mai. 2019.

ONU. **Transformando nosso mundo: A agenda 2030 para o desenvolvimento sustentável**. 2015. Disponível em: <<https://nacoesunidas.org/pos2015/agenda2030/>>. Acesso em: 21 ago. 2019.

PATTILLO, D. Allen. An Overview of Aquaponic Systems: **Hydroponic Components**. Estados Unidos, Iowa State University Extension and Outreach. NCRAC - North Central Regional Aquaculture Center. Technical Bulletin Series n. 123. 2017. Disponível em: <https://www.ncrac.org/files/publication/aquaculture_components.pdf>. Acesso em: 26 jul. 2019.

RAKOCY, James E.; MASSER, Michael P.; LOSORDO, Thomas M. **Recirculating Aquaculture Tank Production Systems: Aquaponics - Integrating Fish and Plant Culture**. 454. ed. Estados Unidos: SRAC, 2006. Disponível em: <<http://pods.dasnr.okstate.edu/docushare/dsweb/Get/Document-10215/SRAC-454web.pdf>>. Acesso em: 20 mai. 2019.

REBOUÇAS, Aldo da C. **Água na região nordeste: desperdício e escassez**. SciELO, São Paulo, v. 11, n. 29, p. 127-130, 1997. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-40141997000100007>. Acesso em: 29 mai. 2019.

SEBRAE. **Aquicultura no Brasil: Séries e estudos mercadológicos**. Brasília: Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas – Sebrae, 2015. Disponível em: <[http://www.bibliotecas.sebrae.com.br/chronus/ARQUIVOS_CHRONUS/bds/bds.nsf/4b14e85d5844cc99cb32040a4980779f/\\$File/5403.pdf](http://www.bibliotecas.sebrae.com.br/chronus/ARQUIVOS_CHRONUS/bds/bds.nsf/4b14e85d5844cc99cb32040a4980779f/$File/5403.pdf)>. Acesso em: 29 mai. 2019.

SEYFFARTH, Anelena Soccal et al. **Manual de Nutrição: Profissional da Saúde**. Brasília: Departamento de Nutrição e Metabologia da Sbd, 2009. 60 p. Disponível em:

<<https://www.diabetes.org.br/profissionais/images/pdf/manual-nutricao.pdf>>. Acesso em: 03 jul. 2019.

SIQUEIRA, Priscila Kohiyama de Matos Silva, et al. **Sistemas de aquaponia acionados por energias limpas**: uma combinação sustentável. Revista Educação ambiente em ação, No 64. Maringá: 2018. Disponível em: <<http://revistaea.org/artigo.php?idartigo=3220>>. Acesso em: 26 jul 2019.

SMALL Scale Aquaponics: Training manual. Addis Ababa, Ethiopia: 2014. Disponível em: <<http://aquaponicsethiopia.com/wp-content/uploads/2017/12/Aquaponics-manual-EN.pdf>>. Acesso: 13 jul. 2019.

SOMERVILLE, Christopher et al. **Small-scale aquaponic food production**: Integrated fish and plant farming. n. 589. Roma: Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), 2014. Disponível em: <<http://www.fao.org/3/a-i4021e.pdf>>. Acesso em: 04 mai. 2019.

SOUZA NETO, O. N. et al. **Cultivo hidropônico de coentro com uso de rejeito salino**. Irriga, v. 18, n. 4, p. 624-634, 2013. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/269691987_CULTIVO_HIDROPONICO_DE_COENTRO_COM_USO_DE_REJEITO_SALINO>. Acesso em: 09 ago. 2019.

YEP, Brandon; Zheng, Youbin. **Aquaponic trends and challenges**: A review. Journal of Cleaner Production. Vol. 228. 2019. p. 1586-1599. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652619313812>>. Acesso em: 26 jul 2019.