



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ESTUDOS ANTRÓPICOS NA AMAZÔNIA

CARLA DA SILVA PAULA

AQUAPONIA: uma ferramenta didática de ensino no IFPA-Santarém, Brasil.

CASTANHAL-PA
2020

CARLA DA SILVA PAULA

AQUAPONIA: uma ferramenta didática de ensino no IFPA-Santarém, Brasil.

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Estudos Antrópicos na Amazônia da Universidade Federal do Pará, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Estudos Antrópicos na Amazônia.

Linha de Pesquisa: Ambientes, Saúde e Práticas Culturais.

Orientador (a): Prof. Dra. Roberta Sá Leitão Barboza

Co Orientador: Prof. Dr. Luiz Rocha da Silva

CASTANHAL-PA
2020

CARLA DA SILVA PAULA

AQUAPONIA: uma ferramenta didática de ensino no IFPA-Santarém, Brasil.

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Estudos Antrópicos na Amazônia da Universidade Federal do Pará, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Estudos Antrópicos na Amazônia.

Linha de Pesquisa: Ambientes, Saúde e Práticas Culturais.

DATA DA AVALIAÇÃO: ___/___/___

CONCEITO: _____

BANCA EXAMINADORA:

Profa. Dr^a. Roberta Sá Leitão Barboza
(Orientadora PPGEAA-UFPA)

Profa. Dr^a Joana D'arc Vasconcelos Neves
(Membro UFPA-Bragança)

Prof. Dr. João Manoel da Silva Malheiro
(Membro PPGEAA-UFPA)

Profa. Dr^a. Janice Muriel Fernandes Lima da
(Membro PPGEAA-UFPA)

CASTANHAL-PA
2020

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) de acordo com ISBD
Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal do Pará
Gerada automaticamente pelo módulo Ficat, mediante os dados fornecidos pelo(a)
autor(a)**

P324a Paula, Carla da Silva
AQUAPONIA: uma ferramenta didática de ensino no
IFPA-Santarém, Brasil. / Carla da Silva Paula. — 2020.
76 f. : il. color.

Orientador(a): Prof^a. Dra. Roberta Sá Leitão Barbosa
Coorientador(a): Prof. Dr. Luiz Rocha da Silva
Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em
Estudos Antrópicos na Amazônia, Campus Universitário de
Castanhal, Universidade Federal do Pará, Castanhal, 2020.

1. Educação. 2. Aquaponia. 3. Ferramentas
Educativas. 4. Interdisciplinaridade. I. Título.

CDD 370.78

Aos meus pais por todo apoio, ao meu esposo por ser um companheiro maravilhoso e aos meus queridos Ted, Princesa, Jacke, Catita, Calvin e Mel, por serem meus antidepressivos diários me dando amor e carinho sem pedir nada em troca. Amos vocês.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, quero agradecer a Deus por ter me dado forças para concluir mais esta etapa em minha vida, a Nossa Senhora da Conceição por ter intercedido por mim junto ao seu filho.

Aos meus pais Assis e Deusa, por deixarem para mim a herança mais preciosa que um pai pode deixar para um filho que é uma educação de qualidade sempre pautada no respeito ao próximo. Nunca vou ter como retribuir tanto carinho e dedicação de vocês para comigo.

Ao meu esposo, por ser um companheiro maravilhoso e que me incentiva diariamente a sempre querer mais e ir atrás de coisas melhores e boa para o meu crescimento profissional, além de ser a pessoa que aguenta diariamente meus constantes devaneios e alterações de humor.

Aos meus avôs Waldery e Maria (*in memoriam*), que apesar de pouco estudo sempre valorizaram e priorizaram a educação como o único meio de melhorar a vida e conquistar as coisas de forma honesta. Saudades de vocês!

Aos meus irmãos Caroline, Camila e Cristiano, que mesmo distantes sempre me mandaram mensagens de apoio. Amo vocês!

Aos meus sobrinhos, que são meu coração fora do peito, assim como eu os incentivo a estudar, eles me incentivam a aprender ainda mais.

Aos meus tios Luiz e Ângela, por terem me dado abrigo nesse período do mestrado, sempre com muito carinho e muita receptividade.

A minha orientadora Prof. Dr^a Roberta Sá, por ter me dado liberdade em minha pesquisa e sempre estar presente quando precisei ser orientada, ela o fez brilhantemente. Muito obrigada, me sinto privilegiada de ter sido orientada por você.

Agradeço também ao Prof. Msc. Carlos Mikael do IFPA- Santarém, que me ajudou no desenvolvimento desta pesquisa me auxiliando e me guiando em diversas etapas importantes para que este trabalho pudesse ser desenvolvido de forma organizada e eficiente.

Aos Professores Drs. Janice Muriel, Joana D'arc e João Malheiro por aceitarem participar da banca de avaliação desta dissertação agregando mais valor a este trabalho e me dando conselhos pertinentes que foram muito importantes para compor esta pesquisa.

Por fim e não menos importantes, aos meus queridos filhos, Ted, Princesa, Calvin, Jacke, Mel e Catita, vocês foram e são os meus antidepressivos diários, sem o amor incondicional de vocês essa jornada teria sido muito mais difícil.

“Não há saber mais ou saber menos: há saberes diferentes.”

(FREIRE, 1987, p.68)

RESUMO

A aquaponia tem ganhado destaque como importante tecnologia sustentável agroalimentar, esse sistema incorpora ao mesmo tempo a produção de plantas e peixes numa relação simbiótica entre estes dois componentes e os microrganismos presentes no ambiente onde os nutrientes residuais do cultivo de peixes são modificados pelas bactérias em substâncias que podem ser absorvidos pelas plantas favorecendo o seu desenvolvimento. Assim, o uso da aquaponia durante as aulas incorpora o conhecimento de uma variedade de assuntos da biologia, física, matemática, agricultura, saneamento, engenharia, tecnologia e nutrição. Este trabalho teve como objetivo compreender como o uso de um sistema sustentável de aquaponia pode contribuir enquanto ferramenta de ensino nas práticas didáticas de docentes do IFPA – Campus Santarém. Para alcançar os objetivos propostos nesta pesquisa usamos como metodologia um questionário semiestruturado com questões abertas e fechadas, análise das ementas das disciplinas, além de uma revisão bibliográfica sobre o assunto. O público alvo desta pesquisa foram nove docentes do IFPA-Campus Santarém que tiveram algumas de suas atividades teóricas ou práticas utilizando o sistema de aquaponia como ferramenta de ensino. A análise dos dados nos permitiu perceber que o uso da aquaponia proporciona aos professores uma dinâmica de ensino mais enriquecedora, capaz de unir prática e teoria de forma interdisciplinar, mesmo que esta ocorra de forma pouco intensa, os professores apontaram para a importância do uso de tecnologias sustentáveis na formação profissional, destacando o uso da aquaponia como aliada positiva no enriquecimento da formação dos alunos do ensino integrado.

Palavras-chave: Aquaponia. Práticas pedagógicas. Ferramentas educacionais. Interdisciplinar.

ABSTRACT

Aquaponics has gained prominence as an important sustainable agrifood technology, this system incorporates both the production of plants and fish in a symbiotic relationship between these two components and the microorganisms present in the environment where the residual nutrients from fish farming are modified by bacteria into substances that can be absorbed by plants favoring their development. Thus, the use of aquaponics during classes incorporates knowledge of a variety of subjects from biology, physics, mathematics, agriculture, sanitation, engineering, technology and nutrition. This work aims to understand how the use of a sustainable aquaponics system can contribute as a teaching tool in the teaching practices of teachers at IFPA - Campus Santarém. To achieve the objectives proposed in this research, we used as methodology a semi-structured questionnaire with open and closed questions, analysis of the subjects' menus, in addition to a bibliographic review on the subject. The target audience of this research were nine professors from the IFPA-Campus Santarém who had some of their theoretical or practical activities using the aquaponics system as a teaching tool. The analysis of the data allowed us to realize that the use of aquaponics provides teachers with a more enriching teaching dynamic, capable of uniting practice and theory in an interdisciplinary way, even if it occurs in a less intense way, teachers pointed out the importance of using sustainable technologies in vocational training, highlighting the use of aquaponics as a positive ally in enriching the training of students in integrated education.

Keywords: Aquaponics. Pedagogical practices. Educational tools. Interdisciplinary.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1:"Chinampas" sistema Aztecas de cultivo de plantas com peixes em lagos e pântanos.....	24
Figura 2: Interação entre os componentes biológicos de um sistema aquapônico. ..	26
Figura 3: a) Sistema de aquaponia simples com filtragem direto nas calhas de produção hidropônica. b) Sistema aquapônico com filtragem mecânica e biológica.	26
Figura 4: Mapa de localização do IFPA-Santarém	30
Figura 5: Desenho esquemático em AutoCAD 3D do sistema de aquaponia instalado no IFPA-Campus Santarém.	33
Figura 6: Sistema aquapônico de médio porte instalado no IFPA-Santarém, layout 2019.	34

LISTA DE TABELAS

Quadro 1: Vantagens e desvantagens da Aquaponia.....	27
Quadro 2: Descrição do público alvo da pesquisa.	32
Quadro 3: Relação de como os professores chegaram ao conhecimento do sistema de aquaponia.....	37
Quadro 4: Respostas dos docentes sobre o porquê optaram por utilizar a aquaponia como ferramenta didática de ensino.	38
Quadro 5: Reação de disciplinas ministradas pelos professores utilizando o sistema aquapônico como ferramenta didática de ensino.	39
Quadro 6: Resposta dos professores em relação a utilização do sistema de aquaponia durante as aulas.	41
Quadro 7: Relação entre o sistema de aquaponia e as disciplinas lecionadas pelos professores.....	43
Quadro 8: Atividades que os professores consideram mais apropriados para utilizar o sistema de aquaponia.	44
Quadro 9: Disciplinas ministradas pelos docentes do campus IFPA-Santarém com suas respectivas ementas e a relação dos assuntos que podem ser tratados nestas disciplinas através da aquaponia.	50

LISTA DE SIGLAS

Auto CAD	Computer Aided Design
FAO	Food and Agriculture Organization of The United Nations
IFs	Institutos Federais
IFPA	Instituto Federal do Pará
pH	Potencial Hidrogeniônico
pOH	Potencial Hidroxiliônico
UNESCO	Organização das Nações Unidas para a Educação

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	14
2 SUSTENTABILIDADE COMO CONTEÚDO INTERDISCIPLINAR NA EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA	18
2.1. Ferramentas educacionais	20
2.2 Práticas pedagógicas no ensino profissionalizante	21
2.3 Aquaponia: um sistema sustentável	23
3 OBJETIVOS	29
3.1 Geral	29
3.2 Específicos	29
4 O PERCURSO METODOLÓGICO DA PESQUISA	30
4.1 <i>Lócus</i> da pesquisa	30
4.3 Etapas da pesquisa	32
4.4 Análise dos dados	35
5 RESULTADO E DISCUSSÃO	37
5.1 Aquaponia enquanto ferramenta de ensino	37
5.2 Importância da aquaponia para a formação profissional	45
5.3 Proposta de atividades utilizando o sistema aquapônico	49
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS	53
APÊNDICE	61
ANEXOS	66

1 INTRODUÇÃO

A sociedade ainda cultiva um pensamento predominantemente antropocêntrico, que se baseia em modelos de exploração e produção em detrimento da manutenção racional dos recursos naturais (DA SILVA; REIS; AMÂNCIO, 2011). Os padrões de desenvolvimento e consumo excessivo, sob a lógica capitalista, têm contribuído cada vez mais para o acirramento de um grave desequilíbrio nas relações entre sociedade e natureza (MARQUES; KLEIMAN, 2017). Este cenário conflituoso, que tem se intensificado ao longo das últimas décadas, exige e produz questionamentos, reflexões e a proposição de novos caminhos para a construção de estratégias, ferramentas e tecnologias frente às problemáticas socioambientais.

Ponderamos que a existência de modelos alternativos de produção exige a elaboração e execução de tecnologias e estratégias multidisciplinares para a potencialização de mudanças nos padrões de desenvolvimento, produção e consumo. O último relatório da FAO sobre “O Estado da Segurança Alimentar e Nutrição Mundial 2019”, sinaliza para os desafios de combate à fome, insegurança alimentar e desnutrição em todas as suas formas, ressaltando que os países quando em situação de crise econômica põe em risco a saúde de sua população. Desta forma, o planejamento e implementação de quaisquer alternativas para superação destes desafios, dependem fundamentalmente da inclusão coletiva da natureza sistemática das crises em espaços de discussão que envolvam a formação humana na perspectiva de uma educação transformadora.

As causas elementares dos problemas antrópicos em relação ao meio ambiente estão associadas em sobremaneira à falta de acesso à educação, aumento da pobreza, deterioração da condição humana e ambiental (MARQUES; KLEIMAN, 2017), além de aspectos relacionados à cultura dominante na produção de bens e consumo, a qual baseia-se na superprodução e superconsumo para uma pequena parcela da população, e, em adversidade, pautada na fome e subconsumo da grande maioria de indivíduos (DE MOURA CARVALHO, 2017). Para Gomes (2006) o consumo irracional e concomitante degradação dos recursos naturais associados aos modelos de produção capitalistas, acirram ainda mais a urgência em se avançar na

construção de novos padrões de desenvolvimento, que visem a garantia da manutenção do meio ambiente e condições de vida para a atual e próximas gerações.

Para além da simplicidade dos debates, pautas e discursos, a Educação deve ser considerada elemento central e integrante na reflexão de novos rumos para o desenvolvimento sustentável no nível local, regional, nacional e mundial. A Educação é apontada como mecanismo fundamental para a conquista de um mundo mais sustentável desde a Conferência Rio 92 (GADOTTI, 2008). A necessidade de uma educação para o desenvolvimento sustentável é vista como elemento central no alcance dos dezessete Objetivos do Desenvolvimento Sustentável até 2030, estabelecendo a educação como ponto central de alcance desses objetivos (OKADO; QUINELLI, 2016).

Ressaltando a importância de uma educação transformadora e para o desenvolvimento sustentável, os autores Pereira, Bittar e Grigoli (2015) lembram que esta possui um papel importante na formação de cidadãos mais críticos e capazes de atuar individual e coletivamente na busca por soluções ante aos diferentes contextos e conflitos na atual sociedade da informação. Quer dizer, a educação se constitui em eixo central para suscitar o avanço na compreensão das problemáticas atuais e assim definir novas estratégias para a mitigação e desenvolvimento de tecnologias, ações e processos inovadores e sustentáveis ambientalmente, socialmente e economicamente.

Ademais, é importante considerar que a busca por alternativas que aperfeiçoem a educação como ação integradora para a sustentabilidade torna-se uma necessidade urgente, pois à medida que novas gerações se formam em modelos educacionais rígidos e ultrapassados, questões reais como aquecimento global, mudanças climáticas e diminuição da biodiversidade ocorrem de forma mais acentuada e sem soluções significativas.

Fernandes, Hoepers e Albuquerque (2014) salientam a importância do professor como figura fundamental na missão instigante e árdua que é a educação para o desenvolvimento sustentável. Este tipo de educação, segundo Gadotti (2013) deve estimular os alunos por meio da reflexão das problemáticas socioambientais e

de práticas sustentáveis a uma formação que permita um novo modo de pensar e agir na relação com a natureza.

Assim, novas práticas e ferramentas didáticas tornam-se relevantes como fio condutor para inserir discussões sobre sustentabilidade nos diferentes níveis de formação. O uso do potencial didático da Aquaponia em instituições de ensino pode colaborar no desenvolvimento dessas práticas, despertando nos alunos o interesse por questões ambientais que estimulem posturas mais sensíveis às problemáticas socioambientais.

A Aquaponia é um sistema de produção que integra ao mesmo tempo a produção de peixes e hortaliças de forma simbiótica (DIVER; RINEHART, 2000; HART; WEBB; DANYLCHUK, 2013; RAKOCY, 2012). De acordo com Souza *et al.* (2019) a aquaponia vem sendo empregada como laboratório em circunstâncias onde os professores inserem práticas de ensino de forma interdisciplinar e fora da sala de aula, de maneira a tornar as aulas mais estimulantes e interessantes aos alunos.

A Aquaponia no desenvolvimento de práticas pedagógicas, além de ser um sistema agroecológico¹, preconiza a inclusão da teoria e da prática da pesquisa nos processos de formação educativa do indivíduo, promovendo a sustentabilidade, oferecendo alimentos orgânicos, baixo consumo de água e, portanto, baixo impacto ambiental. É considerada uma ferramenta metodológica de ensino apropriada para todas as faixas etárias desde o ensino infantil até o superior (HART; WEBB; DANYLCHUK, 2013; MAUCIERI *et al.*, 2018). Professores podem utilizar os conceitos técnicos da aquaponia para otimizar o aprendizado de seus alunos, como destacam Carneiro *et al.* (2015) sistemas simples e pequenos de aquaponia são ferramentas de ensino muito eficientes na assimilação de temas da matemática, biologia, sustentabilidade, física, química, engenharia e economia.

¹ Trata-se de uma nova abordagem que integra os princípios agrônômicos, ecológicos e socioeconômicos à compreensão e avaliação do efeito das tecnologias sobre os sistemas agrícolas e a sociedade como um todo. Ela utiliza os agroecossistemas como unidade de estudo, ultrapassando a visão unidimensional – genética, agronomia, edafologia – incluindo dimensões ecológicas, sociais e culturais. Uma abordagem agroecológica incentiva os pesquisadores a penetrar no conhecimento e nas técnicas dos agricultores e a desenvolver agroecossistemas com uma dependência mínima de insumos agroquímicos e energéticos externos (ALTIERI, 1998).

Para Aguiar *et al.* (2018), ferramentas educacionais são recursos em diversas configurações, linguagens e formatos, que tem como princípio intervir e melhorar o processo de ensino e de aprendizagem. No entanto, uma série de fatores para se obter êxito no uso de ferramentas educacionais devem ser levados em consideração principalmente em relação as didáticas docentes. É neste contexto, de construção de ferramentas educacionais na mediação de saberes, que este trabalho apresenta o potencial educativo da aquaponia como instrumento para a promoção de uma educação para a sustentabilidade.

Assim, a proposta desta pesquisa foi avaliar o potencial da Aquaponia como ferramenta de ensino na concepção dos docentes do Instituto Federal do Pará campus Santarém. Para isso, realizamos uma análise das opiniões dos professores dessa Instituição Federal após utilizarem a Aquaponia em suas aulas teóricas e práticas.

Para efeito de estruturação do presente estudo, este foi dividido em seções. A primeira, Introdução, buscou registrar alguns referenciais considerados importantes para contextualizar a necessidade de ferramentas na educação e evidenciar o tema tratado, o problema e o objetivo da pesquisa, além da relevância do presente estudo.

A segunda seção aborda questões relativas ao contexto histórico da aquaponia, sua importância para a educação e sustentabilidade, funcionamento do sistema aquapônico, ferramentas educacionais, além de tratar da prática educativa interdisciplinar nos Institutos Federais, oferecendo subsídios para a discussão dos resultados desta pesquisa.

A terceira seção apresenta os objetivos do referido estudo. A quarta seção abrange o percurso metodológico percorrido, descrevendo o lócus, sujeitos e etapas de coleta e análise dos dados da pesquisa. A quinta seção traz os resultados e discussões acerca da opinião dos professores em relação a aquaponia enquanto ferramenta de ensino.

Por fim, na sexta seção apresentamos as considerações finais, correspondentes aos objetivos da pesquisa, com uma síntese dos principais resultados alcançados na investigação e as pretensas contribuições trazidas pelo estudo.

2 SUSTENTABILIDADE COMO CONTEÚDO INTERDISCIPLINAR NA EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA.

Muito já se discutiu acerca da interdisciplinaridade, no entanto, ainda não existe um conceito totalizador sobre o assunto. Para Japiassu (1976) e Fazenda (1979) a interdisciplinaridade é vista como alternativa para o problema da disciplinaridade, que é considerada conforme estes dois autores como uma doença a ser superada através da prática interdisciplinar.

A inserção da interdisciplinaridade no ensino ainda é desafiadora para a maioria dos professores, seja por falta de uma melhor compreensão da abordagem interdisciplinar desde a sua formação acadêmica, seja pela dificuldade de encontrar meios de interagir com outras áreas do conhecimento ou até mesmo com colegas de profissão.

Para Garcia (2012) há uma variedade de conceitos atribuídos a interdisciplinaridade o que acaba interferindo as práticas pedagógicas, trazendo um desafio para educadores e tornando seu entendimento e aplicabilidade pouco eficientes. O autor ressalta que isso se deve pela falta de cuidado em tratar o tema, dando a ele diversos conceitos e não valorizando seu contexto histórico.

O conceito de interdisciplinaridade passou a ser discutido no Brasil em meados da década de 1970 com dois autores em destaque, Hilton Japiassu (1976) em seu livro “Patologia do Saber” e Ivani Fazenda (1979) em “Integração ou Interdisciplinaridade no Ensino Brasileiro: Efetividade ou Ideologia?”. Japiassu em seu livro discute a temática da interdisciplinaridade de uma perspectiva voltada ao ensino universitário, enquanto Fazenda trata em sua obra a interdisciplinaridade na educação básica.

No Brasil, a interdisciplinaridade aparece de fato na década 90 com a proposta das novas Diretrizes Curriculares criada pelo governo federal, tornando-se assim indispensável para a Educação Básica no país (BRASIL,1996).

Fazenda (2002) questiona se essa interdisciplinaridade realmente existe e se ela é posta em prática nas escolas brasileiras. A autora discute a complexidade de se exercer a interdisciplinaridade pelos docentes tendo por base a sua formação

deficitária sobre o tema ainda na academia e destaca a dificuldade de se implementar esta metodologia, visto que “[...] o rito das cabeças deformadas pelo acúmulo de conteúdos ainda impera [...]” (FAZENDA, 2006, p. 9), mesmo o Brasil sendo um ponto de referência no assunto reconhecido pela UNESCO (FAZENDA, 2011). Fazenda (2011, p. 21) explica ainda que “[...] para viver a interdisciplinaridade é necessário, antes de mais nada, conhecê-la, em seguida pesquisá-la, posteriormente, definir o que por ela se pretende, respeitando as diferenças entre uma formação pela ou para a interdisciplinaridade.”

De acordo com Santos (2007), a interdisciplinaridade propicia a renovação de uma organização curricular fragmentada, de réplica e de desigualdade entre saberes de igual relevância, ultrapassando barreiras para a formação científica e tecnológica. O autor lembra que a qualificação do educador é importante fator neste processo de mudança para o êxito de sistemas de ensino que ofertam o curso médio e técnico integrado ao médio, evidenciando a interdisciplinaridade como um forte aliado.

Outro argumento importante para a implementação da interdisciplinaridade, além dos já ressaltados é a sua capacidade de unir as ciências humanas, exatas, literatura, artes, quebrando paradigmas entre mitos e religiões e outros temas afins, em que a discussão entre as disciplinas produz uma nova visão da natureza e da realidade.

Questões científico-tecnológicas podem ser estudadas através da intersecção das ciências naturais e humanas, abrangendo os problemas socioambientais como a sustentabilidade, desenvolvendo a capacidade do aluno em avaliar riscos das tecnologias sobre a vida humana e o ambiente natural (HARTMANN; ZIMMERMANN, 2007).

De tal forma, considerando os desafios de se desenvolver a sustentabilidade como conteúdo interdisciplinar, no âmbito institucional do docente e do discente, o uso de ferramentas que atuem diretamente nessas questões é fundamental para facilitar a compreensão do sentido da palavra sustentabilidade e da sua importância como eixo para ordem econômica e social de um país (COELHO; DE ARAÚJO, 2019).

Tratar a sustentabilidade de uma perspectiva interdisciplinar, tornou-se necessário, visto que existe uma complexidade para se debater um tema tão atual e

sofisticado, que apenas as discussões disciplinares não dariam conta de abordá-lo (BODNAR; DE FREITAS; SILVA, 2016).

Leff (2011) explica que a interdisciplinaridade veio com a finalidade mudar a formação profissional através de um pensamento capaz de solucionar os problemas complexos gerados pela sociedade capitalista dominante. Não obstante a isso o autor traz a necessidade de se “[...] construir uma tecnologia interdisciplinar orientada por um único objetivo prático, comum a diferentes campos do saber.” (LEFF, 2011, p. 181). Isso se constituiu em um projeto oposto à produtividade de tecnologias voltadas ao mercado unicamente para atender demandas de consumo, fundamentado em uma racionalidade ambiental².

Com isso, podemos estabelecer que discutir temáticas ambientais como a sustentabilidade de forma interdisciplinar, trata-se de um recurso de reestruturação social através de uma transformação do conhecimento ambiental (LEFF, 2011), sendo necessário em todos os campos de construção do saber.

2.1. Ferramentas educacionais

A aprendizagem é um processo dinâmico, não podendo ser reduzido a um ambiente onde o professor expõe um conteúdo e o aluno apenas assimila e o reproduz (RODRIGUES *et al.*, 2019). Para acompanhar os avanços na educação faz-se necessário o uso de ferramentas e recursos didáticos que possibilitem práticas relevantes no desenvolvimento de conhecimento e saberes (OLIVEIRA; PEREIRA; JÚNIOR, 2018).

A presença das ferramentas educacionais deve servir para o enriquecimento do ambiente educacional, possibilitando a construção do conhecimento através de uma ação crítica por parte de alunos e professores (SEEGGER; CANES; GARCIA, 2012).

Assim como as tecnologias, a educação necessita de renovação constante de suas práticas metodológicas, com isso Rodrigues *et al.* (2019) afirmam que o

² A racionalidade ambiental parte de uma constatação: a causa fundamental da crise ambiental, da degradação ecológica e do aquecimento global, é o processo econômico que atua como motor gerador de entropia, que acelera a morte do Planeta. Além disso, não é possível decrescer mantendo a mesma estrutura da economia, que impulsiona estar a continuar crescendo, incrementando seu consumo entrópico da natureza e destruindo as bases de sustentabilidade da própria economia e da própria vida (LEFF, 2009, p. 1).

professor deve se manter sempre atualizado e acompanhando os avanços tecnológicos, tendo em vista que isso prepara o educando para a vida e não somente para realizar provas ou atividades escolares.

A utilização de ferramentas de ensino tem como objetivo facilitar a interação entre as disciplinas, trazendo a frente práticas pedagógicas diferenciadas e relevantes para o ambiente social dos estudantes (SOUZA, 2018). As ferramentas de ensino devem ser vistas como facilitadoras do ensino, devendo ser encaradas como auxiliares nas práticas pedagógicas dos professores, atentando sempre para que estas não sejam totalmente definidas como fórmulas únicas do ensino de determinados assuntos.

Dito isso, Lobo e Maia (2015) ressaltam que atualmente não se discute se a escola deve ou não se apropriar de uma tecnologia como ferramenta de ensino, a questão a ser discutida é como utilizar essas novas ferramentas de forma apropriada e proveitosa.

2.2 Práticas pedagógicas no ensino profissionalizante

Uma das funções de qualquer ensino profissionalizante, seja técnico ou superior, é oferecer um ambiente educacional que proporcione ao aluno ter pleno conhecimento de suas futuras condições de trabalho. Assim, torna-se necessário uma constante avaliação e adequação dos métodos de ensino de forma a preparar o futuro profissional para as experiências de um mercado de trabalho cada vez mais exigente e complexo (GEDRAITE *et al.*, 2000).

No ano de 2008, a Lei Federal nº 11.892, que criou a Rede Federal de Educação Profissional, Científica e Tecnológica do Brasil, estabeleceu no país os Institutos Federais de Educação, Ciência e Tecnologia, modificando suas atividades de ensino, os quais passaram a usar a pesquisa como princípio educativo e científico, além da extensão como forma de inserir a sociedade nas ações escolares.

Os Institutos Federais tem como proposta pedagógica a busca por um ensino pautado nas demandas sociais, econômicas e culturais, transpondo-se as questões culturais e de preservação ambiental, sempre seguidos de ética, responsabilidade e cuidado (PACHECO, 2010).

Para De Lima Araujo e Frigotto (2015) o ensino integrado não é um ensino apenas formador de profissionais técnicos, é também:

[...] um projeto que traz um conteúdo político-pedagógico engajado, comprometido com o desenvolvimento de ações formativas integradoras (em oposição às práticas fragmentadas do saber), capazes de promover autonomia e ampliar os horizontes (a liberdade) dos sujeitos das práticas pedagógicas, professores e alunos, principalmente. (DE LIMA ARAUJO; FRIGOTTO, 2015, p. 63).

Consideramos que o ensino técnico deixou de ser mecanicista, e passou a ser mais focado na compreensão da realidade social de cada sujeito envolvido nesta modalidade de educação, deixando de ser uma proposta de ensino vazia (DE LIMA ARAUJO; FRIGOTTO, 2015).

No tocante a isso, a formação dos professores e suas práticas pedagógicas são tidas como importante na relação ensino e aprendizagem, neste sentido Lemos, (2011) enfatiza que o professor deve estar sempre se reciclando e repensando constantemente sua prática docente, superando o ensino meramente reprodutor de ideias. As práticas pedagógicas devem despertar os professores para a necessidade de renovação do ensino e a aprendizagem, procurando vencer os paradigmas da educação conservadora, despertando a criatividade dos alunos.

Behrens e Rodrigues (2014) avaliam que mesmo com o passar dos anos e com as mudanças no sistema educacional, muitas práticas pedagógicas ainda são voltadas ao reducionismo e a falta de pensamento crítico do indivíduo. De acordo com estes autores o homem tornou o conhecimento tão fragmentado que foi se isolando cada vez mais da natureza e do conhecimento tradicional e/ou popular.

Essa forma de ver o mundo recorre diretamente na educação, para Behrens; Carpim (2013)

A visão fragmentada levou os professores e alunos a processos que se restringem à reprodução do conhecimento. As metodologias utilizadas pelos docentes têm estado assentadas na reprodução do conhecimento, na cópia e na imitação. A ênfase do processo pedagógico recai no produto, no resultado, na memorização do conteúdo, restringindo-se em cumprir tarefas repetitivas que, muitas vezes, não apresenta sentido ou significado para quem as realiza (BEHRENS; CARPIM, 2013, p. 23).

A ênfase desse tipo de educação está apenas no ensinar e não em aprender. Nessa perspectiva, o ensino tecnicista abordado por Behrens e Carpim (2013)

inspirou-se na racionalidade, em uma metodologia de siga o modelo e reproduza de maneira eficaz, nesse tipo de educação o que importa é o produto. Contudo, a educação atual não tolera mais essa forma de ensinar, atualmente os indivíduos já não pertencem ao modelo leia, escute, decore e repita (BEHRENS, 1999). Para que isso mude, o aluno deve ter autonomia crítica para aprender a produzir conhecimento.

As práticas pedagógicas devem tornar o aluno o protagonista, atentos a isso os professores devem buscar metodologias em que o estudante tenha condições de aprender fazendo. Uma das abordagens utilizadas nas escolas atualmente é o ensino por investigação atreladas a situações-problemas, que abre espaço para o debate, argumentação, negociação, além do desenvolvimento de estratégias pelos alunos juntamente com o professor para solucionar problemas propostos (BORGES, 2002). Essa metodologia de ensino desenvolve o pensamento crítico e científico dos estudantes (BACICH; MORAN, 2018).

Para Delizoicov, Angotti e Pernambuco (2002) a problematização pretende desafiar os alunos a expor seus conhecimentos preexistentes além de reflexões sobre a temática estudada, permitindo que o aluno sinta a necessidade de adquirir o conhecimento para solucionar o problema.

Outra abordagem de ensino descrita por Bacich e Moran (2018) é a aprendizagem baseada em projetos, nesse tipo de aprendizagem os alunos são envolvidos em tarefas e desafios para resolver um problema ou desenvolver um projeto que tenha relação com sua vida real, fora da sala de aula. Neste tipo de ensino se prioriza o trabalho interdisciplinar, a tomada de decisões e saber trabalhar sozinho e em grupo.

Desse modo Leonor, Leite e Amado (2013) enfatizam a importância das práticas de ensino para melhorar a abordagem no ensino e aprendizagem do estudante.

2.3 Aquaponia: um sistema sustentável

O termo aquaponia vem do latim onde *aqua* quer dizer água, e *ponos*, trabalho, é um sistema que interage entre dois modos de produção, a hidroponia e aquicultura em um ciclo fechado de recirculação de água (DIVER; RINEHART, 2000; HUNDLEY; NAVARRO, 2013; RAKOCY, 2012). O sistema produz ao mesmo tempo plantas que

podem ser comestíveis ou ornamentais, juntamente com a produção de organismos aquáticos como peixes ou crustáceos (HUNDLEY; NAVARRO, 2013). Nesse sistema, além do baixo consumo de água existe o aproveitamento dos nutrientes provenientes dos tanques de aquicultura na produção hidropônica o que retira a necessidade de adição de componentes externos, tornando a produção completamente orgânica, em virtude disso, a aquaponia é considerada uma tecnologia sustentável crescente pelo mundo (JUNGE *et al.*, 2019).

Embora pouco difundida no Brasil, a aquaponia surgiu a milhares de anos, por volta de 1400 D.C, ficando atribuída aos povos Aztecas suas primeiras formações conhecidas como “chinampas” (CORRÊA, 2018). As “chinampas” eram ilhas artificiais construídas em pântanos e lagos rasos onde eram cultivados normalmente milho, abóbora, entre outras plantas e as ilhas eram usadas para criar peixes (figura 01). Os resíduos excretados pelos peixes caíam no fundo dos canais, eram recolhidos e serviam como adubo para as plantas.

Figura 1: "Chinampas" sistema Aztecas de cultivo de plantas com peixes em lagos e pântanos.



Fonte: <https://www.greenfin-aquaponics.com/aquaponia/>

O sistema foi inicialmente aprimorado através de estudos desenvolvidos nas Ilhas Virgens na década de 1990 (RAKOCY, 2012), com isso outros países desenvolveram pesquisas na área, no Brasil somente a partir de 2010 a aquaponia começou a ganhar notoriedade (CORRÊA, 2018).

Dos Santos (2016) apresenta a aquaponia como um sistema de produção de alimentos inteligente, sustentável e inovador para a agricultura, podendo representar

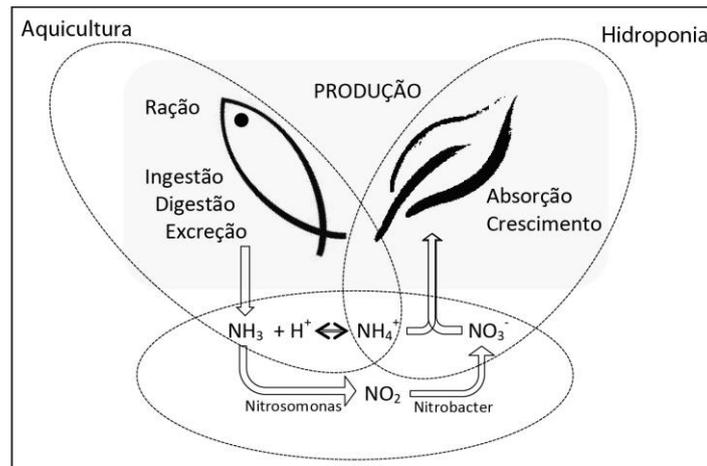
um papel importante no futuro do meio ambiente e socioeconômico sustentável em cidades inteligentes. Carneiro *et al.* (2015) alertam para o crescente uso da aquaponia no contexto educacional em diversos países, principalmente no ensino fundamental e médio, todavia, em nosso país a utilização ainda é incipiente.

Para Hundley e Navarro (2013) a sustentabilidade tem se tornado não apenas uma questão política e sim uma necessidade, e a partir disso, tecnologias que degradem menos o meio ambiente estão ganhando notoriedade no cenário mundial. Sob esse aspecto, a aquaponia se destaca, pois, além de ser um sistema que pode atender desde pequenos produtores até a produção em larga escala, apresenta em sua estrutura um modelo de produtividade constante, sendo capaz de produzir até mesmo em climas adversos como em regiões áridas.

O sistema tem um funcionamento relativamente simples, mas que necessita de cuidados. De acordo com os estudiosos Carneiro *et al.* (2015), Hundley e Navarro (2013), Rakocy (2012), Tyson, Treadwell e Simonne, (2011), a aquaponia preconiza a reutilização total da água presente no sistema e a redução do desperdício e da não eliminação de efluentes no meio ambiente, sendo necessária apenas a reposição da água que evapora do sistema.

Carneiro *et al.* (2015) acrescenta que o fornecimento de ração para os peixes é o elemento principal para a aquaponia. A ração quando excretada pelos peixes é transformada em nutrientes que serão em seguida absorvidos pelas plantas. Para tanto, a aquaponia tem um sistema de fluxo constante de nutrientes entre hidroponia e aquicultura, através de ciclos biológicos naturais, um deles é a nitrificação realizada por bactérias nitrificantes (*nitrosomonas* e *nitrobacter*) que são encarregadas por converter a amônia (NH_3) em nitrito (NO_2^-) e depois em nitrato (NO_3^-), deixando as substâncias menos tóxicas para absorção das plantas, quando as plantas consomem estes nutrientes, junto com as bactérias, exercem papel importante na filtragem da água que retornará para os peixes, garantindo uma adequada condição para seu crescimento (figura 02).

Figura 2: Interação entre os componentes biológicos de um sistema aquapônico.



Fonte: Carneiro et al. (2015).

Existem diversas formas e tamanhos de sistemas aquapônicos, porém a maioria deles tem o mesmo princípio de funcionamento dividido em três partes básicas: tanque de peixes, tanques de hidroponia e sistemas de filtragem. Os filtros podem ser separados ou não por compartimentos entre filtragem mecânica e biológica (RAKOCY; MASSER; LOSORDO, 2006), sendo que o sistema pode apresentar o filtro dentro do próprio sistema de cultivo de hortaliças ou de forma separada (figuras 03 – a e b). A escolha do sistema de aquaponia depende do espaço e do uso que se fará dele (RAKOCY, 2012).

Figura 3: a) Sistema de aquaponia simples com filtragem direta nas calhas de produção hidropônica. b) Sistema aquapônico com filtragem mecânica e biológica.



Fonte: a) A autora. b) www.aquaponiaaguaverde.com

A aquaponia vem se tornando bastante popular, sendo utilizada em sistemas de *backyard aquaponics* (aquaponia de quintal), o que demonstra o interesse de

indivíduos preocupados em produzir seus próprios alimentos de maneira sustentável, além de obter segurança alimentar, com produtos orgânicos.

Nesse sentido Carneiro *et al.* (2015) esperam que a aquaponia se torne cada vez mais popular no Brasil, e tenha ampla difusão na produção de alimentos, assim como já vem ocorrendo em outros países.

Além dos aspectos já tratados, a aquaponia assim como toda tecnologia recente e pouco divulgada, apresenta vantagens e desvantagens, que de acordo com Braz Filho (2000), Herbert e Herbert (2008) são as descritas no quadro 01.

Quadro 1: Vantagens e desvantagens da Aquaponia.

Vantagens	Desvantagens/limitações
<ul style="list-style-type: none"> - Utilização de uma quantidade mínima de água; - Possibilidade de produção em ambientes urbanos, perto dos centros de consumo; - Aproveitamento integral dos insumos de água e ração; - Possibilidade de trabalhar como um sistema superintensivo, de alta densidade de peixes e hortaliças; - Obtenção de produtos de alta qualidade, livre de agrotóxicos e antibióticos; - Diversificação na produção permitindo renda contínua ao produtor; - Minimização dos riscos de contaminação química e biológica de aquíferos; - Minimização dos riscos de introdução de espécies exógenas a aquíferos; - Licenciamento facilitado para a produção. 	<ul style="list-style-type: none"> - Dependência contínua em energia elétrica; - Limitações quanto à utilização de agrotóxicos e antibióticos; - Necessidade de conhecimento em muitas áreas da engenharia; hidráulica, olericultura, veterinária, zootecnia, dentre outras; - Altos custos de investimento inicial; - Pouca tecnologia difundida na área no Brasil.

Fonte: Herbert e Herbert (2008) e Braz Filho (2000).

Em relação as desvantagens apontadas no quadro acima, são necessários estudos para melhoramento genético de espécies de peixes para que as limitações em projetos de aquaponia sejam reduzidas (DE OLIVEIRA, 2016), além da expansão e barateamento de energias alternativas como a solar e a eólica. Kodama (2015) explica que os custos com energia podem ser um entrave em projetos de aquaponia, sendo necessário uma energia alternativa, como geradores, pois em casos de interrupção no fornecimento de energia pela rede elétrica, pode ocorrer a morte dos peixes por falta de oxigenação provenientes das bombas.

O sistema também requer monitoramento constante para que não haja problemas como aumento das taxas de amônia (ocorre pelo acúmulo de dejetos dos

peixes, ou entupimento dos filtros), descontroles na temperatura, pH e oxigênio, o que pode comprometer todo o sistema e causar a mortandade de peixes. O local de instalação da aquaponia deve ser livre de pragas, pois o sistema não pode receber nenhum tipo de defensivo agrícola que possa comprometer a sanidade tanto das plantas quanto dos organismos aquáticos.

O custo inicial de um sistema de aquaponia é relativamente alto quando construído em larga escala (KODAMA, 2015), respectivamente seu retorno financeiro consegue superar os gastos iniciais de implantação.

3 OBJETIVOS

3.1 Geral

- Avaliar o uso da aquaponia enquanto ferramenta de ensino, e suas contribuições nas práticas didáticas de docentes do Instituto Federal do Pará-Campus Santarém.

3.2 Específicos

- Verificar a partir da prática didática, a opinião dos docentes sobre a importância da aquaponia para a formação profissional dos alunos do IFPA-Santarém;
- Analisar como um sistema de aquaponia pode contribuir com as disciplinas ministradas pelos docentes do IFPA- Santarém.

4 O PERCURSO METODOLÓGICO DA PESQUISA

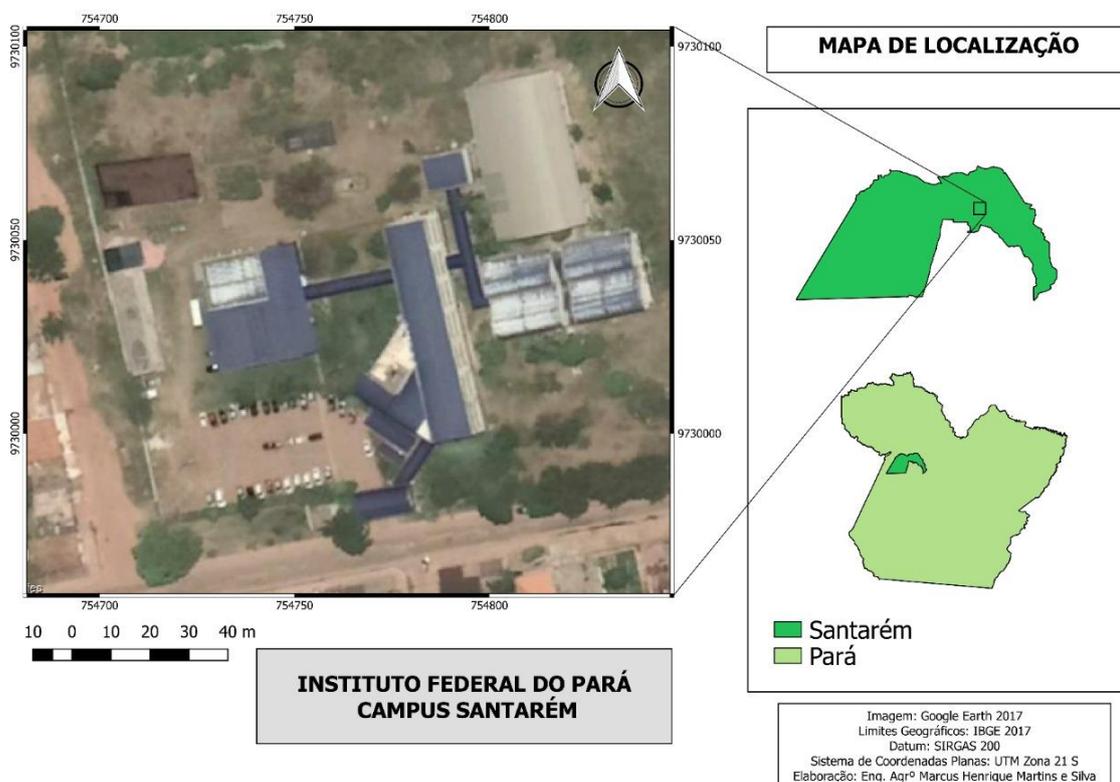
Nesta seção será exposta a base metodológica da pesquisa, assim como a caracterização dos elementos estudados, além da construção dos instrumentos de coleta de dados usados para alcançar os objetivos propostos no trabalho.

4.1 *Lócus* da pesquisa

Este trabalho foi realizado na cidade de Santarém, município da região Oeste do Pará, com uma população de 304.589 mil habitantes, que abriga uma universidade federal, uma universidade estadual, um instituto federal, 380 escolas municipais e 35 escolas estaduais, além de 14 instituições particulares de ensino superior. O município é considerado polo universitário da região Oeste do Pará, ficando atrás apenas da capital Belém.

O Instituto Federal do Pará – Santarém, ponto da pesquisa, está localizado na região Oeste do estado do Pará no município de Santarém (figura 04) e conta com um quadro de 63 professores (dados de 2019), atendendo uma média de 1200 alunos entre as três modalidades de ensino oferecidas na instituição.

Figura 4: Mapa de localização do IFPA-Santarém



Fonte: Eng. Agr.º. Marcus H. Martins e Silva (2020).

Atualmente atende as modalidades de ensino Cursos Técnicos de Nível Médio na forma de oferta integrada ou subsequente. Os cursos integrados são regulares com duração prevista de até quatro anos, com matriz curricular composta de disciplinas de formação geral e específicas, por área profissional, para alunos concluintes do Ensino Fundamental, atualmente são ofertados nessa modalidade de ensino os cursos técnicos em Agropecuária, Edificações, Informática e Hospedagem (este último na modalidade PROEJA). Os cursos subsequentes são cursos regulares com duração prevista de até dois anos, com matriz curricular composta de disciplinas de formação específica, por área profissional, para alunos concluintes do Ensino Médio, nesta modalidade de ensino são ofertados os cursos técnicos em Aquicultura, Saneamento, Edificações e Guia de Turismo, no ensino superior a instituição conta com o curso de Engenharia Civil, e na pós graduação a Especialização no Ensino de Ciências e Matemática.

O IF selecionado já conta com uma estrutura de pesquisa em aquaponia desde o ano de 2018, atendendo a demandas de aulas práticas e teóricas, além de pesquisa, justificativa que nos levaram a optar por este local.

4.2 Sujeitos e fontes da pesquisa

Os sujeitos participantes da pesquisa foram 09 professores do IFPA-Santarém, sendo 03 do sexo feminino e 06 do sexo masculino. Todos os professores têm a titulação mínima em especialização como formação continuada, a maioria trabalha há pelo menos 05 anos na profissão docente (quadro 02). Estes profissionais foram selecionados para fazerem parte do estudo por terem um envolvimento direto em diversas atividades envolvendo o sistema de aquaponia, portanto são importantes fontes de informações acerca do que estabelece os objetivos desta pesquisa.

Quadro 2: Descrição do público alvo da pesquisa.

Professor	Área de Formação	Tempo de docência	Tempo de atuação no IFPA	Formação Continuada
1	Zootecnia	Entre 5 e 10 anos	4 anos	Especialização em Docência para a Educação Profissional Mestrado em Zootecnia
2	Engenharia de Pesca	Entre 1 e 3 anos	3 anos	Mestrado em Aquicultura
3	Biologia	Entre 3 e 5 anos	3 anos	Mestrado Biologia de Água Doce e Pesca Interior Doutorado Biologia de Água Doce e Pesca Interior
4	Biologia	Acima de 10 anos	5 anos	Mestrado Bioquímica Doutorado Bioquímica
5	Física	Entre 5 e 10 anos	4 anos	Mestrado em Física Doutorado em Física
6	Química	Acima de 10 anos	9 anos	Especialização Tecnologia Mineral e Metalurgia Mestrado Química
7	Engenharia de Pesca	Entre 5 e 10 anos	4 anos	Especialização Docência para a Educação Profissional Mestrado Aquicultura e Recursos Aquáticos Tropicais
8	Biologia	Acima de 10 anos	4 anos	Mestrado Educação para a Ciência Doutorado Educação para a Ciência
9	Engenharia Sanitária	Entre 5 e 10 anos	9 anos	Especialização Docência para a Educação Profissional, Científica e Tecnológica Mestrado Engenharia Civil

Fonte: Dados da pesquisa.

4.3 Etapas da pesquisa

O estudo foi dividido em três etapas: primeiramente procedeu-se a pesquisa bibliográfica sobre concepções teóricas e estudos pertinentes ao tema, procurando-se investigar a literatura sobre aquaponia, práticas pedagógicas, ferramentas educacionais e interdisciplinaridade. Em relação à pesquisa bibliográfica Marconi e Lakatos (2013, p. 183) declaram que esta “[...] não é mera repetição do que já foi dito ou escrito sobre certo assunto, mas propicia o exame de um tema sob novo enfoque ou abordagem, chegando a conclusões inovadoras.” Em concordância com isso, pode-se constatar que existe uma diversidade de subtemas e questões de riqueza teórica relacionado com o que se discute aqui.

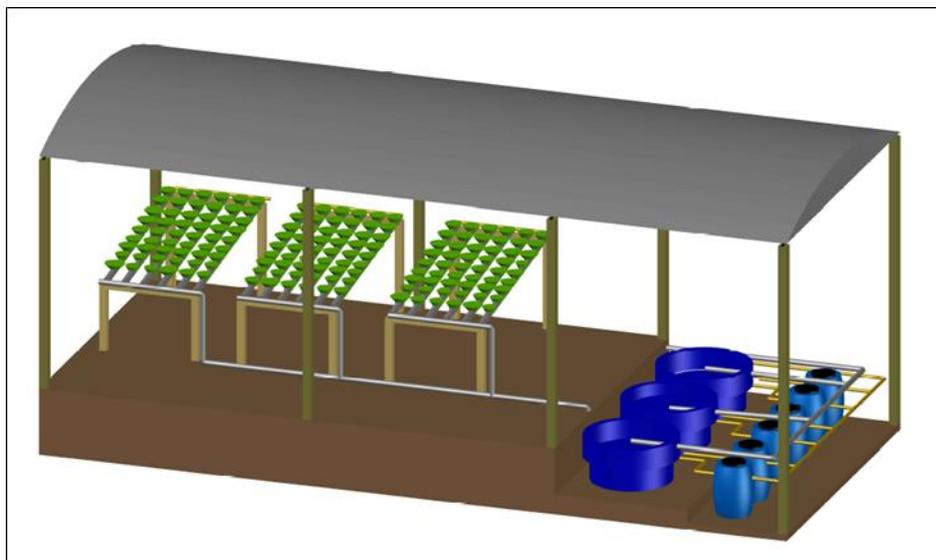
A segunda etapa se deu com a reformulação do sistema de aquaponia que teve que ser reconstruído para melhor aproveitamento do espaço do IFPA Santarém, onde está localizado desde o ano de 2018. Para a construção do novo sistema foram necessários cinco meses de trabalho, entre março e junho de 2019, utilizando a mão de obra de alunos voluntários e dois docentes responsáveis pela implantação.

O modelo utilizado foi de médio porte construído com material de baixo custo. O sistema hidropônico é composto por três grupos de seis canaletas de cultivos de hortaliças. Neste sistema em particular foi cultivada uma espécie de alface roxa (*Lactuca sativa*), além do jambu (*Acmella oleracea*), planta folhosa muito consumida em pratos típicos do Pará.

No sistema de aquicultura foram utilizadas três caixas d'água de mil litros, povoadas com cem tambaquis (*Colossoma macropomum*) em fase juvenil em cada uma delas. Esta espécie de peixes está entre as mais apreciadas na culinária local, além de ter um valor comercial bastante atrativo.

Para a filtragem dos tanques foram utilizados para cada caixa d'água dois sistemas de filtragem, um para remoção de sólidos decantáveis e outro para remoção de sólidos em suspensão. Para melhor compreensão do sistema de aquaponia do IFPA-Santarém, fizemos um esquema do mesmo em AutoCAD 3D, (figura 05).

Figura 5: Desenho esquemático em AutoCAD 3D do sistema de aquaponia instalado no IFPA-Campus Santarém.



Fonte: Elaborado pela própria autora.

Na figura 06 podemos visualizar o sistema de aquaponia em imagens feitas durante a construção e as visitas técnicas para o desenvolvimento desta pesquisa. Devido ao tamanho e complexidade do sistema implantado no IFPA-Santarém, decidimos elaborar um sistema mais simples de Aquaponia que pode ser utilizado como ferramenta didática nas escolas (CARNEIRO *et al.*, 2015; ver manual em anexo).

Figura 6: Sistema aquapônico de médio porte instalado no IFPA-Santarém, layout 2019.



Fonte: A autora.

Este sistema além de atender alunos do IFPA-Santarém, também é utilizado por outras instituições de ensino do município em oficinas e workshops.

Após a construção do novo sistema aquapônico e a análise bibliográfica, elaboramos o questionário semiestruturado com perguntas abertas e fechadas, que neste estudo assumiu grande importância, por ser o meio de ouvir e dialogar com os sujeitos pesquisados.

Para Gil (2001, p. 121) o questionário tem como definição “[...] a técnica de investigação composta por um conjunto de questões que são submetidas a pessoas com o propósito de obter informações sobre conhecimentos, crenças, sentimento, valores, interesses, expectativas [...]”. Neste sentido, o uso do questionário foi necessário para se obter maior alcance dos sujeitos da pesquisa, visto que a maioria destes não se encontravam presentes no momento das visitas ao IFPA.

O questionário foi preparado com o auxílio do Google Forms, (anexo) que faz parte das ferramentas do Google Docs, esta ferramenta permite a elaboração e distribuição dos questionários de forma online, e todas as informações ficam armazenadas no Google (HEIDEMANN; OLIVEIRA; VEIT, 2010). Os formulários também permitem o recolhimento e organização gratuitas de informações sejam estas grandes ou pequenas (OLIVEIRA; JACINSKI, 2017). As perguntas do questionário permitiam a escolha de mais de uma alternativa como resposta em alguns casos, além de perguntas com respostas abertas onde os professores puderam expressar suas opiniões acerca do tema tratado.

Algumas vantagens, de acordo com Gil (2001), Marconi e Lakatos (2013), que oferece o questionário: otimiza o tempo da pesquisa, alcança maior número de pessoas, economiza mão de obra, o retorno é mais rápido, maior segurança, pelo fato de não haver identificação do respondente, menos risco de distorção por não haver influências do pesquisador. Em contrapartida, também apontam algumas desvantagens como: porcentagem pequena de questionários que retornam, perguntas sem respostas, não pode ser aplicado a pessoas analfabetas, impede o auxílio ao informante quando este não entende alguma pergunta, desconhecimento das circunstâncias em que foram respondidas as perguntas, exige um universo mais homogêneo.

Os questionários foram lidos e previamente testados por dois docentes do campus. Um docente da área de Letras analisou a grafia das questões além da ordem e clareza das perguntas e o outro docente da área de Ciência Agrárias foi o escolhido para responder o questionário de forma a testar o entendimento das questões propostas na pesquisa. Os docentes sujeitos da pesquisa só tiveram acesso ao questionário após aceite do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido. O questionário foi repassado aos docentes via e-mail, juntamente com uma carta explicando sua finalidade (anexo). A coleta de dados foi realizada durante os meses de julho e agosto de 2019.

Na terceira etapa da pesquisa, realizamos uma análise documental das ementas dos cursos, onde destacamos as disciplinas ministradas pelos docentes participantes desta pesquisa e a partir do ementário propusemos algumas atividades onde o sistema de aquaponia pode vir a ser utilizado como ferramenta de ensino.

4.4 Análise dos dados

Após a coleta, tabularam-se os dados em uma planilha do Excel para análise das respostas de múltipla escolha, paralelo a isso, foi realizada primeiramente uma leitura flutuante³ das respostas abertas de acordo com o que estabelece Bardin (1977), após esta leitura foi realizada uma análise de conteúdo que consiste em uma leitura mais detalhada das respostas, onde foram compiladas cada uma, obtendo-se

³ É o estabelecimento de contato com os documentos da coleta de dados, momento em que se começa a conhecer o texto (MOZZATO; GRZYBOVSKI, 2011, p. 735).

uma percepção sobre o todo (FREITAS; MOSCAROLA, 2002). Os sujeitos do questionário foram enumerados de P1 a P9, a fim de preservar suas identidades.

Na primeira parte da leitura das respostas dos questionários obteve-se a identificação dos professores entrevistados quanto aos dados, área de formação, tempo de magistério e formação continuada. Esses dados foram organizados em um quadro apresentado na seção metodológica.

Na segunda parte do questionário, onde as questões versavam sobre o conhecimento da aquaponia e sua aplicação como ferramenta de ensino, as respostas dos docentes foram analisadas quantitativamente de modo que neste processo de análise procuramos nos focar na frequência⁴ das respostas recebidas.

Na terceira parte as respostas foram analisadas de forma qualitativa, focando principalmente na descrição detalhada das respostas obtidas dos docentes nos questionários em forma de citação direta dos mesmos, a fim de elucidar com mais clareza os seus pontos de vistas específicos sobre a importância do Sistema de Aquaponia nas aulas práticas/teóricas e na formação dos acadêmicos do IFPA-Santarém, fazendo uma análise específica aos cursos em que esses docentes ministram suas aulas.

Por fim, realizamos uma análise documental das ementas curriculares das disciplinas ministradas pelos docentes e estabelecemos uma correlação de como a aquaponia pode contribuir com elas.

Partindo-se do princípio de que a confiança e validação dos dados é essencial a pesquisa científica, na transmissão dos resultados obtidos, buscamos utilizar uma descrição criteriosa e fundamentada dos dados, através de uma redação simples, clara e concisa, de modo a tentar evitar inconsistências.

⁴ O uso da frequência nesta pesquisa se baseou no número de respostas obtidas versus a quantidade de participantes respondentes do questionário, portanto a porcentagem de respostas sempre será maior que a de entrevistados.

5 RESULTADO E DISCUSSÃO

Nesta seção estão reunidos os resultados obtidos durante o trajeto da pesquisa, além da discussão desses resultados com base na bibliografia.

Primeiramente são apresentados os resultados relativos às concepções dos docentes em relação à aquaponia enquanto ferramenta de ensino, em seguida é realizada a análise das respostas transcritas de forma a trazer as opiniões dos professores em relação ao uso da aquaponia, além das contribuições e/ou limitações da aquaponia enquanto ferramenta de ensino no IFPA-Santarém. Por último, apresenta-se uma análise das ementas das disciplinas ministradas e de como a aquaponia pode enriquecê-los ainda mais auxiliando nas aulas.

5.1 Aquaponia enquanto ferramenta de ensino

Como ponto de partida dessa investigação sobre a aquaponia e suas contribuições como ferramenta de didática de ensino, questionamos aos professores primeiramente de que forma estes chegaram ao conhecimento da aquaponia. Dos nove docentes participantes, seis nos responderam que chegaram ao conhecimento do sistema de aquaponia através da unidade instalada no IFPA-Santarém (quadro 3).

Quadro 3: Relação de como os professores chegaram ao conhecimento do sistema de aquaponia.

Amostra com 9 entrevistados		
De que forma você chegou ao conhecimento do sistema de aquaponia?		
Alternativa	Freq.	%
Através de unidade instalada no campus	6	66,7%
Participação em encontros científicos e/ou extensão com esta temática	0	0%
Através de meios digitais	2	22,2%
Através de bibliografia específica da área	2	22,2%
Outros	0	0%
Total de Respostas	10	111,1%
Total de Entrevistados	9	100%

Fonte: Dados da pesquisa.

Referente a esse resultado, podemos relacioná-lo ao interesse do professor em inovar em sua forma de ensinar um conteúdo, observando a receptividade dos alunos em relação a metodologia adotada, dado que de acordo com as diretrizes dos institutos federais de ensino previstos na lei nº 11.892 de 2008 que orienta o docente a “[...] promover a produção, o desenvolvimento e a transferência de tecnologias sociais, notadamente as voltadas à preservação do meio ambiente.” (BRASIL, 2008.

Art 6º, inc. IX). A promoção da didática através de ferramentas que enriqueçam o conteúdo é importante para mudar a dinâmica de ensino onde o aluno tem uma atitude passiva (PEREIRA, 2017). Libaneo (2015) lembra que didáticas diferenciadas como trabalhos em grupo, recursos audiovisuais ou tarefas que requerem algum tipo de pesquisa trazem mais vantagens ao trabalho didático do professor.

Apesar disso, Bacich e Moran (2018), alertam para as metodologias utilizadas nas escolas que pouco mudaram com o passar do tempo. Ainda nesse sentido, (Nicola e Paniz (2017) atentam para a existência de diversos recursos didáticos que podem tornar as aulas mais atrativas, mas que por diversos motivos os professores não fazem uso destes recursos, seja por falta de tempo, estrutura ou por não acreditarem que o uso deles possam ajudar na aprendizagem do aluno.

Consequente a isso e buscando estabelecer uma relação entre a ferramenta utilizada e a necessidade do professor em utilizá-la, questionamos eles sobre o porquê decidiram utilizar o sistema aquapônico como ferramenta didática de ensino. A maioria dos professores responderam que a aquaponia apresenta (conceitos teóricos e práticos) ferramentas relacionadas aos assuntos ministrados em suas aulas (quadro 04).

Quadro 4: Respostas dos docentes sobre o porquê optaram por utilizar a aquaponia como ferramenta didática de ensino.

Amostra com 9 entrevistados		
Por que você decidiu utilizar o sistema aquapônico como ferramenta didática de ensino?		
Alternativa	Freq.	%
Facilita a integração entre prática e teoria;	6	66,7%
Os alunos demonstram maior interesse quando são utilizadas tecnologias para o aprendizado de determinados conteúdos;	4	44,4%
O sistema apresenta ferramentas relacionadas aos assuntos ministrados nas aulas;	7	77,8%
Por ser uma tecnologia que consegue aliar desenvolvimento tecnológico com preservação ambiental;	2	22,2%
Por ser uma ferramenta que permite discutir noções de alimentação, sustentabilidade, tecnologias e uma compreensão básica sobre processos físicos, químicos e biológicos.	4	44,4%
Outros	0	0%
Total de Respostas	23	255,5%
Total de Entrevistados	9	100%

Fonte: Dados da pesquisa.

Para entender melhor o fato de os professores relacionarem a aquaponia como ferramenta pertinente aos assuntos ministrados durante as aulas, perguntamos aos docentes em que disciplinas eles utilizaram a aquaponia como ferramenta didática de ensino. As respostas estão no quadro 05 a seguir:

Quadro 5: Realização de disciplinas ministradas pelos professores utilizando o sistema aquapônico como ferramenta didática de ensino.

Professor	Disciplinas Ministradas
1	Zootecnia Geral Zootecnia de Pequenos Animais Metodologia do Trabalho Científica
2	Limnologia Sanidade de Organismos Aquáticos
3	Limnologia
4	Ecologia
5	Física Básica I
6	Química IV
7	Metodologia Científica Biologia Aquática Introdução a Pesca e Aquicultura
8	Biologia
9	Hidráulica Aplicada

Fonte: Dados da pesquisa.

A maioria das disciplinas ministradas pelos professores agrega as áreas das ciências naturais e/ou ambientais, somente duas disciplinas são da base comum curricular que são a física básica e a biologia lecionada respectivamente pelos professores 5 e 8, as demais são disciplinas específicas das áreas técnicas. Os professores não destacaram de que forma utilizaram a aquaponia nestas disciplinas, apesar disso seis docentes destacaram a importância do uso de uma ferramenta de ensino para melhorar a compreensão dos assuntos discutidos em sala de aula, como facilitadora da integração entre prática e teoria.

Isso reflete diretamente na qualidade das aulas dos professores, visto que existe uma dificuldade de se encontrar subsídios que facilitem a união da prática com a teoria. Para Demo (2006), é importante aprimorar as ferramentas de ensino, mas não devemos nos apoiar unicamente nelas como forma de ensinar.

Para Junge, Wilhelm e Hofstetter (2014), a aquaponia facilita a compreensão de assuntos variados principalmente aqueles ligados as temáticas ambientais. Hart, Webb e Danylchuk (2013) reforçam que a aquaponia além de ser um sistema

sustentável é interdisciplinar por conta de sua natureza técnica. Com isso a aquaponia pode trazer aos estudantes uma noção de sustentabilidade através dos assuntos discutidos em várias disciplinas (SOUZA, 2018).

Todavia, para desenvolver a temática da sustentabilidade os professores devem demonstrar domínio do assunto e ter a capacidade de discuti-lo de diversas formas para melhor aproveitamento das suas aulas e compreensão dos alunos.

Compreendendo a importância de se abordar a sustentabilidade, questionamos os professores no sentido de averiguar se eles sentem dificuldade de trabalhar a temática da sustentabilidade através do uso de ferramentas didáticas de ensino. Utilizando a aquaponia como exemplo, dos nove professores, três disseram sentir dificuldades de unir os conceitos e práticas de sua disciplina com o uso de uma ferramenta didática de ensino de cunho sustentável. Os outros seis professores disseram não sentir dificuldades, pois existem diversas formas de se aplicar essas ferramentas didáticas de ensino em várias áreas do conhecimento.

Para De Souza Borba, De Vargas e Wizniewsky (2013) as questões ambientais como a sustentabilidade necessitam de novas formas de abordagem, integrando as áreas do saber disciplinar, com os do cotidiano, além de envolver os alunos como parte fundamental do aprendizado. Nessa direção entende-se, que as aulas desenvolvidas em ambientes da escola, ou nela construídos na pesquisa, como o sistema de aquaponia têm sido apontadas como metodologia eficazes tanto por envolverem e motivarem os estudantes nas atividades, quanto por constituírem um instrumento de superação da fragmentação do conhecimento unindo teoria à prática.

Segundo Seniciato e Cavassan (2004), as contribuições das aulas práticas fora das quatro paredes da sala de aula podem ser positivas na aprendizagem dos conceitos à medida que são um estímulo para os professores, que veem uma possibilidade de inovação para suas práticas, assim se empenham mais na orientação dos alunos. Para os alunos é importante que o professor conheça bem a ferramenta pedagógica a ser pesquisada e que este ambiente seja limitado, no sentido espacial e físico, de forma a atender os objetivos da aula.

Esse processo que une teoria à prática o aluno é parte importante, pois ele é o termômetro do professor em relação as didáticas adotadas durante as aulas, é a partir do aluno que o professor vai entender se as práticas de ensino estão sendo bem

recebidas pelos estudantes, além de colaborar com a formação desse sujeito. Assim, para ter essa compreensão mesmo que de forma apenas superficial, pedimos aos professores que nos respondessem se a utilização da aquaponia durante as aulas contribuiu para melhoria do entendimento de conceitos discutidos durante as aulas.

Os nove professores foram positivos em relação ao uso da aquaponia durante as aulas, os docentes perceberam em sua maioria que a aquaponia facilitou ao relacionar a teoria com a prática (quadro 06). Quatro docentes responderam que aparentemente houve maior interesse dos alunos em relação ao conteúdo ensinado

Quadro 6: Resposta dos professores em relação a utilização do sistema de aquaponia durante as aulas.

Amostra com 9 entrevistados		
A utilização do sistema de aquaponia nas aulas contribuiu para a melhoria do entendimento de conceitos teóricos anteriormente discutidos?		
Alternativa	Freq.	%
SIM, pois o sistema facilitou relacionar teoria e prática;	8	88,9%
SIM, pois aparentemente houve um maior interesse dos alunos para com o conteúdo;	4	44,4%
Não facilitou	0	0%
Total de Respostas	12	133,3%
Total de Entrevistados	9	100%

Fonte: Dados da pesquisa.

Colocamos a questão como aparente pelo fato dos alunos não fazerem parte desta pesquisa, então não podemos aferir somente com a resposta do professor que este estudante realmente assimilou um conteúdo somente pelo uso de uma nova ferramenta de ensino, no entanto é sabido que quando o professor passa a utilizar novos instrumentos como auxiliares em sua didática, os alunos se sentem mais atraídos mesmo que momentaneamente, então o desafio atual das práticas de ensino é manter este aluno sempre motivado a aprender (MORAN, 2007). De acordo com este autor a educação deve ser estimulante, provocativa, dinâmica, ativa em todos os níveis de ensino.

Em consonância com esse pensamento, a aquaponia é tida como ferramenta de ensino na concepção de Junge, Wilhelm e Hofstetter (2014) por conseguir despertar o interesse do aluno a medida que ele faz parte do sistema aquapônico, tendo em vista que para o sistema ter um bom funcionamento depende de cuidados, isso só pode ser feito por indivíduos que se envolvam na aquaponia, que aprendam a trabalhar com ela. E para esta autora a melhor forma de se trabalhar a aquaponia é aprendendo através dela.

Neste sentido, questionamos aos professores sobre as condições técnicas da aquaponia e sua contribuição enquanto ferramenta didática de ensino. Seis professores responderam que o sistema aquapônico apresenta diversos processos físicos, químicos e ciclos biológicos de interesse as disciplinas ministradas, dois responderam que a aquaponia consegue integrar a teoria com a prática, e um professor respondeu que o mesmo apresenta condições reais de produção, fundamentais ao desenvolvimento profissional dos alunos.

Correspondente a esta questão, os professores foram questionados se o sistema de aquaponia permite relacionar assuntos discutidos em suas disciplinas com outras disciplinas ou áreas do conhecimento. Os nove professores foram unânimes ao analisar que a aquaponia pode sim ser tratada de forma interdisciplinar.

Podemos concluir com isso, que a interdisciplinaridade é um assunto muito recorrente nas formatações curriculares das várias instituições de ensino brasileiras, ainda que tratadas dentro dos Parâmetros Curriculares Nacionais como eixo articulador do sistema curricular, o emprego da interdisciplinaridade ainda é visto com muita dificuldade pelos professores como ressalta Fernandes (2018), que também alerta para as dificuldades que os docentes tem de desenvolver a interdisciplinaridade devido à complexidade do tema, além da falta de contato com projetos interdisciplinares durante sua formação acadêmica.

Nesse contexto, Rocha (2017) frisa que o exercício da docência, em especial, no âmbito da educação que visa a formação profissional, se tornou mais complexo, indo adiante do domínio dos conhecimentos específicos, voltando-se para uma formação de um profissional mais interdisciplinar.

Os professores quando questionados se a aquaponia contribui para que os alunos possam analisar problemáticas do contexto de suas futuras áreas de atuação, afirmaram que sim. A aquaponia pode desenvolver a capacidade do aluno de resolver problemas usando várias áreas do conhecimento ao mesmo tempo (SOUZA *et al.*, 2019).

Essa questão serve pra tratar dos desafios em que estes futuros profissionais podem vir a enfrentar no seu campo de trabalho, visto que o ensino profissionalizante não visa mais a formação de mão de obra apenas para atender demandas de mercado. Do ponto de vista de Marques e Kleiman (2017), a educação profissional

vai além do domínio de técnicas e das tecnologias, ela prepara o indivíduo para a cidadania crítica e participativa.

A criação dos IFs trouxe consigo uma nova proposta de ensino, baseada nos fundamentos científicos e tecnológicos, orientado pela pesquisa como princípio pedagógico (BILAR; BORTOLUZZI; COUTINHO, 2018).

O incentivo a pesquisa é um dos princípios dos IFs previsto na lei nº 11.982 de 2008 em seu artigo 6º, visa “[...] estimular a pesquisa aplicada, a produção cultural, o cooperativismo e o desenvolvimento científico e tecnológico.” (BRASIL, 2008).

Pensando nisso, fizemos uma relação de tópicos variados e pedimos para os professores marcarem aqueles que mais relacionavam suas disciplinas ao sistema de aquaponia (quadro 07).

Quadro 7: Relação entre o sistema de aquaponia e as disciplinas lecionadas pelos professores.

Amostra com 9 entrevistados		
Dentre os tópicos abaixo, quais você considera ter a maior relação entre a sua disciplina e o sistema de aquaponia?		
Alternativa	Freq.	%
Sustentabilidade e Meio Ambiente;	8	88,9%
Agricultura e Desenvolvimento Rural;	2	22,2%
Economia e Qualidade de Vida;	0	0%
Desenvolvimento Tecnológico.	2	22,2%
Outro	0	0%
Total de Respostas	12	133,3%
Total de Entrevistados	9	100%

Fonte: Dados da pesquisa.

A Sustentabilidade e Meio Ambiente foi destacado como o assunto que mais se relaciona com as disciplinas por eles lecionadas, como já mencionado anteriormente a maioria das disciplinas ministradas por estes professores agregam as ciências naturais/ambientais.

A relação da aquaponia com esses dois temas que agregam a educação ambiental é tido como importante, tendo em vista que a aquaponia é considerada um sistema de produção de alimentos de forma sustentável (CARNEIRO *et al.*, 2015; HART; WEBB; DANYLCHUK, 2013; JUNGE; WILHELM; HOFSTETTER, 2014). Para Sauvé (2005), a relação da aquaponia e educação ambiental deve ser encarada como essencial a esfera educacional, até mesmo como política pública (SORRENTINO *et al.*, 2005).

Por este motivo, o fato de nenhum professor associar a aquaponia com suas disciplinas a temática Economia e Qualidade de vida causa controvérsias, uma vez que algumas disciplinas ministradas como Zootecnia Geral, Zootecnia de Pequenos Animais, Sanidade de Organismos Aquáticos e Introdução a Pesca e Aquicultura, trazem em seus currículos questões relacionadas a estes dois assuntos. Acerca disto, construímos um esquema que relaciona as disciplinas aos temas que podem ser abordados por elas utilizando o sistema de aquaponia, que iremos discutir mais adiante.

Para reforçar ainda mais a importância da aquaponia como ferramenta de ensino, solicitamos aos professores para indicarem em sua concepção em quais atividades de ensino o sistema de aquaponia seria mais indicado (quadro 08).

Quadro 8: Atividades que os professores consideram mais apropriados para utilizar o sistema de aquaponia.

Amostra com 9 entrevistados		
Na sua concepção o sistema aquapônico pode ser apropriado ao desenvolvimento de que tipos de atividades nas diferentes áreas de conhecimento?		
Alternativa	Freq.	%
Ensino	4	44,4%
Pesquisa	5	55,6%
Extensão	4	44,4%
Permite a integração de ensino, pesquisa e extensão	8	88,9%
Não é uma tecnologia adequada para ser utilizada como ferramenta didática.	0	0%
Total de Respostas	21	233,3%
Total de Entrevistados	9	100%

Fonte: Dados da pesquisa.

Destacamos que a aquaponia é bastante difundida no campo da pesquisa principalmente em países como Austrália, Canadá, Israel e Estados Unidos (CARNEIRO *et al.*, 2015). No ensino, a aquaponia encontra-se mais consolidada principalmente no EUA que utilizam a aquaponia como ferramenta pedagógica para trabalhar as ciências naturais principalmente no ensino básico (RAKOCY, 2012). Quando se trata de extensão a aquaponia apresenta trabalhos principalmente voltados a melhoria da qualidade vida, sustentabilidade, alimentação adequada e agricultura familiar (CARRILHO, 2019).

Na visão dos professores, a aquaponia seria mais bem aplicada se integrasse as três vertentes, ensino, pesquisa e extensão. A união dessa tríade de acordo com

Pacheco (2010) se faz necessária uma vez que os IFs constituem um espaço necessário na construção de caminhos relativos ao desenvolvimento local e regional.

De maneira geral, a grande maioria das alternativas respondidas pelos professores em relação a aquaponia relacionando seu uso como ferramenta de ensino, descreve uma posição que reconhece a importância desse instrumento como importante recurso didático.

5.2 Importância da aquaponia para a formação profissional.

Ao final da avaliação, pedimos que os professores respondessem qual a importância do sistema de aquaponia nas aulas práticas/teóricas e na formação profissional dos alunos do IFPA-Santarém, com isso os docentes também avaliaram a inserção da aquaponia como ferramenta de ensino para dar suporte às atividades didáticas.

Em suas respostas, os professores destacaram pontos importantes em relação a interdisciplinaridade característica do sistema, como demonstra a resposta a seguir:

Na minha área, se eu for te falar da importância do sistema para formação dos alunos e até para a minha formação eu não vou mais parar de responder, porque tem tudo a ver, mas o importante desse sistema é a interdisciplinaridade que ele proporciona na formação, ou seja, ele está aqui e muitos outros docentes tem trazido saberes para melhorar esse modelo, além do mais os alunos tem à disposição um sistema que muitos estudantes não tem o privilégio de trabalhar em outras instituições de ensino. (P7)

A Aquaponia, para a educação ai eu falo a pesquisa na frente da sala de aula, é ferramenta ou espaço melhor falando inovador para o processo de ensino e aprendizagem, pois você pode inserir a turma no processo todo, desde a construção (Engenharias e tecnologias) até o funcionamento e manutenção do processo nessa direção eu posso afirmar que, os alunos com aulas práticas e interdisciplinares junto ao sistema aquapônico vão desenvolver uma maior compreensão acerca dos conteúdos agroecológicos, físicos, químicos e biológicos que estão presentes no sistema, isso irá agregar na formação desse indivíduo para o mercado local. (P9)

Analisando as respostas dos dois professores, podemos verificar que eles ressaltam a importância da aquaponia no desenvolvimento de atividades interdisciplinares pensando numa formação mais polivalente de um profissional capaz de resolver problemáticas a partir da análise de várias áreas do conhecimento. Para que isso ocorra, de acordo com Barros e Rodrigues (2017), os alunos, após as atividades, devem ter a capacidade de relacionar os assuntos abordados nas

disciplinas e verificar como esses conteúdos se relacionam na realização da sua atividade profissional.

Além da interdisciplinaridade a sustentabilidade, outra característica da aquaponia, foi um dos pontos destacados como importantes para utilizar o sistema de aquaponia como ferramenta de ensino como cita os professores 1 e 2 respectivamente:

O uso do sistema aquapônico apresenta-se como de fundamental importância, pois é explorado em várias disciplinas tanto da base científica quanto da base técnica, de forma teórica, como meio de difusão de conceitos através de uma tecnologia de caráter sustentável, cada vez mais exigida pela sociedade. Bem como, em atividades práticas que corroborando para a fixação do conhecimento que consequentemente, alavancam o desenvolvimento profissional dos técnicos formados por esta instituição (P1).

É importante porque só a teoria não dá a base completa pro aluno, ali na aquaponia permite que a gente realize atividades nas quais o aluno vai vivenciar na prática muita coisa que ele vê na teoria, seja a qualidade da água, testes de desempenho, sanidade aquícola, além disso o aluno vê tudo isso em um sistema que é sustentável, então é muito importante por conta desses fatores. (P2)

Reconhecer a importância da aquaponia como um sistema sustentável importante para o ensino, demonstra o quanto essa temática necessita ser discutida. Diante dessa perspectiva e com a proposta de formar cidadãos mais preocupados com as questões ligadas ao desenvolvimento sustentável, Silva (2017) lembra que o objetivo da aquaponia é justamente de trazer o entendimento sobre a sustentabilidade e a responsabilidade com o uso dos recursos naturais.

Paralelamente a estas questões, alguns professores explicaram como a aquaponia vem ajudando nas aulas, demonstrando de que forma se deu a aplicação dos conceitos em suas disciplinas através do sistema de aquaponia. O professor de Física apresentou conceitos sobre campo elétrico:

Ensinar sobre dipolo elétrico da água nesse sistema faz com que os acadêmicos entendam como funciona o campo rotacional e a produção de energia estática, dessa forma eu posso trabalhar junto com os professores de química e agro tecnologias fazendo eles entenderem como as moléculas da água produzem energia estática ou se comportam diante de um campo magnético produzido. (P5)

O professor de Química realizou trabalhos relacionados à qualidade da água e explicou:

Água já é casada com a química desde a sua origem, mas os alunos tem coletado e analisado os parâmetros e a qualidade da água e feito a correção necessária para manutenção da vida dos peixes e dos vegetais aí produzidos, isso feito em conjunto com o pessoal da aquicultura e da agropecuária somados aos saberes do cotidiano tem gerado muitos outros conhecimentos. (P6)

O aspecto levantado por este professor em relação a análise de parâmetros da qualidade da água relacionados a vida dos peixes e dos vegetais demonstra a necessidade de conhecimento de outras áreas além da Química, trazendo com isso a importância do ensino integrado com outras ciências, importante na formação dos alunos. A análise do professor de Física vai além do que se pensa que a aquaponia pode oferecer, pois ao analisar um assunto de sua disciplina que não se relaciona diretamente com a função da aquaponia que é a produção de alimentos, ele conseguiu usar a ferramenta de uma forma independente do que ela representa.

Diante disso, podemos constatar as inúmeras possibilidades que a aquaponia apresenta como ferramenta de ensino. O professor 5 demonstrou o potencial que o sistema de aquapônico tem ao tratar de assuntos distantes da agricultura, aquicultura, piscicultura, dentre outros que são próprios da aquaponia. Para Tardif (2002), existe uma necessidade epistemológica da prática docente, que faz parte do conjunto de saberes apropriados pelos professores para o desenvolvimento de suas atividades. Com isso o autor quer dizer que o professor deve refletir sobre a transformação de suas práticas em objetos de estudo.

Além da Física e da Química, o professor de Limnologia também fez ponderações sobre a importância do sistema em sua disciplina e as implicações na formação dos estudantes.

Olha o estudo científico das expansões de água doce no mundo é muito importante para os acadêmicos, nós até temos uma riqueza dessa área na Amazônia, mas eu tenho observado que o contato dos alunos com essas experiências, embora que pequena, dá condições para que eles ampliem um horizonte formativo em um ambiente escolar onde o laboratório é um sonho...assim mostrar um sistema de recirculação de água, faz com que eles entendam um processo gigantesco que ocorre na natureza num sisteminha que comporta uma diversidade enorme como o processo de ação das bactérias desnitrificantes e também de nitrobactérias...aqui eles entenderam como esse processo funciona isso pra mim já é uma larga importância da aquaponia. (P8)

A Limnologia é uma ciência muito ampla que abrange o estudo de lagos de águas doce e salinas e suas interações físicas, química e biológicas (TUNDISI; TUNDISI, 2016). Apesar do sistema de aquaponia ser artificial, ele pode servir como modelo de laboratório no ensino desta ciência como destaca o P8, não apenas isso, a aquaponia em escolas onde laboratórios é uma realidade distante, principalmente em áreas de ensino muito específicas, ela pode vir a ser uma fonte de ensino colaborativa e compartilhada entre as áreas do conhecimento.

Dentre as áreas em que a aquaponia apresenta maior uso no ensino, as Ciências Agrárias ganham destaque devido à composição do sistema e sua importância para a agricultura no futuro. Dessa maneira, as áreas que mais conseguem tirar proveito da aquaponia enquanto ferramenta de ensino estão dentro desse grupo das ciências, sobre isso os professores P3 e P4 afirmam

A aquaponia tem grande importância na formação dos acadêmicos dos cursos de aquicultura e agropecuária porque constitui-se um sistema de cultivo que integra a produção de peixes com a produção de vegetais utilizados na alimentação humana. No seu escopo visa o desenvolvimento de um negócio que pode ser lucrativo para pequenos e grandes produtores, em ambos os cursos proporcionando aos participantes uma visão ampla e integrada de sistema de cultivos paralelos de produção animal e vegetal. Ainda considerando estes aspectos este sistema integrado proporciona aos acadêmicos e a toda a equipe o aprendizado sobre o monitoramento da qualidade da água, dos animais e vegetais condensando conhecimentos de cunho biológicos, ecológicos, da área da física, da química adquirindo uma visão ampliada de como o sistema pode ser implementado. Outro fator importante é que os acadêmicos podem perceber e comparar a ação ecológica das bactérias benéficas que permitem a existência da vida animal e vegetal nos ecossistemas aquáticos e terrestres, que são uma condição sine qua non para o funcionamento deste sistema dando-lhes a oportunidades de perceberem os benefícios de trabalhar com um sistema sustentável que visa a produção animal e vegetal em pequenos espaços, em área urbana e perto do mercado consumidor, assim todas estas questões corroboram com a formação de ambos acadêmicos dos cursos de aquicultura e agropecuária, bem como qualquer curso que envolva a produção animal e vegetal. (P3)

Aquicultura de uma forma geral já é um espaço de estudos importante, mas esses sistemas com reaproveitamento de 99% da água é um espetáculo para mostrar como a vida funciona na natureza como um todo...ai você tem condições de apresentar um diálogo com os alunos e com a sociedade mostrando como isso pode ajudar a melhorar a formação e a vida das pessoas. (P4)

Não obstante a isso, muitos trabalhos desenvolvidos em torno da aquaponia surgem principalmente de pesquisas das Ciências Agrárias, validando a sua importância como sistema agrícola importante para o desenvolvimento sustentável,

além de pesquisas para otimizar o desempenho do sistema, já no campo do ensino o uso da aquaponia como ferramenta didática ainda é pequeno.

5.3 Proposta de atividades utilizando o sistema aquapônico

Como forma de alcançar o último objetivo proposto nesta pesquisa elaboramos um quadro com as disciplinas ministradas pelos docentes e correlacionamos os assuntos de suas ementas com conteúdo que podem ser trabalhados com auxílio do sistema de aquaponia (quadro 9).

Os assuntos são propostos para serem tratados com o uso do sistema de aquaponia como facilitador para o entendimento do conteúdo abordado nas disciplinas, através dele entende-se que os professores consigam fazer o aluno visualizar com maior facilidade aquilo que está sendo ensinado de forma prática e realista.

Quadro 9: Disciplinas ministradas pelos docentes do campus IFPA-Santarém com suas respectivas ementas e a relação dos assuntos que podem ser tratados nestas disciplinas através da aquaponia.

Disciplina	Ementa	Assuntos correlatos a aquaponia
Zootecnia Geral	Importância da Zootecnia no contexto do agronegócio brasileiro; Terminologia utilizada para as espécies de interesse econômico; Taxonomia dos animais domésticos; Ezoognósia; Domesticção e Domesticidade; Sistemas de criação; Etologia animal; Ecologia aplicada à produção animal. Compreender o significado da Zootecnia, o campo de estudo, sua história e os objetivos para uma produção animal sustentável.	-Criação de organismos aquáticos; -Produção em sistemas sustentáveis; -Custo benefício de um sistema de aquaponia.
Zootecnia de Pequenos Animais	Importância sócio-econômico-ambiental da criação de pequenos animais; Criação de pequenos animais de interesse regional; Apicultura - Produtos da exploração de abelhas e Manejo produtivo, nutricional e sanitário das colmeias; Criação de abelhas sem ferrão; Manejo de colheita, qualidade e comercialização dos produtos apícolas. Piscicultura - Principais espécies destinadas à exploração comercial e espécies nativas da bacia do rio Amazonas; Sistemas de produção, instalações e equipamentos; Controle de ambiente aquático; Manejo da criação de peixes; Minhocultura - Principais espécies utilizadas; Manejo da criação de minhocas; vermicompostagem e produção de húmus; Integração da criação de pequenos animais com os sistemas de produção vegetal.	-Escolha de espécies para piscicultura e aquicultura; -Avaliação da qualidade do pescado; -Importância econômica da aquaponia para a região amazônica; -Controle da qualidade da água.
Metodologia do Trabalho Científico (nas ciências agrárias)	Ciência. Conhecimento. Natureza da pesquisa: dimensões, tipos e estratégias. Métodos e técnicas para a elaboração e apresentação de trabalho científico. Sistemática geral da pesquisa. Etapas do trabalho científico. Elaboração de trabalhos acadêmicos. Técnicas de coleta, sistematização, análise e apresentação de dados qualitativos e quantitativos. Estudo de casos de projetos de pesquisa no âmbito das ciências agrárias.	-Redação científica através de estudos envolvendo a aquaponia como modelo investigativo; -Análise de parâmetros e características do sistema aquapônico para auxiliar no uso de metodologias do trabalho científico de forma quantitativa e/ou qualitativa.
Limnologia	Limnologia como ciência. Ecossistemas aquáticos brasileiros. Formação, distribuição e dinâmica de lagos, rios e reservatórios. Estrutura, funcionamento e metabolismo de ecossistemas aquáticos. Características físicas e químicas da água. Comunidades de água doce. Poluição, eutrofização e depuração das águas. Técnicas em limnologia. Manejo e recuperação de ecossistemas aquáticos.	-Análise de ecossistema aquático a partir de um modelo aquapônico; -Metodologia de amostragem de organismos aquáticos; -Uso de macrófitas aquáticas em sistemas aquapônicos; -Estudos das condições abióticas e bióticas de um ambiente aquático.

Sanidade de Organismos Aquáticos	Informar sobre as principais enfermidades dos organismos aquáticos e os métodos preventivos que, gerenciados em conjunto, formam a mais importante estratégia para prevenção de enfermidades em organismos aquáticos cultiváveis	-Avaliar o sistema de cultivo tratando principalmente da qualidade do ambiente e possíveis enfermidades que podem vir a acometer as espécies de organismos aquáticos em cativeiro.
Ecologia	Introdução à Ecologia. Ecologia Evolutiva. Condições, recursos e nicho ecológico. Ecologia de populações. Relações entre seres vivos. Ecologia de Comunidades. Ecologia de Ecossistemas. Biologia da Conservação.	-Relacionar questões antrópicas as necessidades de atividades menos impactantes como a aquaponia; -Interações entre as comunidades biológicas presentes no sistema de aquaponia; -Aquaponia como exemplo de ecossistema e sua estrutura; -Análise de ciclagem de elementos naturais.
Física Básica I	Discutir de forma geral, conceitualmente, o grande painel oferecido pela física em suas grandes áreas de atuação, ou seja, Mecânica, Calor, Ondas em geral, Eletromagnetismo, Estrutura da Matéria e Relatividade. Nesta discussão deve ser ressaltada a contextualização dos temas tratados com o cotidiano dos estudantes e a sua decorrente formalização científica.	- Ensinar sobre dipolo elétrico da água para entender como funciona o campo rotacional e a produção de energia estática.
Química IV	Equilíbrio químico o Constante de equilíbrio em termos de concentração; o Constante de equilíbrio em termos de pressão; o Deslocamento de equilíbrio; o Constante de ionização; o Produto iônico da água e pH e pOH; o Constante do produto de solubilidade; Óxido-redução: o conceito de número de oxidação, transferência de elétrons, oxidação redução e reações de óxido-redução; Eletroquímica: Pilhas, potencial das pilhas, corrosão e proteção dos metais e eletrólise; Reações nucleares: a radioatividade e suas aplicações, decaimentos radioativos, fissão e fusão nuclear.	-Análise dos parâmetros da qualidade da água; -Correção de agentes químicos para manutenção da vida em ambiente aquático controlado.
Biologia Aquática	Introdução ao estudo da Biologia Aquática. Principais divisões dos ambientes marinhos e dulciaquícolas. Estrutura e funcionamento dos ecossistemas. Plâncton, nécton e bentos: caracterização dos principais grupos animais, taxonomia básica, adaptações físicas, zonação nos ambientes e bioecologia. Principais ecossistemas marinhos e dulciaquícolas. Apresentação da Biologia Pesqueira como ferramenta na gestão sustentável dos recursos em diferentes ambientes. Introdução a estudos de dinâmica de populações. Introdução a determinação de idade, crescimento. Estudo da reprodução e alimentação e suas consequências do manejo de recursos vivos.	-Análise das interações dos organismos aquáticos de água doce; -Desenvolvimento do ecossistema; -Ciclos das espécies; -Avaliar a aquaponia como importante ambiente de recursos exploráveis; -Estratégia de manejo de recursos vivos.

<p align="center">Introdução a Pesca e Aquicultura</p>	<p>A Ciência Pesqueira. Pesca e Aquicultura. Situação atual da aquicultura no mundo. Tipos de aquicultura. Aspectos Gerais da Aquicultura. A Pesca no Mundo e no Brasil. A Pesca Oceânica de Atuns e Afins. Recursos Pesqueiros de Água Doce do Brasil. Conhecimentos gerais sobre a ciência pesqueira, seu desenvolvimento, conceito, sistema, estratégia e programa de investigação voltado para a proteção, conservação, exploração e aproveitamento dos recursos pesqueiros marinhos e de água doce.</p>	<ul style="list-style-type: none"> -Conhecer os diferentes tipos de cultivos dentre eles a aquaponia; -Trabalhar as principais espécies de peixes cultivados no Brasil; -Trabalhar ambientes artificiais da aquicultura; -Aplicar técnicas ambientalmente segura para evitar poluição de ambientes aquáticos; -Técnicas de cultivos de organismos aquáticos.
<p align="center">Hidráulica Aplicada</p>	<p>Princípios fundamentais da Hidrostática: Fluido, Pressão e pressão atmosférica, Pressão hidrostática, Pressão total, Vasos comunicantes, Manometria; 2. Hidrodinâmica: Conceito, Vazão ou descarga, Regimes de escoamento, Escoamento dos líquidos nos condutos, Linhas e tubos de corrente; 3. Equação da continuidade e Equação de Bernuolli; 4. Perdas de carga (localizada e distribuída); 5. Posição da tubulação com relação a linha piezométrica; 6. Sistema elevatório (Instalações de sucção e Instalações de recalque).</p>	<ul style="list-style-type: none"> -Utilizar as composições hidráulicas do sistema de aquaponia para verificar vazão, descarga, regimes de escoamento, linhas e tubos de correntes; -Identificar e corrigir problemas que possam surgir no sistema hidráulico da aquaponia; -Representar e dimensionar para realizar instalações hidráulicas; -Identificar, organizar e trabalhar com dados das principais componentes do ciclo hidrológico.

Fonte: IFPA-Santarém, PPC dos cursos técnicos em Saneamento, Aquicultura e Agropecuária.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com o desenvolvimento desta pesquisa, podemos observar como as metodologias de ensino têm avançado, mesmo que de forma tímida. No entanto, para que estas se estabeleçam no contexto escolar, principalmente no ensino integrado, é necessário o apoio das instituições em pesquisas, principalmente, aquelas voltadas às metodologias de ensino. Para atrair o aluno, é fundamental mudar a relação na qual apenas o professor estabelece as regras e possui o saber e o aluno como sujeito ouvinte inerte, para uma modelagem diferenciada e dinâmica, colocando o aluno como responsável por construir os seus aprendizados e o professor como responsável pela organização e orientação deste processo.

Caminhando neste sentido, podemos verificar que partindo do princípio de que aqui se busca a análise de uma ferramenta de ensino inovadora e que integre mais a participação do aluno na formação do saber, foi observado a partir da fala dos professores a importância da aquaponia como instrumento significativo de ensino, onde foi notado que o uso de tal ferramenta não só contribuiu com as aulas dos docentes como também foi destacada como importante aliada na formação profissional dos alunos do IFPA – Santarém.

Para além disso, a busca por uma formação interdisciplinar, também ressaltada pelos professores tornou o uso da aquaponia necessário em determinados momentos, principalmente pelo fato da ausência de metodologias interdisciplinares de maior alcance e facilidade para o trabalho do professor. Lembramos que o sistema educacional brasileiro em sua lei de Diretrizes Curriculares Nacionais a interdisciplinaridade deve estar inserida no ambiente escolar de forma transversal, ou seja, deve ser abordada ultrapassando o ensino disciplinar.

Com isso, é importante destacar que analisar práticas e didáticas da docência não é uma tarefa fácil, principalmente se tratando da inserção de uma ferramenta como a aquaponia nas práticas de ensino. Apesar de poucos professores terem demonstrado dificuldades em trabalhar com a aquaponia, eles destacaram os pontos positivos no qual esta ferramenta pode contribuir durante suas aulas.

É válido lembrar que a aquaponia pode ser sim uma importante ferramenta de ensino, mas que somente o uso dela não garante que os alunos irão aprender

determinados conteúdos. Com isso, ressaltamos que as ferramentas pedagógicas são importantes aliadas ao ensino, mas que quando utilizadas sem aproveitamento de suas potencialidades pouco contribuirão no desenvolvimento do aluno.

Devido as pesquisas que abordem esse assunto serem incipientes no Brasil, verificamos que o uso da aquaponia no campo da educação carece de mais estudos, especialmente em relação a sua ampla aplicabilidade em diversas atividades para o ensino e de abordagens de aspectos inerentes a sustentabilidade que podem ser realizadas a partir do uso de um sistema de como este.

REFERÊNCIAS

- AGUIAR, A. C. L. DE et al. **Blog como ferramenta educacional: contribuições para o processo interdisciplinar de educação em saúde.** Revista Eletrônica de Comunicação, Informação e Inovação em Saúde, v. 12, n. 2, 2018.
- ALTIERI, M. A. **Agroecologia: a dinâmica produtiva da agricultura sustentável.** Porto Alegre, UFRGS. 1998.
- BACICH, L.; MORAN, J. **Metodologias ativas para uma educação inovadora: uma abordagem teórico-prática.** [s.l.] Penso Editora, 2018.
- BARDIN, L. **Análise do discurso.** Lisboa: Edições, v. 70, 1977.
- BARROS, R. L. N.; RODRIGUES, N. L. **Implantação de sistema de aquaponia para práticas de aprendizagem.** Fórum de Integração Ensino, Pesquisa, Extensão e Inovação Tecnológica do IFRR-e-ISSN 2447-1208, v. 4, n. 3, 2017.
- BEHRENS, M. A. **O paradigma emergente e a prática pedagógica.** [s.l.] Champagnat Curitiba, 1999.
- BEHRENS, M. A.; CARPIM, L. **A formação dos professores de educação profissional e o desafio do paradigma da complexidade.** Desafios e trajetórias para o desenvolvimento profissional docente. Curitiba: UTFPR, p. 103–135, 2013.
- BEHRENS, M. A.; RODRIGUES, D. G. **Paradigma emergente: um novo desafio.** Pedagogia em Ação, v. 6, n. 1, 2014.
- BILAR, J. D. G.; BORTOLUZZI, L. Z.; COUTINHO, R. X. **INTERDISCIPLINARIDADE E A PRÁTICA PROFISSIONAL: desafios no ensino médio integrado.** Revista Eletrônica Científica Ensino Interdisciplinar, v. 4, n. 11, p. 397–409, 2018.
- BODNAR, Z.; DE FREITAS, V. P.; SILVA, K. C. **A epistemologia interdisciplinar da sustentabilidade: por uma ecologia integral para a sustentação da casa comum.** Revista Brasileira de Direito, v. 12, n. 2, p. 59–70, 2016.
- BORGES, A. T. **Novos rumos para o laboratório escolar de ciências.** Caderno Brasileiro de Ensino de Física, v. 19, n. 3, p. 291–313, 2002.
- BRASIL. Lei nº 11.892, de 29 de dezembro de 2008. **Institui a Rede Federal de Educação Profissional, Científica e Tecnológica, cria os Institutos Federais de Educação, Ciência e Tecnologia, e dá outras providências.** Brasília, 2008.
- BRASIL. Lei n.º 9.394, de 20/12/1996. **Estabelece a lei de diretrizes e bases da educação nacional.** In: BRZEZINSKI, Iria. LDB interpretada: diversos olhares se entrecruzam. 10. ed. São Paulo: Cortez, 2005. p. 246-266.
- BRAZ FILHO, M. DOS S. P. **Qualidade na produção de peixes em sistemas de recirculação de água.** São Paulo, SP: Centro Universitário Nove de Julho, 2000.

CARNEIRO, P. C. F. et al. **Produção integrada de peixes e vegetais em aquaponia**. Embrapa Tabuleiros Costeiros-Documents—Aracaju, 2015.

CARRILHO, B. B. **Aquaponia como ferramenta na promoção do direito humano à alimentação adequada no município de São Paulo-SP**. 2019. Dissertação de Mestrado (Mestrado em Cidades Inteligentes e Sustentáveis) - Universidade Nove de Julho, São Paulo, 2019.

COELHO, S. DE O. P.; DE ARAÚJO, A. F. G. **A sustentabilidade como princípio constitucional sistêmico e sua relevância na efetivação interdisciplinar da ordem constitucional econômica e social: para além do ambientalismo e do desenvolvimentismo**. REVISTA DA FACULDADE DE DIREITO-UFU, v. 39, n. 1, 2019.

CORRÊA, Bernardo Ramos Simões. **Aquaponia rural**. 2018. xii, 70 f., il. Dissertação (Mestrado em Meio Ambiente e Desenvolvimento Rural)—Universidade de Brasília, Brasília, 2018.

DA SILVA, S. S.; REIS, R. P.; AMÂNCIO, R. **Paradigmas ambientais nos relatos de sustentabilidade de organizações do setor de energia elétrica**. RAM. Revista de Administração Mackenzie, v. 12, n. 3, p. 146–176, 2011.

DE LIMA ARAUJO, R. M.; FRIGOTTO, G. **Práticas pedagógicas e ensino integrado**. Revista Educação em Questão, v. 52, n. 38, p. 61–80, 2015.

DE MOURA CARVALHO, I. C. **Educação ambiental: a formação do sujeito ecológico**. [s.l.] Cortez Editora, 2017.

DE OLIVEIRA, S. D. **SISTEMA DE AQUAPONIA**. 2016. 27 f. Trabalho de Conclusão de Curso - Universidade Federal do Goiás, Jataí, 2016.

DE SOUZA BORBA, S. N.; DE VARGAS, D. L.; WIZNIEWSKY, J. G. **Promovendo a Educação Ambiental e Sustentabilidade através da Prática da agricultura de base Ecológica**. Revista Eletrônica do Curso de Direito da UFSM, v. 8, p. 631–639, 2013.

DELIZOICOV, D.; ANGOTTI, J. A.; PERNAMBUCO, M. M. C. A. **Ensino de Ciências: fundamentos e métodos**. In: [s.l.] Cortez, 2002.

DEMO, P. **Pesquisa: princípio científico e educativo**. 12ª edição. São Paulo, 2006.

DIVER, S.; RINEHART, L. **Aquaponics-Integration of hydroponics with aquaculture**. [s.l.] Attra, 2000.

DOS SANTOS, M. J. P. L. **Smart cities and urban areas—Aquaponics as innovative urban agriculture**. Urban forestry & urban greening, v. 20, p. 402–406, 2016.

FAZENDA, I. C. **ICA Interação e interdisciplinaridade no ensino brasileiro: efetividade ou ideologia**. [s.l.] São Paulo, Edições Loyola, 1979.

FAZENDA, I. C. A. **Integração e interdisciplinaridade no ensino brasileiro.** [s.l.] Edições Loyola, v. 4. 2002.

FAZENDA, I. C. A. **Interdisciplinaridade na formação de professores: da teoria à prática.** [s.l.] Editora da ULBRA, 2006.

FAZENDA, I. C. A. **Desafios e perspectivas do trabalho interdisciplinar no Ensino Fundamental: contribuições das pesquisas sobre interdisciplinaridade no Brasil: o reconhecimento de um percurso.** Interdisciplinaridade. Revista do Grupo de Estudos e Pesquisa em Interdisciplinaridade. ISSN 2179-0094., n. 1, p. 10–23, 2011.

FERNANDES, A. M. M. **Interdisciplinaridade: Perspectivas e Desafios na Atualidade.** ID on line REVISTA DE PSICOLOGIA, v. 12, n. 40, p. 101–115, 2018.

FERNANDES, S. R.; HOEPERS, I.; ALBUQUERQUE, M. **Educação, formação profissional e sustentabilidade: articulação do ensino com a pesquisa.** Em Aberto, v. 27, n. 91, 2014.

FREITAS, H.; MOSCAROLA, J. **Da observação à decisão: métodos de pesquisa e de análise quantitativa e qualitativa de dados.** RAE eletrônica, v. 1, n. 1, p. 1–30, 2002.

GADOTTI, M. **Educar para a sustentabilidade: uma contribuição à década da educação para o desenvolvimento sustentável.** São Paulo: Editora e Livraria Instituto Paulo Freire, 2008.

GADOTTI, M. **Gestão democrática com participação popular-Planejamento e organização da educação nacional.** CONAE, 2013.

GARCIA, J. **A interdisciplinaridade segundo os PCNs.** Revista de Educação Pública, v. 17, n. 35, p. 363–378, 2012.

GEDRAITE, R. et al. **Como a utilização de bancada experimental simples de baixo custo torna mais significativo o processo de ensino e aprendizagem nos cursos de engenharia.** XXVIII Congresso de Engenharia Brasileiro de Ensino de Engenharia, Ouro Preto-MG. Anais...2000.

GIL, A. C. **Métodos e técnicas de pesquisa social.** São Paulo: Atlas, 1999. GIL, Antônio Carlos. Como elaborar projetos de pesquisa, v. 5, p. 87–104, 2001.

GOMES, D. V. **Educação para o consumo ético e sustentável.** REMEA-Revista Eletrônica do Mestrado em Educação Ambiental, v. 16, 2006.

HART, E. R.; WEBB, J. B.; DANYLCHUK, A. J. **Implementation of aquaponics in education: An assessment of challenges and solutions.** Science Education International, v. 24, n. 4, p. 460–480, 2013.

HARTMANN, Â. M.; ZIMMERMANN, E. **A sustentabilidade como proposta interdisciplinar para o ensino médio.** IV Encontro de Pesquisa em Educação Ambiental - Questões epistemológicas contemporâneas: o debate modernidade e pós modernidade, Rio Claro, SP, p. 15, 2007.

HEIDEMANN, L. A.; OLIVEIRA, Â. M. M. DE; VEIT, E. A. **Ferramentas online no ensino de ciências: uma proposta com o Google Docs**. Física na escola. São Paulo. Vol. 11, n. 2, (out. 2010), p. 30-33, 2010.

HERBERT, S.; HERBERT, M. **Aquaponics in Australia: the Integration of Aquaculture and Hydroponics**. [s.l.] Aquaponics Pty Limited, 2008.

HUNDLEY, G. C.; NAVARRO, R. D. **Aquaponia: a integração entre piscicultura e a hidroponia**. Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável, p. 10, 2013.

JAPIASSU, H. **Interdisciplinaridade e patologia do saber**. [s.l.] Imago editora, 1976.

JUNGE, R. et al. **Aquaponics as an educational tool**. In: Aquaponics Food Production Systems. [s.l.] Springer, p. 561–595, 2019.

JUNGE, R.; WILHELM, S.; HOFSTETTER, U. **Aquaponic in classrooms as a tool to promote system thinking**. Biotehniški center Naklo, 2014.

KODAMA, Goro. **Viabilidade financeira em sistema de aquaponia**. 2015. xii, 62 f., il. Dissertação (Mestrado em Ciências Animais)—Universidade de Brasília, Brasília, 2015.

LEFF, E. **Complexidade, racionalidade ambiental e diálogo de saberes**. Educação & realidade, v. 34, n. 3, p. 17–24, 2009.

LEFF, E. **Complexidade, interdisciplinaridade e saber ambiental. Olhar de Professor**, v. 14, n. 2, p. 309–335, 21 dez. 2011.

LEMOES, R. M. **Representações Sociais das Práticas Pedagógicas dos professores da Educação Profissional Técnica de nível médio**. Dissertação de Mestrado (Mestrado em Educação) - Universidade de Uberaba, Uberaba, 2011.

LEONOR, P. B.; LEITE, S. Q. M.; AMADO, M. V. **Ensino por investigação no primeiro ano do ensino fundamental: análise pedagógica dos três momentos pedagógicos de ciências para alfabetização científica de crianças**. Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências—ENPEC, IX, 2013.

LIBANEO, J. C. **Formação de professores e didática para desenvolvimento humano**. Educação & Realidade, Porto Alegre, v. 40, n. 2, p. 629–650, 2015.

LOBO, A. S. M.; MAIA, L. C. G. **O uso das TICs como ferramenta de ensino-aprendizagem no Ensino Superior**. Caderno de Geografia, v. 25, n. 44, p. 16–26, 2015.

MARCONI, M. DE A.; LAKATOS, E. M. **Fundamentos de metodologia científica**. São Paulo: Atlas; 2011. Melo DM. Fragilidade, desempenho de atividades avançadas de vida diária, 2013.

MARQUES, I. B. DE A. S.; KLEIMAN, A. B. **Educação profissional para além da formação técnica e tecnológica**. EJA em Debate, v. 6, n. 9, 2017.

MAUCIERI, C. et al. **Life cycle assessment of a micro aquaponic system for educational purposes built using recovered material.** Journal of cleaner production, v. 172, p. 3119–3127, 2018.

MORAN, J. M. **A educação que desejamos: novos desafios e como chegar lá.** [s.l.] Papirus Editora, 2007.

MOZZATO, A. R.; GRZYBOVSKI, D. **Análise de conteúdo como técnica de análise de dados qualitativos no campo da administração: potencial e desafios.** Revista de Administração Contemporânea, v. 15, n. 4, p. 731–747, 2011.

NICOLA, J. A.; PANIZ, C. M. **A importância da utilização de diferentes recursos didáticos no Ensino de Ciências e Biologia.** InFor, v. 2, n. 1, p. 355–381, 2017.

OKADO, G. H. C.; QUINELLI, L. **Megatendências Mundiais 2030 e os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS): uma reflexão preliminar sobre a "Nova Agenda" das Nações Unidas.** Revista Baru-Revista Brasileira de Assuntos Regionais e Urbanos, v. 2, n. 2, p. 111–129, 2016.

OLIVEIRA, F.; PEREIRA, E.; JÚNIOR, A. P. **Horta escolar, Educação Ambiental e a interdisciplinaridade.** Revista Brasileira de Educação Ambiental (RevBEA), v. 13, n. 2, p. 10–31, 2018.

OLIVEIRA, G. W. DE B.; JACINSKI, L. **Desenvolvimento de questionário para coleta e análise de dados de uma pesquisa, em substituição ao modelo Google Forms.** Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Departamento Acadêmico De Informática Tecnologia em Análise e Desenvolvimento de Sistemas. Ponta Grossa - 2017.

PACHECO, E. M. **Os Institutos Federais: uma revolução na educação profissional e tecnológica.** Brasília: MEC/SETEC, 2010.

PEREIRA, C. P. **O ambiente virtual usado como suporte ao programa de estágio extracurricular em nutrição clínica na Santa Casa de Misericórdia de Maceió.** 78 f. Dissertação de Mestrado (Gestão de Sistemas e-learning) - Universidade Nova de Lisboa, Lisboa, 2017.

PEREIRA, K. B.; BITTAR, M.; GRIGOLI, J. A. **A transversalidade e a interdisciplinaridade em educação ambiental: uma reflexão dentro da escola.** [s.l.], 2015.

RAKOCY, J. E. **Aquaponics: integrating fish and plant culture.** Aquaculture production systems, v. 1, p. 343–386, 2012.

RAKOCY, J. E.; MASSER, M. P.; LOSORDO, T. M. **Recirculating aquaculture tank production systems: aquaponics—integrating fish and plant culture.** Southern Regional Aquaculture Center, publication no. 454. 2006.

ROCHA, M. O. **Interdisciplinaridade e aprendizagem significativa no contexto da educação profissional e tecnológica do estado do Paraná.** 143 f. Dissertação de Mestrado (Mestrado em Educação) - Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, São Paulo, 2017.

RODRIGUES, G. S. et al. **O estado da arte das práticas didático-pedagógicas em Educação Ambiental (período de 2010 a 2017) na Revista Brasileira de Educação Ambiental**. Revista Brasileira de Educação Ambiental (RevBEA), v. 14, n. 1, p. 9–28, 2019.

SANTOS, E. H. **A interdisciplinaridade como eixo articulador do ensino médio e do ensino técnico de nível médio integrados**. Ministério da Educação/Secretaria de Educação Básica. Ensino médio integrado à educação profissional: integrar para quê, p. 139–153, 2007.

SAUVÉ, L. **Educação Ambiental: possibilidades e limitações**. Educação e pesquisa, v. 31, n. 2, p. 317–322, 2005.

SEEGGER, V.; CANES, S. E.; GARCIA, C. A. X. **Estratégias tecnológicas na prática pedagógica**. Revista Monografias Ambientais, v. 8, n. 8, p. 1887–1899, 2012.

SENICIATO, T.; CAVASSAN, O. **Aulas de campo em ambientes naturais e aprendizagem em ciências: um estudo com alunos do ensino fundamental**. Ciência & Educação (Bauru), p. 133–147, 2004.

SILVA, C. E. V. DA. **Montagem e operação de um sistema de aquaponia: um estudo de caso de agricultura urbana para produção de jundiá (*Rhamdia quelen*) tilápia (*Oreochromis niloticus*) e alface (*Lactuca sativa*)**. [Monografia]. Florianópolis (SC). Universidade Federal de Santa Catarina. 2017.

SORRENTINO, M. et al. **Educação ambiental como política pública**. Educação e pesquisa, v. 31, n. 2, p. 285–299, 2005.

SOUZA, R. T. Y. B. DE. **Aquaponia: uma ferramenta didática para formação inicial e continuada de professores de ciências**. 2018.

SOUZA, R. T. Y. B. DE et al. **Formação continuada de professores de ciências utilizando a Aquaponia como ferramenta didática**. Ciência & Educação (Bauru), v. 25, n. 2, p. 395–410, 2019.

TARDIF, M. **O saber dos professores em seu trabalho. Saberes docentes e formação profissional**. Petrópolis, RJ: Vozes, p. 29–224, 2002.

TUNDISI, J. G.; TUNDISI, T. M. **Limnologia**. [s.l.] Oficina de Textos, 2016.

TYSON, R. V.; TREADWELL, D. D.; SIMONNE, E. H. **Opportunities and challenges to sustainability in aquaponic systems**. HortTechnology, v. 21, n. 1, p. 6–13, 2011.

APÊNDICE

Questionário aplicado aos Docentes do Instituto Federal do Pará – Campus Santarém, sobre a pesquisa de Mestrado "Aquaponia: Tecnologia Sustentável como ferramenta para a integração de conceitos, processos e aplicações na educação profissional e tecnológica."

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ-CAMPUS CASTANHAL PÓS-GRADUAÇÃO EM ESTUDOS ANTRÓPICOS DA AMAZÔNIA

Esclarecimentos

Convidamos o (a) Sr. (a) para participar da pesquisa “AQUAPONIA: TECNOLOGIA SUSTENTÁVEL COMO FERRAMENTA PARA A INTEGRAÇÃO DE CONCEITOS, PROCESSOS E APLICAÇÕES NA EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA”, da pesquisadora Carla da Silva Paula, sob orientação da Profa. Dr. Roberta Sá Leitão Barbosa. A pesquisa tem como objetivo avaliar o sistema de aquaponia enquanto tecnologia sustentável e suas contribuições nos processos de ensino-aprendizagem no contexto da educação profissional e tecnológica. Assim, a sua participação é importante para melhor compreendermos o uso de tecnologias como parte da didática de ensino atuais. A sua participação é voluntária, o que significa que você poderá desistir a qualquer momento, retirando seu consentimento, sem que isso lhe traga nenhum prejuízo ou penalidade. Os dados serão guardados em local seguro e a divulgação dos resultados será feita de forma a não identificar os voluntários.

Consentimento Livre e Esclarecido

Declaro que fui informado (a) sobre o que a pesquisadora quer fazer e porque precisa da minha colaboração, e entendi a explicação. Por isso, eu concordo em participar do projeto, sabendo que não vou ganhar nada e que posso sair quando quiser.

APÓS LER O TERMO DE APRESENTAÇÃO E ACEITE DESCRITOS ACIMA, POR MINHA LIVRE E ESPONTÂNEA VONTADE *

ACEITO PARTICIPAR DA PESQUISA

NÃO ACEITO PARTICIPAR DA PESQUISA

1. Há quanto anos você atua na docência?

Entre 1 e 3 anos

Entre 3 a 5 anos

Entre 5 e 10 anos

Acima de 10 anos

Outro _____

2. De que forma você chegou ao conhecimento do sistema de aquaponia?

Unidade demonstrativa instalada no IFPA-Campus Santarém.

Participação em encontros científicos e/ou extensão com essa temática.

Através de meios digitais.

Através de bibliografia específica da área

Outro _____

3. Qual disciplina você ministrou utilizando o sistema de aquaponia como ferramenta de ensino?

4. Porque você decidiu utilizar o sistema aquapônico como ferramenta didática de ensino?

Facilita a integração entre prática e teoria.

Os alunos demonstram maior interesse quando são utilizadas tecnologias para o aprendizado de determinado conteúdo.

O sistema apresenta ferramentas relacionadas aos assuntos ministrados nas teóricas.

Por ser uma tecnologia que consegue aliar desenvolvimento tecnológico com preservação ambiental.

Por ser uma ferramenta que permite discutir noções de alimentação, sustentabilidade, tecnologias e uma compreensão básica sobre processos físicos, químicos e biológicos.

Outros _____

5. Você encontra dificuldade em utilizar tecnologias sustentáveis para a aplicação de conceitos e atividades em sua disciplina?

() Sim, pois tenho dificuldade em unir os conceitos práticos em minha disciplina com o uso de tecnologias sustentáveis.

() Não, pois existem diversas formas de se aplicar essas tecnologias em variadas áreas do conhecimento.

() Outros _____

6. A utilização do sistema de aquaponia nas aulas contribuiu para a melhoria do entendimento de conceitos teóricos anteriormente discutidos?

() SIM, pois o sistema facilitou relacionar teoria e prática.

() SIM, pois aparentemente houve um maior interesse dos alunos para com o conteúdo.

() NÃO contribuiu.

() Outro _____

7. O sistema de aquaponia apresenta condições técnicas suficientes para sua utilização enquanto ferramenta didática?

() SIM, pois o sistema apresenta componentes de fácil integração entre teoria e prática.

() SIM, pois o sistema apresenta diversos processos físicos, químicos e ciclos biológicos de interesse.

() NÃO, pois necessita de muito conhecimento técnico para usá-lo como ferramenta de ensino.

() Outro _____

8. O sistema de aquaponia permite relacionar os conteúdos discutidos em sua disciplina com outras disciplinas ou áreas do conhecimento?

() SIM

() NÃO

9. O sistema de aquaponia contribuiu para que os estudantes possam analisar problemáticas do contexto de suas futuras áreas de atuação?

() SIM

() NÃO

10. Dentre os tópicos abaixo, quais você considera ter maior relação entre a sua disciplina e o sistema de aquaponia?

- Sustentabilidade e Meio Ambiente;
- Agricultura e Desenvolvimento Rural;
- Economia e Qualidade de Vida;
- Desenvolvimento Tecnológico;
- Outros _____

11. O espaço físico onde o sistema de aquaponia está instalado permite condições adequadas para atividade práticas de ensino?

- SIM, está adequado.
- SIM, porém o espaço físico pode ser limitante quando a turma é numerosa.
- NÃO

12. Caso a resposta anterior seja negativa, justifique

13. Na sua concepção o sistema aquapônico pode ser apropriado ao desenvolvimento de que tipos de atividades nas diferentes áreas do conhecimento?

- Ensino.
- Pesquisa.
- Extensão.
- Permite a integração de ensino, pesquisa e extensão.
- Não se adequa como ferramenta de ensino.

14. Considerando o uso do sistema de aquaponia, quais desses fatores mais contribuiu para a aprendizagem dos conceitos e processos de sua disciplina?

- Interesse do aluno
- Metodologia do professor
- Melhores equipamentos
- Motivação e entusiasmo do professor
- Praticidade do sistema
- Conhecimento prévio do funcionamento do sistema

15. Em sua opinião descreva qual a contribuição da aquaponia enquanto ferramenta educacional na formação dos alunos do IFPA-Santarém? (Sinta-se a vontade para enviar a resposta via áudio caso queira).

ANEXOS

72

Circular
TécnicaAracaju, SE
Dezembro, 2015

Autores

Paulo César Falanghe
Carneiro
Engenheiro-agrônomo,
doutor em Zootecnia,
pesquisador da Embrapa
Tabuleiros Costeiros,
Aracaju, SE

Carlos Adriano Rocha Silva
Moraes
Engenheiro-de-pesoa,
bolsista do Laboratório de
Pesquisa em Aquaponia
da Embrapa Tabuleiros
Costeiros, Aracaju, SE

Maria Urbana Correia Nunes
Engenheira-agrônoma,
doutora em Produção
Vegetal, pesquisadora
da Embrapa Tabuleiros
Costeiros, Aracaju, SE

Alexandre Nizio Maria
Zootecnista, doutor
em Produção Animal,
pesquisador da Embrapa
Tabuleiros Costeiros,
Aracaju, SE

Rodrigo Yudi Fujimoto
Zootecnista, doutor em
Aqüicultura, pesquisador
da Embrapa Tabuleiros
Costeiros, Aracaju, SE

Colaborador

Paulo Sérgio Santos da
Mota
Técnico-agrícola, técnico
da Embrapa Tabuleiros
Costeiros, Aracaju, SE



Construindo um sistema de aquaponia

A aquaponia é um só sistema a produção de peixes e vegetais, utilizando a mesma água num mecanismo de recirculação. Com isso, os dejetos produzidos pelos peixes podem ser aproveitados como fonte de nutrientes pelos vegetais que, por sua vez, melhoram a qualidade da água que retorna aos peixes. Nesse sentido, a aquaponia possibilita a produção de alimentos com grande economia de água e controle total do efluente produzido.

Ao longo dos últimos anos observa-se mudança no comportamento do consumidor que passa a demandar alimentos mais saudáveis e produzidos com menor impacto ambiental. Concomitantemente nota-se também o crescimento contínuo do número de pessoas interessadas em produzir seus próprios alimentos e a aquaponia abre essa possibilidade para pequenos espaços, como quintais, terraços e varandas.

Para atender esse público o Laboratório de Pesquisa em Aquaponia da Embrapa Tabuleiros Costeiros (LAPAq) desenvolveu um sistema modular que supre parte da demanda por hortaliças e peixes de uma família. Trata-se de um sistema simples construído com materiais de baixo custo facilmente encontrados no mercado. Portanto, o objetivo desta publicação é apresentar informações detalhadas sobre a montagem e operação desse sistema de produção de peixes e vegetais em nível familiar.

Características básicas do sistema

O sistema aquapônico proposto é passível de alterações, principalmente na configuração dos ambientes de cultivo de vegetais, permitindo adaptar-se às variações de preferências alimentares das famílias brasileiras por diferentes tipos de hortaliças. Esse sistema permite, por exemplo, aumentar sua área de produção de hortaliças folhosas em detrimento à área de cultivo de raízes tuberosas, ou vice-versa. De uma forma geral, o sistema tem como componentes básicos um tanque de criação de peixes, um filtro de sólidos decantáveis, um filtro de sólidos em suspensão, um ambiente para produção de hortaliças que frutificam, um ambiente de cultivo de hortaliças folhosas, um ambiente de cultivo de raízes tuberosas e um ambiente para a produção de mudas (Figura 1; Anexo 1).



Figura 1. Sistema modular de aquaponia em nível familiar desenvolvido no Laboratório de Pesquisa em Aquaponia da Embrapa Tabuleiros Costeiros (LAPAq) que conta com (A) um tanque de criação de peixes de 600 L de volume útil, (B) um filtro de sólidos decantáveis de 200 L, (B') um mineralizador, (C) um filtro de sólidos em suspensão de 20 L e três ambientes distintos de cultivo com 1 m² cada: (D) ambiente de pedra bruta para hortaliças que frutificam; (E) ambiente flutuante para produção de hortaliças folhosas apoiadas em placas de isopor; (F) ambiente de cultivo de raízes tuberosas em areia. (G) ambiente para produção de mudas em areia.

2 | Montagem e Operação de um Sistema Familiar de Aquaponia para Produção de Peixes e Hortaliças

Descrição e construção dos componentes do sistema modular de aquaponia familiar

Tanque de criação de peixes

A construção do tanque de criação dos peixes, bem como dos três ambientes de cultivo de vegetais, é feita a partir de containers do tipo IBC - *intermediate bulk container* (Figura 2), material facilmente encontrado em lojas que vendem recipientes reutilizáveis. Ressalta-se a importância

de adquirir recipientes que não tenham sido utilizados com substâncias tóxicas, uma vez que seu emprego na aquaponia será para a produção de alimentos.

O primeiro passo para a preparação do tanque de criação dos peixes é cortar a parte superior do container com aproximadamente 20 cm de altura. O mesmo procedimento deve ser feito na estrutura de metal que faz parte do container (Figura 3).



Figura 2. Container tipo IBC (*intermediate bulk container*) de 1000 L.



Figura 3. Detalhe do corte do container IBC (recipiente plástico e estrutura metálica) em duas partes, (A) a superior com 20 cm e (B) a inferior com 80 cm.

Com isso, a parte inferior (maior), com capacidade total de aproximadamente 800 L, será utilizada para a contenção dos peixes e a parte superior será utilizada como ambiente de produção de hortaliças que frutificam.

Após cortadas, as peças plásticas devem ser pintadas externamente com uma camada de tinta preta para evitar a entrada de luz, e conseqüente proliferação de algas. Após secagem, faz-se necessária a aplicação de uma camada de tinta de coloração clara para evitar o superaquecimento da água que estará contida nestes recipientes. (Figura 4).



Figura 4. Detalhe das partes plásticas do container IBC logo após a pintura com tinta preta.

A caixa de criação dos peixes deverá ser enterrada parcialmente, ficando 30 cm abaixo do nível do solo, para possibilitar desnível suficiente para o funcionamento do sistema com apenas uma bomba d'água. Como esta caixa também servirá de suporte de apoio para a caixa onde será feito o cultivo de raízes tuberosas, será necessária a instalação de barras de madeira para fortalecimento da estrutura lateral, conforme apresentado na Figura 5. Dentro da caixa de criação dos peixes, deverá ser instalada uma bomba submersa silenciosa que garanta

vazão entre 600 a 800 L/h no sistema. Aeração também deve ser providenciada, não apenas para o suprimento de oxigênio dentro da caixa de criação dos peixes como também do mineralizador e do ambiente flutuante que serão vistos adiante. Em lojas de produtos para aquarofilia é possível encontrar esse tipo de bomba d'água com potência inferior a 50 W e compressores eletrostáticos com potência inferior a 20 W, o que confere baixo consumo de energia elétrica (Figura 6).



Figura 5. Caixa de contenção dos peixes após pintura (com camada de tinta de coloração clara sobre camada de tinta preta) instalada a 30 cm abaixo da superfície do solo. (A) Detalhe do reforço com barras de madeira parafusadas na estrutura metálica para sustentar o peso da (B) caixa de cultivo de raízes tuberosas em areia.

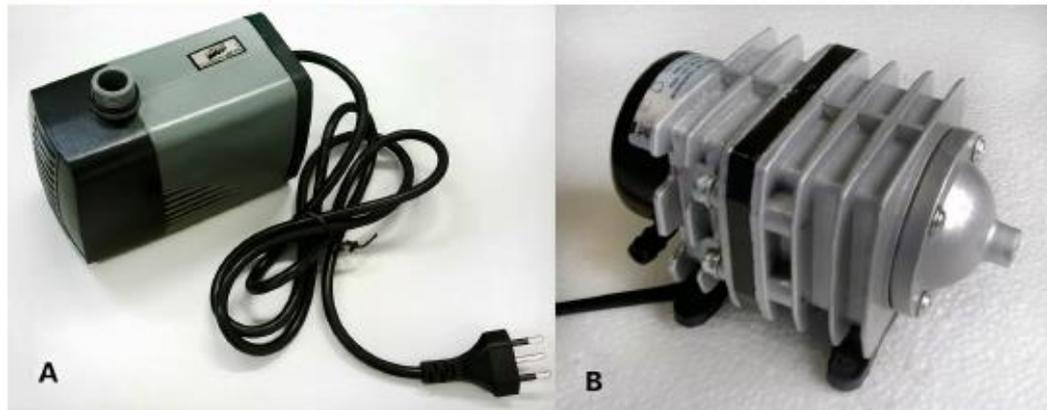


Figura 6. (A) Bomba d'água submersa e (B) compressor eletromagnético de baixo consumo de energia elétrica.

4 | Montagem e Operação de um Sistema Familiar de Aquaponia para Produção de Peixes e Hortaliças

Filtro de sólidos decantáveis e mineralizador

A água bombeada da caixa de criação dos peixes segue para o filtro de sólidos decantáveis onde é feita a separação e retirada das fezes e demais partículas orgânicas mais pesadas a fim de evitar entupimentos no sistema, principalmente do filtro biológico. O filtro de sólidos decantáveis pode ser facilmente construído, utilizando-se um tonel plástico de 150 a 200 L, que pode ser reutilizado desde que não tenha sido usado no transporte de substâncias tóxicas. O material decantado é rico em matéria orgânica e pode ser retido em um balde de 40 a 60 L suprido de aeração, denominado mineralizador, onde haverá a liberação de nutrientes por ação de bactérias aeróbicas. Semanalmente, a aeração pode ser suspensa por alguns minutos para permitir a decantação da matéria orgânica e retirada do sobrenadante, rico em nutrientes, e que pode ser devolvido ao sistema (Figura 7).



Figura 7. Filtro de sólidos decantáveis feito a partir de um tambor plástico de 100 L. (A) Flange de 20 mm de entrada da água vinda da caixa de criação dos peixes. (B) Saída (32 mm) inferior para a retirada do material orgânico decantado. (B1) Registro para facilitar o retorno da água limpa à caixa dos peixes durante procedimento de limpeza. (B2) Registro para a retirada do material decantado ao final do processo de limpeza. (C) Mineralizador. (D) Flange de 32 mm na saída do filtro de sólidos decantáveis. (E) Balde de 20 L instalado de cabeça para baixo entre a entrada da água e sua saída para fazer o barramento e desvio do fluxo da água, contribuindo para a decantação dos sólidos mais pesados e sua retenção no filtro. (F) Vista interna do filtro de sólidos decantáveis mostrando a entrada da água vinda da caixa de criação dos peixes em tubulação de 20 mm instalada de forma a permitir fluxo circular da água e facilitar a decantação dos sólidos mais pesados.

Filtro de sólidos em suspensão

Seguindo o fluxo da água, logo após do filtro de sólidos decantáveis é instalado um filtro para impedir a passagem dos sólidos em suspensão, material mais leve que não foi retido por decantação. Este filtro pode ser feito com um balde plástico de 20 L preenchido com pedaços de telas do tipo mosquiteiro ou sombrite, como ilustra a Figura 8. É importante salientar que os dois filtros apresentados necessitam de limpeza frequente, conforme será descrito adiante, para evitar entupimentos e formação de zonas anóxicas (sem oxigênio) pelo acúmulo localizado de matéria orgânica no sistema, situação prejudicial ao seu bom funcionamento.



Figura 8. Filtro de sólidos em suspensão contendo pedaços de sombrite (elemento filtrante) amarrados em forma de bolsa na tubulação de entrada para conter a passagem de material fino que não foi retido pelo filtro de sólidos decantáveis.

Ambiente de cultivo de hortaliças que frutificam

A água que sai da caixa de criação dos peixes e passa pelos dois filtros físicos segue para os ambientes de produção de vegetais. Para a construção do primeiro ambiente, destinado ao cultivo de hortaliças que frutificam, utiliza-se a parte superior que foi cortada (com 20 cm) e separada do container que deu origem ao tanque de criação dos peixes. Esse recipiente é preenchido com pedra brita ou argila expandida, conforme ilustrado na Figura 9.



Figura 9. Ambiente com pedra brita para suporte ao enraizamento dos vegetais e colonização por bactérias (filtro biológico). (A) Entrada da água vinda do filtro de sólidos em suspensão. (B) Tubo de PVC de 160 mm com 26 cm de altura que separa a pedra brita do sifão de sino instalado na saída da água.

Esse substrato terá duas funções importantes, servindo como suporte ao enraizamento das plantas e substrato ao desenvolvimento de bactérias nitrificantes que farão a transformação da amônia produzida pelos peixes no nitrato que será assimilado pelas vegetais. Portanto, esse ambiente também é denominado de filtro biológico.

Este ambiente é mais adequado ao cultivo de hortaliças arbustivas de ciclos mais longos como pés de tomate, de pimentão, de quiabo etc. Também é possível o cultivo concomitante de outras hortaliças, como por exemplo alface, rúcula, almeirão, enquanto não houver sombreamento projetado pelas plantas maiores. De qualquer forma, não se recomenda o cultivo intenso de plantas de ciclo curto neste ambiente por causa dos restos de raízes que se acumulam após várias colheitas, exigindo limpezas muito frequentes deste substrato. Na saída deste ambiente, que pode ser localizada na parte central, é instalado um elemento importante chamado sifão de sino. Trata-se de uma estrutura feita de tubo e conexões de PVC e que proporciona ciclos de enchimentos e esvaziamentos deste ambiente, condição necessária para a aeração das raízes e das colônias de bactérias do filtro biológico (Figuras 10).



Figura 10. Detalhes dos componentes do sifão de sino. (A) Campânula de 20 cm de altura composta de tubo e cap de PVC de 100 mm. (B) Parte interna do sifão composta de redutor 40/32 mm acoplado a uma das extremidades de um tubo de 32 mm com 10 cm de altura. (C) Flange e adaptador de 32 mm conectando o sifão a um joelho que conduz a água de saída para o próximo ambiente (flutuante) de cultivo de hortaliças.

6 | Montagem e Operação de um Sistema Familiar de Aquaponia para Produção de Peixes e Hortaliças

Flutuante para o cultivo de hortaliças folhosas

A água que sai do ambiente de cultivo de hortaliças que frutificam segue para um segundo ambiente de cultivo, conhecido como flutuante, onde é recomendada a produção de hortaliças folhosas como alface, rúcula, agrião, entre outras (Figura 11). Para sua construção, um segundo container tipo IBC é cortado em duas partes com 40 cm de altura cada, sendo a parte superior utilizada para a construção do ambiente flutuante. Este ambiente terá em seu interior água até altura de aproximadamente 30 cm, delimitada por um flange de 32 mm instalado do lado oposto a entrada. Placas de isopor com orifícios circulares de 5 cm de diâmetro, onde serão inseridas a mudas, ocupam toda a superfície deste recipiente. Os

orifícios distam entre si de acordo com o espaçamento recomendado para a espécie vegetal que será cultivada, sendo possível a produção de 20 a 25 pés de alface por metro quadrado. Mudanças de alface com duas semanas de idade podem ser transferidas para estes orifícios onde devem ser acomodados vasos ou copos plásticos perfurados que permitam sua adequada sustentação e passagem das raízes. Como as raízes das plantas também precisam de oxigênio, é importante inserir na água desse ambiente duas ou três mangueiras trazendo ar do compressor eletromagnético que também será utilizado para suprir a demanda de oxigênio dos peixes contidos no tanque ao lado.



Figura 11. (A) Ambiente flutuante para cultivo de hortaliças folhosas antes da colocação das placas de isopor e (B) com pés de alface em crescimento. (C) Detalhe da placa de isopor que serve de apoio às plantas que tem suas raízes apoiadas em copos plásticos perfurados e imersas na água do sistema.

Ambiente de cultivo de raízes tuberosas e de produção de mudas

Apesar de pouco comum, o cultivo de raízes tuberosas também é possível em aquaponia. Substratos como areia ou pó de coco são propícios para o desenvolvimento de cenoura, rabanete, beterraba e cebola desde que o ambiente não permaneça encharcado, e sim umedecido. Se a água que abastece este ambiente for liberada em sua base, há um movimento natural ascendente por capilaridade que conduz a água e os nutrientes nela dissolvidos até as raízes das plantas.

Para a construção deste terceiro ambiente de cultivo utiliza-se a outra metade de 40 cm de altura da parte inferior do container utilizado para a construção do ambiente flutuante. Tanto o orifício de entrada quanto o de saída da água devem ser instalados na base deste recipiente, a aproximadamente 5 cm de altura. Utilizam-se tubos e conexões de PVC de 32 mm, formando um retângulo para distribuir a água de forma mais homogênea. Para permitir a liberação da água dentro deste ambiente e evitar entupimentos são feitas perfurações voltadas para baixo a cada 5 cm. Para

prevenir encharcamento deste ambiente, faz-se necessária a instalação de um dreno na mesma altura (ou 1 cm abaixo), sendo formado por um flange e um pedaço de 80 cm de tubo de PVC de 32 mm, também com perfurações voltadas para baixo a cada 5 cm. Antes do preenchimento com areia deve ser colocada uma camada de aproximadamente 5 cm de brita até a altura dos canos de entrada, saída e dreno. Acima da camada de brita deve ser colocada duas a três lâminas de sombrite para evitar a mistura da areia e, com isso, facilitar sua retirada durante um possível procedimento de limpeza (Figura 12).

Este ambiente deve ser preenchido com areia de construção previamente lavada, substrato que permitem

umedecimento adequado para o desenvolvimento de raízes tuberosas. Este mesmo ambiente também é adequado para a produção das mudas de alface, tomate etc. que serão transplantadas para crescimento nos dois primeiros ambientes de cultivo deste sistema aquapônico. Para organizar melhor a produção dessas mudas, sugere-se a construção de um ambiente separado, chamado de maternidade, fazendo uma derivação de parte da água que sai do ambiente de cultivo de raízes tuberosas, conforme ilustrado na Figura 13. Notar que toda água que passa pelos ambientes de cultivo das hortaliças retorna à caixa de criação dos peixes, onde é bombeada e volta ao ciclo do sistema.



Figura 12. Ambiente de cultivo de raízes tuberosas em areia. (A) Detalhe da instalação das tubulações de passagem e liberação da água e do dreno antes da colocação da areia lavada. (B) Vista externa após plantio de oenoura.



Figura 13. Maternidades para semeadura e produção de mudas para transplante nos ambientes de cultivo. (A) Derivação para abastecimento das bandejas-maternidade com registro de 20 mm para controle de vazão. (B) Entrada da água nas bandejas-maternidade com mudas de alface em substratos de areia e pó de ovo. (C) Flanges de 20 mm da tubulação de saída e do dreno, retornando a água à caixa de criação de peixes. (D) Produção de mudas de tomateiros em bandeja-maternidade com areia.

8 | Montagem e Operação de um Sistema Familiar de Aquaponia para Produção de Peixes e Hortaliças

Operação do sistema

Enchimento com água

Após a montagem de todo o sistema, inicia-se seu enchimento. É possível a utilização de água tratada, da própria torneira, desde que os peixes não sejam inseridos no sistema antes de 24 horas, tempo suficiente para que o cloro nela contida seja eliminado. É recomendável fazer uma marca na caixa de criação dos peixes, cerca de 20 cm abaixo de sua altura máxima, para orientação no momento em que for feita a reposição da água perdida por evaporação, procedimento que deve ser feito semanalmente. Espera-se reposição de 80 a 150 L semanais, variação que depende das condições de temperatura e umidade da região onde será instalado o sistema. Logo após o enchimento, a bomba d'água deve ser acionada para verificação e ajustes de possíveis vazamentos.

Povoamento e alimentação dos peixes

A origem dos peixes deve ser conhecida para evitar a introdução de animais que possam trazer problemas sanitários ao sistema. O povoamento deve ser feito de forma cautelosa, permitindo a aclimação gradual dos animais às novas condições de qualidade da água. O saco plástico, contendo os peixes, deve ficar flutuando na água do sistema por 30 minutos antes de ser aberto para que haja ajuste da temperatura. Após aberto, deve ser feita introdução gradual da água do sistema no saco com os peixes para equilibrar os parâmetros químicos da água. Após esses procedimentos de aclimação, os peixes devem ser introduzidos no sistema sem a água contida no saco para diminuir as chances de introdução de contaminantes.

Deve ser feita a introdução de peixes de tamanhos variados para não haver oscilações muito altas na densidade dentro do sistema após a retirada de animais em idade de abate. Se não for possível a introdução dos peixes com tamanhos diferentes num mesmo momento, pode ser feita a introdução de apenas uma parcela de animais com peso inicial em períodos espaçados de tempo. Por exemplo, se a opção for povoar o sistema com juvenis de tilápia de 50 g, recomenda-se a introdução de 10 a 15 animais a cada 60 dias, totalizando de 30 a 40 peixes ao final de 120 dias. Ao completar 180 dias já será possível retirar os primeiros de 10 a 15 peixes com idade de abate de aproximadamente 500 g a 700 g (Figura 14). Nessa ocasião devem ser introduzidos de 10 a 15 novos juvenis de 50 g, situação que deverá ser repetida a cada 60 dias. Como se trata de um sistema familiar, os 10 a 15 peixes com idade de abate não precisam ser despescados necessariamente num mesmo dia, e sim dentro de um período de aproximadamente 60 dias, dando à família a oportunidade de ter, com certa

frequência, pescado como suplementação proteica à sua alimentação.



Figura 14. Exemplo de tilápia do Nilo criada em sistema familiar de aquaponia no Laboratório de Pesquisa em Aquaponia da Empresa Tabuleiros Costeiros (LAPAq).

Sugere-se a introdução de animais com pelo menos 50 g para que seja possível a utilização de ração extrusada (flutuante), permitindo a visualização dos peixes durante a alimentação e, com isto, diminuindo perdas de alimento e melhorando a qualidade da água. Como num mesmo ambiente haverá peixes de diversos tamanhos, deve ser utilizada ração com duas granulometrias (4 a 6 mm e 6 a 8 mm) para possibilitar sua ingestão por todos os animais. Pode-se optar pelo uso apenas da ração com 6-8 mm, desde que antes do fornecimento uma porção seja quebrada para possibilitar sua ingestão pelos peixes menores. Recomenda-se a aquisição de ração de boa qualidade, geralmente aquela indicada para o cultivo em tanques-rede, com 30 a 35 % de proteína bruta, por se tratar de um alimento de valor nutricional mais elevado. O fornecimento de ração deve ser feito 2 a 3 vezes ao dia, sempre com atenção ao comportamento alimentar dos peixes. Em termos práticos, deve-se fornecer a quantidade de ração que os animais comam em 15 minutos. Se houver sobra, diminuir a quantidade na alimentação seguinte.

Funcionamento do filtro biológico, sementeiras, transplantios e colheitas

O pleno funcionamento do filtro biológico ocorre após 30 a 40 dias da introdução dos peixes. Portanto, 20 dias após a introdução dos primeiros peixes já é possível fazer a sementeira das primeiras mudas de alface e tomate na maternidade e de algumas raízes tuberosas (cenoura, cebola, rabanete, beterraba etc.) no ambiente de areia. Mudas de alface de 2 a 3 semanas de idade poderão ser transplantadas ao ambiente flutuante. O mesmo pode ser feito com as mudas de tomateiros, podendo ser transplantadas ao ambiente com brita após 30 dias na maternidade. A retirada das mudas da areia deve ser feita com cautela para não danificar a raiz, sendo necessário o enxague cuidadoso das raízes em um recipiente com água do próprio sistema (Figura 15).



Figura 16. Mudas de (A) alface e (B) tomateiro retiradas da maternidade e passando pelo procedimento de lavagem de raiz antes do transplante para os ambientes de cultivo.

Da mesma forma que a densidade de peixes não deve oscilar demasiadamente ao longo do tempo, todas as plantas também não podem ser plantadas ou colhidas num mesmo momento. Portanto também é necessário o escalonamento do plantio, permitindo que o sistema tenha sempre plantas em diferentes estágios de desenvolvimento e que colheitas parciais sejam realizadas frequentemente. Conforme forem feitas colheitas, novas plantas devem ser semeadas e transplantadas para que o sistema sempre esteja em funcionamento e equilíbrio. Dessa forma, sempre haverá peixes produzindo nutrientes para as plantas e plantas melhorando a qualidade da água que retorna aos peixes.

Suplementação de nutrientes e adequação do pH

Apesar de muitos dos nutrientes exigidos pelas plantas estarem presentes nos dejetos produzidos pelos peixes, existem quatro elementos que nem sempre estão nas quantidades necessárias ao bom desenvolvimento dos vegetais, sendo eles: fósforo (P), cálcio (Ca), potássio (K) e ferro (Fe). A deficiência de fósforo e de cálcio podem ser evitadas facilmente adicionando-se à água do sistema 50 g de hiperfosfato de gafisa (pó de rocha) e de 50 a 100 g de calcário dolomítico a cada 60 dias. Como a aplicação de calcário tem influência no pH e

alcalinidade da água do sistema, vale a pena uma ressalva sobre essa questão. O pH em aquaponia tende a baixar em função de ácidos que são produzidos normalmente pelas bactérias do filtro biológico. A adição do calcário para a suplementação do Ca ajusta, concomitantemente, o valor do pH para a faixa 6,5 a 7,0, ideal para o bom funcionamento deste sistema. Se o pH tender a baixar de 6,5 deve ser feita aplicação adicional de 50 g de calcário e esperar de 24 a 48 horas para fazer nova leitura do pH. A medição do pH da água pode ser feita semanalmente utilizando-se um medidor portátil de baixo custo facilmente encontrado em lojas que vendem produtos para hidroponia.

A deficiência de potássio e ferro pode ser mais frequente em aquaponia, podendo afetar severamente o crescimento e frutificação dos vegetais. Como fonte de potássio recomenda-se a adição de 50 g de sulfato de potássio ou cloreto de potássio a cada 30 a 45 dias. Já a deficiência de ferro pode ser evitada pela aplicação de 5 g de quelato de Fe (tipo EDDHMA ou EDDHA) em intervalos de 30 a 45 dias. Todos esses produtos podem ser adquiridos facilmente, e a preços acessíveis, em lojas de produtos agropecuários ou especializadas em hidroponia.

Limpeza dos filtros

Os filtros de sólidos devem ser limpos pelo menos uma vez por semana. Antes da limpeza faz-se necessário o desligamento da bomba d'água e do soprador de ar do mineralizador. Após 5 minutos é feita a retirada do sobrenadante do mineralizador para que haja espaço em seu interior para receber mais material orgânico que virá dos filtros. O sobrenadante, rico em nutrientes, deve retornar ao sistema. Em seguida, deve ser aberto o registro B2 (Figura 7) para retirada do material acumulado próximo ao flange da base do filtro. Apenas de 1 a 2 L devem passar por esse registro nesse momento, sendo feito seu fechamento logo em seguida. Abre-se então o registro B1 (Figura 7) que retornará a água limpa para a caixa dos peixes. Durante esse procedimento é necessária a observação da descida do nível da água dentro do filtro até aproximadamente 5 cm de altura, momento em que o registro B1 deve ser fechado e o registro B2 deve ser aberto novamente para enviar o restante do material decantado ao mineralizador. Nesse momento, é necessária a adição de um pouco de água (com balde ou mangueira) para auxiliar na retirada total do material que estiver decantado na base do filtro.

Para a limpeza do filtro de sólidos em suspensão, procede-se a retirada das telas de seu interior para limpeza em um balde a parte com um pouco de água. Sugere-se que o material resultante dessa limpeza, rico

em matéria orgânica, permaneça em repouso por alguns minutos para, em seguida, ser enviado ao mineralizador. Outro destino ambientalmente adequado para o resíduo orgânico coletado destes filtros é seu uso como adubo para plantas cultivadas no solo ou em vasos.

Sendo mantida a rotina adequada de limpeza dos filtros de sólidos, pouco material será carregado ao filtro biológico. Com isso, o material que porventura passar ao filtro biológico será mineralizado ali mesmo e não haverá acúmulo, não havendo portanto necessidade de limpá-lo a não ser no momento das colheitas, quando recomenda-se a retirada do máximo possível das raízes das plantas que ficarem entre as pedras britas.

Considerações finais

Seguindo as recomendações de montagem e operação deste sistema de aquaponia é possível que uma família produza alimentos saudáveis por prazo indeterminado, garantindo colheitas frequentes de peixes e hortaliças que podem suprir parte significativa de suas necessidades. Adicionalmente, o manejo de um sistema aquapônico nas dependências de uma residência proporciona momentos agradáveis de interação com plantas e animais. Portanto, além da produção de alimentos de alta qualidade e origem conhecida, manter um sistema de aquaponia em casa propicia momentos de descontração e contato com a natureza.