

CRITÉRIOS DE DESIGN PARA O DESENVOLVIMENTO DE SISTEMAS AQUAPÔNICOS: uma revisão bibliográfica

DESIGN CRITERIA FOR THE DEVELOPMENT OF AQUAPONIC SYSTEMS: a literature review

RAMOS JUNIOR, Hermano Venâncio, Mestrando, Universidade Federal de Pernambuco

ramoshermano@gmail.com

CASTILLO, Leonardo Augusto Gómez, Doutor, Universidade Federal de Pernambuco

leonardo.castillo@ufpe.br

Resumo

O trabalho traz uma breve reflexão sobre o potencial do design como ferramenta para desenvolver soluções sustentáveis que resolvam ou mitiguem problemas complexos como a insegurança alimentar. A partir desta reflexão, se concentra numa revisão bibliográfica focada em aquaponia com o objetivo de melhoria da segurança alimentar, abordando o desenvolvimento de sistemas aquapônicos em vários países da África, Arábia Saudita, Bangladesh e Estados Unidos. São abordados sistemas de diversos tamanhos, desde sistemas reduzidos instalados em quintais residenciais até sistemas com escala comercial, evidenciando a versatilidade da tecnologia para produção otimizada de alimentos em locais com limitação de espaço e recursos.

Palavras Chave: aquaponia; segurança alimentar; revisão bibliográfica

Abstract

The work briefly reflects on the potential of design as a tool to develop sustainable solutions that solve or mitigate complex problems such as food insecurity. Based on this reflection, it focuses on a literature review on aquaponics intending to improve food security, addressing the development of aquaponics systems in several African countries, Saudi Arabia, Bangladesh and the United States. Systems of different sizes are covered, from small systems installed in residential backyards to commercial-scale systems, highlighting the technology's versatility for optimized food production in places with limited space and resources.

Keywords: aquaponics; food security; literature review.

1 Introdução

Historicamente a contribuição do Design para demandas da sociedade acontece majoritariamente no âmbito de artefatos físicos. Mais recentemente, os designers têm investigado contribuições no campo do Design de Serviços, Design de Sistemas e Design para Inovação Social (GONÇALVES, 2020).

“As necessidades de caráter relacional e coletivo precisam de uma perspectiva que vá além de produtos tangíveis isolados para sanar necessidades das pessoas - tanto as individuais quanto aquelas apresentadas em grupos de pessoas. É preciso migrar para o desenho e oferta de experiências intangíveis, com serviços que promovam soluções sistêmicas não só para as pessoas, mas para o meio ambiente e para a economia.” (GONÇALVES, 2020, p. 19)

Pobreza e desigualdade social são grandes barreiras para o desenvolvimento sustentável, e a maneira mais promissora para transpassá-las é através de crescimento econômico e inovação (Johansson et al., 2005). Manzini (2008 apud GONÇALVES, 2020) afirma que uma maneira para anteciparmos transformações globais profundas nesse contexto é provocando muitas transformações locais. Kazazian (2005 apud GONÇALVES, 2020) argumenta que a única alternativa viável para a atuação efetiva do Designer é nessas transformações locais (GONÇALVES, 2020).

“Na busca de soluções locais verdadeiramente sustentáveis, há que se considerar o equilíbrio harmônico entre as dimensões ambiental, social e econômica da sustentabilidade. Alcançar um melhor desempenho em somente uma das dimensões (ex: ambiental), sem atentar para as outras (ex: social e econômica), não significa que a solução desenvolvida poderá ser considerada sustentável.” (GONÇALVES, 2020)

Figura 1: Dimensões da sustentabilidade: ambiental, social e econômica.



Fonte: SILVEIRA, 2022.

As dimensões da sustentabilidade também são ressaltadas por Vezzoli (2018), que as explica: a dimensão ambiental trata das ações para não exceder os limites da biosfera-geosfera; A dimensão social trata das ações que garantam a capacidade das futuras gerações de terem preenchidas suas próprias necessidades, alcançando a equidade e coesão social; A dimensão econômica trata das ações voltadas à ampliação do valor econômico. Estas dimensões se influenciam mutuamente de forma sistêmica e a sustentabilidade global só é alcançada quando elas são contempladas uniformemente. O atendimento às dimensões de forma parcial, quando há a preponderância de uma delas, gera a uma sustentabilidade parcial. (VEZZOLI, 2018)

Ao contemplar a evolução do design para além de objetos tangíveis, abordamos sua aplicação em resolver questões complexas como a segurança alimentar, unindo inovação e sustentabilidade. Este avanço nos leva a reconhecer a alimentação não apenas como uma necessidade básica, mas como um direito humano fundamental, intrinsecamente ligado a condições sociais, econômicas e de saúde pública. Tal perspectiva prepara o terreno para políticas de segurança alimentar, enfatizando a interação do design com estratégias de combate à desnutrição.

Em setembro de 2006 foi promulgada, no Brasil, a Lei Orgânica de Segurança Alimentar e Nutricional (Losan - lei 11.346). Esta lei criou o Sistema Nacional de Segurança Alimentar e Nutricional (SISAN), visando assegurar o direito humano à alimentação adequada. No parágrafo 3 da LOSAN consta a seguinte definição de segurança alimentar:

“A segurança alimentar e nutricional consiste na realização do direito de todos ao acesso regular e permanente a alimentos de qualidade, em quantidade suficiente, sem comprometer o acesso a outras necessidades essenciais, tendo como base práticas alimentares promotoras de saúde que respeitem a diversidade cultural e que sejam ambiental, cultural, econômica e socialmente sustentáveis.” (BRASIL, 2006)

Em 2023 A FAO publicou o relatório “A situação da segurança alimentar e nutricional no mundo 2023”¹ que relacionou insegurança alimentar e nutricional com as dificuldades de renda e a baixa oferta e acessibilidade de alimentos nutritivos (FAO, IFAD, UNICEF, WFP E WHO, 2023). Um estudo nacional publicado em 2024 na revista “Cadernos da Saúde Pública” ratifica essas dificuldades no Brasil. Foram relacionadas várias barreiras dificultando o acesso dos residentes de favelas, como a falta de informação nutricional, renda insuficiente e uma escassez de estabelecimentos oferecendo alimentos saudáveis a preços justos. Essa realidade enfatiza a necessidade de implementação de políticas públicas e programas que não só ampliem o acesso físico e econômico a esses alimentos, como também considerem as barreiras complexas enfrentadas pelos moradores de favelas. O estudo sugere que as medidas devem incluir o incentivo à criação e manutenção de hortas comunitárias e feiras locais, a fim de facilitar o acesso a alimentos frescos e saudáveis, combatendo a insegurança alimentar e nutricional prevalente nessas áreas. (ROCHA *et al.*, 2024)

A emergência de tecnologias para agricultura urbana pode representar uma revolução na maneira como entendemos e praticamos a produção de alimentos dentro dos centros urbanos. Confrontados com desafios como a escassez de espaço, a necessidade de sustentabilidade ambiental e a urgência de soluções para a segurança alimentar, o design e a tecnologia convergem para criar sistemas de cultivo inovadores. A hidroponia, a aquaponia e outras formas de cultivo emergem não apenas como respostas eficazes a essas questões, mas também como oportunidades para reinventar a interação das comunidades com o meio ambiente e os alimentos

¹ The State of Food Security and Nutrition in the World 2023

que consomem.

2 Revisão Bibliográfica

A partir do interesse na intersecção entre design e soluções para otimização e popularização da agricultura urbana, foi feita uma revisão bibliográfica para entender a relevância acadêmica das temáticas estudadas, especialmente a relação entre a aquaponia e a melhoria da segurança alimentar e nutricional. Foi utilizada a base de dados **Web of Science** para fazer um levantamento de publicações, considerando que é uma referência internacional para pesquisa científica com maior concentração de pesquisas relacionadas às temáticas aqui postas.

Para iniciar a revisão bibliográfica foi definida a seguinte **pergunta de pesquisa**: A aquaponia em pequena escala é viável para melhorar a segurança alimentar familiar? A partir desta pergunta, foram definidas algumas **palavras-chave** para a busca na ferramenta. A base de dados é em inglês e meu direcionamento era buscar trabalhos que estudassem a aquaponia, avaliando sua viabilidade e relacionando a tecnologia com a melhoria da segurança alimentar e nutricional. Desta forma, fiz buscas combinando a palavra “*aquaponics*”² com palavras como “*food security*” (53 resultados), “*viab**” (44 resultados - abrangendo *viabile* e *viability*³), “*urban agriculture*”⁴ (58 resultados) e “*social project*”⁵ (18 resultados), utilizando o conector booleano “AND”.

A partir dos resultados obtidos nas buscas, precisei estabelecer critérios de inclusão e exclusão de trabalhos na revisão bibliográfica. Os **critérios de inclusão** foram definidos para incluir: 1) trabalhos com contexto social e estudos de caso; 2) aquaponia contribuindo para melhoria da segurança alimentar. O **critério de exclusão** foi definido para não considerar: 1) trabalhos muito técnicos sobre espécies de plantas e peixes, análises químicas e biológicas do sistema aquapônico, inserção de tecnologias para automações no sistema, etc., sem contexto com atuação social.

Foi feita a leitura de todos os resumos dos trabalhos e para todos eles foi gerada uma **nuvem de palavras** do resumo e uma do trabalho completo, utilizando a ferramenta online **Wordclouds**⁶. Exemplos de nuvens de palavras geradas nessa etapa são apresentadas na figura 1. Estas nuvens de palavras tiveram o objetivo de registrar visualmente a temática de cada trabalho selecionado, facilitando lembrar do que trata cada um posteriormente. Após a leitura de todos os resumos dos trabalhos, e considerando os critérios de seleção de resultados, percebi que havia muitos resultados em comum nas buscas com estas palavras-chave e resolvi me concentrar nos resultados gerados a partir das palavras-chave “*aquaponics*” e “*food security*”, pois estavam mais aderentes aos questionamentos levantados na problemática e com os objetivos definidos para o trabalho. Ainda assim, por limitação de tempo, foi necessário refinar a pré-seleção feita a partir da leitura dos resumos, onde constavam 40 artigos.

² Aquaponia, em inglês

³ Viável e viabilidade, em inglês

⁴ Agricultura urbana, em inglês

⁵ Projeto social, em inglês

⁶ <https://www.wordclouds.com/>

Com novos testes, executados nos três primeiros artigos selecionados, foi percebida a necessidade de maior detalhamento da pergunta, que foi direcionada à melhoria da segurança alimentar de populações vulnerabilizadas, se adequando melhor ao propósito da pesquisa:

O trabalho apresenta um estudo sobre a aquaponia voltada à melhoria da segurança alimentar e geração de renda para populações vulnerabilizadas? São apresentados estudos de casos?

Tendo essas perguntas como base, os demais questionamentos sobre os trabalhos seriam as questões sugeridas através da análise automática de conteúdo feita pela ferramenta, totalizando 4 perguntas para todos os trabalhos previamente selecionados.

Com esta nova seleção de trabalhos, a lista de selecionados teve um total de 5 artigos, abordando a utilização da aquaponia na África, na Arábia Saudita, em Bangladesh e no Havaí (EUA).

2.1 Sistemas aquapônicos no cenário internacional

Apesar de alguns avanços significativos no combate à fome a nível mundial, este ainda é um problema global com mais 1 bilhão de pessoas em situação de insegurança alimentar. A população da **África** é a que tem maior crescimento no mundo, com expectativa de chegar a 2,4 bilhões de pessoas em 2050, frente a 1,1 bilhões atualmente, isso significa que mais da metade do crescimento populacional mundial até 2050 se dará no continente africano. Seu papel em atingir o ODS 2 da ONU, relacionado à fome, é crucial para mitigar a insegurança alimentar a nível mundial e há esforços de governos e uniões sub-regionais para aumentar investimentos em soluções tecnológicas de cultivo, buscando variedade de produção em grande escala com sustentabilidade. (OBIRIKORANG *et al.*, 2021)

O cenário atual de mudanças climáticas eleva a preocupação na África Subsaariana, que deve ser umas das regiões mais impactadas no mundo, porque as temperaturas já são elevadas e há uma dependência da agricultura tradicional, condicionada à chuva e à economia local fragilizada. Até 2060, cerca de 600 milhões de pessoas devem enfrentar a realidade da insegurança alimentar grave, pois entre 60 e 90 milhões de hectares de terra podem enfrentar secas prolongadas. Os agricultores locais intensificaram esforços para se adaptarem às novas condições climáticas, como mudança de época de plantio e opção por culturas mais resistentes à seca. No entanto, esses esforços não serão suficientes para atender à demanda por alimentos projetada para 2050. Há uma necessidade de expansão de áreas produtivas, porém a perda de áreas cultiváveis é consistente desde os anos 70. Entre 1970 e 2013 houve uma redução de 50% das terras cultiváveis a nível global. Todos esses fatores de imprevisibilidade de eventos climáticos intensos, escassez de água e redução de terras cultiváveis, direcionam cada vez mais a agricultura para tecnologias de cultivo controlado, com uso eficiente de espaço e de recursos. (OBIRIKORANG *et al.*, 2021)

Apesar de que alguns países da África tiveram ganhos significativos em alguns indicadores de redução da pobreza e da fome, o progresso geral do continente ainda é lento. No Chifre da África, região da Somália, no sul de Madagascar e em alguns países da região central do continente o número de pessoas com deficiência nutricional mais do que dobrou desde os anos 90, efeito do

crescimento populacional, instabilidades políticas e guerras civis. O oeste da África reduziu em 60%, no mesmo período, a quantidade de pessoas passando fome, sendo a região subsaariana de maior êxito nesse aspecto, seguida do leste e sul africano, que também fizeram progressos significativos. (OBIRIKORANG *et al.*, 2021)

A insegurança alimentar também considera a qualidade nutricional dos alimentos, ou seja, transcende as questões de disponibilidade e ingestão. Nesse aspecto, o peixe é sempre destacado como alimento de grande valor nutricional e visto como um fator que tem grande potencial de melhorar a segurança alimentar de populações rurais mais pobres, especialmente de mulheres e crianças. (OBIRIKORANG *et al.*, 2021)

Nesse contexto, a aquaponia surge como uma prática promissora, se destacando pelo seu potencial em proporcionar melhorias na segurança alimentar através da produção simultânea de peixes e vegetais. Além de ser uma solução inovadora, oferece uma alternativa sustentável às técnicas convencionais de aquicultura, que muitas vezes estão limitadas pela disponibilidade de terra e água, além de preocupações com impactos ambientais. (OBIRIKORANG *et al.*, 2021)

A implementação de sistemas aquapônicos, tanto em escala comercial quanto comunitária, tem demonstrado resultados positivos no aumento da produção local de alimentos, ajudando a diminuir os déficits estruturais de abastecimento e a prevenir a formação de "desertos alimentares". A tecnologia cresce em um ritmo animador na África, também pela percepção do seu potencial frente à condição de emergência climática e crescimento populacional, principalmente em centros urbanos. (OBIRIKORANG *et al.*, 2021)

Obirikorang *et al.* (2021) traçam um panorama da aquaponia no continente africano através de uma revisão bibliográfica que levantou 82 publicações sobre aquaponia em 15 países africanos, dos quais os que mais se destacam na implementação da tecnologia são Egito, África do Sul, Quênia e Nigéria.

A expectativa de crescimento populacional para os próximos anos, somada com a redução da disponibilidade *per capita* de água, requerem a otimização da produção de alimentos. As experiências comerciais com aquaponia no **norte da África** têm mostrado o potencial da tecnologia no cultivo sustentável de alimentos, com o uso racional de água em regiões com alto índice de escassez hídrica. As regiões mais secas e áridas podem se beneficiar com a aquaponia e atingir níveis de subsistência, enquanto reduzem a pegada ambiental. Ainda há ressalva sobre o alto custo inicial da implementação do sistema, isso dificulta a sua adoção por pequenos agricultores. (OBIRIKORANG *et al.*, 2021)

No **Egito** a aquicultura e aquaponia são consideradas tecnologias viáveis para atingir os ODS globais da ONU, a erradicação da extrema pobreza e da fome. Existem muitas empresas privadas oferecendo módulos escaláveis de aquaponia para promover a auto-suficiência alimentar das famílias. A aquaponia também é implementada nesse país com o objetivo de redução das importações de alimentos, e se correlaciona com a crescente demanda por proteína animal, o que também pode reduzir o custo da alimentação para as populações mais pobres. Também há várias aquaponias de larga escala espalhadas pelo país, especialmente em regiões com limitações de recursos hídricos e terras cultiváveis. Estudos comparativos mostraram uma maior produtividade do cultivo flutuante (DWC) frente ao cultivo que utiliza areia como substrato. (OBIRIKORANG *et al.*, 2021)

No **sul da África**, a aquaponia pode facilitar a produção agrícola em áreas densamente urbanizadas, com aumento da pobreza; em áreas com solos degradados, como antigas minas de carvão, por exemplo; ou grande limitação de água. O custo de operação do sistema aquapônico nessa região pode ser mais elevado devido à necessidade de controle térmico da água do sistema por conta das baixas temperaturas em determinadas épocas do ano. (OBIRIKORANG *et al.*, 2021)

Na **África do Sul** as aquaponias comerciais geralmente adotam um tamanho padrão de tanque com 5.000 m³ (5 milhões de litros, aproximadamente), cultivando peixes com uma densidade populacional entre 60 e 200 kg/m³. As vendas de produtos das aquaponias são populares pela percepção de qualidade, isso impacta a segurança alimentar e nutricional da população. A maioria dos sistemas aquapônicos foi construída com recursos próprios, mas também há sistemas implementados com apoio do Departamento de Agricultura. O tipo de cultivo mais comum é feito com a utilização de substrato de cascalho, o que reduz o custo do sistema, pois o cascalho também funciona como filtro biológico. (OBIRIKORANG *et al.*, 2021)

No Cabo Ocidental da África do Sul, na luta contra o aumento da insegurança alimentar foram instalados sistemas de aquaponia de pequeno porte em quintais urbanos, para aumentar a autossuficiência alimentar e gerar renda. Em algumas dessas aquaponias há a produção de alevinos e mudas. (OBIRIKORANG *et al.*, 2021)

Na **Namíbia**, estudos sobre a viabilidade da aquaponia para melhoria da segurança alimentar, sustentabilidade, geração de renda e como recurso educacional, mostraram que essa tecnologia é uma das maneiras mais eficientes para combater a insegurança alimentar. Uma parte da população, cerca de 430.000 pessoas, importa 70% dos seus alimentos da África do Sul. (OBIRIKORANG *et al.*, 2021)

No **Zimbábue**, a aquaponia é considerada como um meio viável de evitar a fome num cenário de crescimento populacional, métodos produtivos tradicionais ineficientes e baixa incidência de chuvas. Para escapar dos problemas com fornecimento elétrico, foi construído um protótipo de sistema aquapônico alimentado por energia solar, capaz de manter o sistema em constante funcionamento. O módulo utiliza bomba d'água, compressor e componentes eletrônicos como um arduino e alguns sensores. Este sistema foi pensado para ser escalável e fácil de instalar em outras localidades. (OBIRIKORANG *et al.*, 2021)

Na região **oeste da África**, um projeto piloto em pequena escala implementou a Aquaponia Sustentável para Segurança Nutricional e Alimentar na África Subsaariana Urbana (SANFU⁸) com o objetivo de coletar dados para estudar a viabilidade de sistemas aquapônicos na **Nigéria**. O estudo destaca que a utilização de materiais locais para a construção de um módulo produtivo pode mudar significativamente a relação custo-benefício, aumentando as chances de pessoas de baixa renda terem acesso à construção de um sistema de aquaponia, contribuindo para a segurança alimentar e nutricional. (OBIRIKORANG *et al.*, 2021)

Benjamin *et al.* (2020) detalham o projeto com o sistema aquapônico SANFU em Lagos, na Nigéria. O módulo produtivo conta com uma aquaponia sustentável composta por três camadas de cultivo (granito, seixos de argila e inundações constantes) e dois tanques de peixes. As camadas de cultivo são estimadas em 2,5 m² e cada tanque de peixes tem entre 800L e 1.000L, o que caracteriza uma aquaponia de pequena escala. O projeto SANFU foi implementado em um espaço

⁸ Sustainable Aquaponics for Nutritional and Food Security in Urban Sub-Saharan Africa

parcialmente aberto de 6,7 m². Os dados coletados incluem insumos como a alimentação dos peixes, água, peso dos peixes, indicadores de crescimento das plantas (altura, largura e comprimento das folhas), horas trabalhadas, custos de construção, investimento, e custos operacionais. O estudo também coletou valores de mercado de vegetais e peixes nos mercados locais em Lagos (capital) e locais próximos, entre outubro de 2019 e março de 2020, durante a transição das estações úmida e seca na Nigéria, concluindo que a aquaponia de pequena escala se torna viável se implementada com materiais e insumos locais. (BENJAMIN, 2020)

Tabela 1: Comparativo do custo de investimento (em euros) do sistema aquapônico SANFU, implementado na Nigéria, com materiais importados e locais.

Material	Valor (€) Materiais Importados	Valor (€) Materiais Locais	Duração (anos)
Construções (escritório, estufa aberta)	2.500	N/A	30
Tanques dos peixes e camas de cultivo (trabalho incluso)	700	500	10
Trabalho (implementação do sistema)	1.000	N/A	-
Bombas de ar	50	120	10
Bombas de água	120	163	5
Encanamento (acessórios inclusos)	300	220	10
Sistema fotovoltaico	690	-	25
Energia (substituindo sistema fotovoltaico)	-	625	-
Granito	50	37	10
Material de pesca	50	50	5
Kit de teste (pH)	150	150	5
Seixos de argila	50	N/A	10
Total	5.660	1.865	

Fonte: Benjamin *et al.*, 2020, traduzida e adaptada pelos autores. Nota: N/A - não aplicável; se o sistema aquapônico for adotado por uma família para suplementação da dieta, esses custos não são considerados.

Em **Gana**, a parceria entre um instituto de pesquisa local e um instituto de pesquisa brasileiro possibilitou a implementação de um sistema de aquaponia experimental, onde a recirculação de água funciona desacoplada entre os sistemas de aquicultura e de hidroponia, mantendo-os como sistemas independentes. A água do tanque dos peixes foi tratada e direcionada

para culturas de milho, resultando em um aumento de produtividade comparado à média de produção local. Uma das vantagens do sistema desacoplado é que ele permite fazer a suplementação nutricional da água para as plantas sem interferir diretamente na água direcionada para os peixes. (OBIRIKORANG *et al.*, 2021)

No **leste do continente africano**, fatores como pragas, degradação do solo, eventos climáticos imprevisíveis, secas prolongadas e contínua divisão de terras entre herdeiros, tiveram como consequência uma queda acentuada nos cultivos convencionais do **Quênia**. A aquaponia surgiu como uma alternativa viável para transformar o cultivo de alimentos frente às adversidades climáticas, suprindo o mercado local, driblando a sazonalidade e, conseqüentemente, impactando positivamente a segurança alimentar da população. (OBIRIKORANG *et al.*, 2021)

Tabela 2: Comparativo da produtividade de sistemas de aquaponia em países da África.

País	Escala	Espécies de Peixes	Plantas cultivadas	Biomassa dos peixes	Colheitas vegetais
Nigéria	Pequena escala	Tilápia do Nilo e Bagre africano	Espinafre, berinjela e tomates	27,9 kg/ano	3kg/ano
Gana	Comercial	Tilápia do Nilo	Milho	-	2,3 t/ha
Costa do Marfim	Pequena escala	Tilápia do Nilo	Tomates	60 kg/mês	81 kg/mês
Egito	Comercial	-	Bredo	-	
Quênia	Pequena escala	Tilápia do Nilo	Bredo, abóbora, artemísia	-	1,1 kg/m ² (bredos); 1,3 kg/m ² (abóbora); e 1,6 kg/m ² (artemísia)
Egito	Comercial	Tilápia do Nilo	Alface, cebolinha, manjeriço	5 - 7,5 t/ano	7,5 t/ano (alface); 3,2 t/ano (manjeriço); e 2,6 t/ano (cebolinha)
Nigéria	Pequena escala	Bagre	Abóbora	160 kg/m ³	43 kg / 4 meses
Egito	Pequena escala	Tilápia do Nilo	Pimentão, pimenta, abobrinha, repolho, berinjela e tomates	35,6 kg/m ³ / 16 semanas	25 kg (pimentão); 37 kg (pimenta); 50 kg (abobrinha); 90 kg (tomate), 180 kg (berinjela e repolho)

Fonte: Obirikorang *et al.*, 2021, traduzida e adaptada pelos autores.

Ainda no Quênia, um experimento introduziu larvas de mosca soldado negro (BSFL⁹) em substituição à ração e constatou efeitos positivos na otimização do crescimento de peixes e plantas. O fornecimento regular de energia elétrica ainda é um grande desafio para adoção da tecnologia em grande escala nas áreas rurais, assim como os custos de insumos, implementação do sistema, e dificuldades de acesso a financiamentos para a agricultura. Apesar das dificuldades,

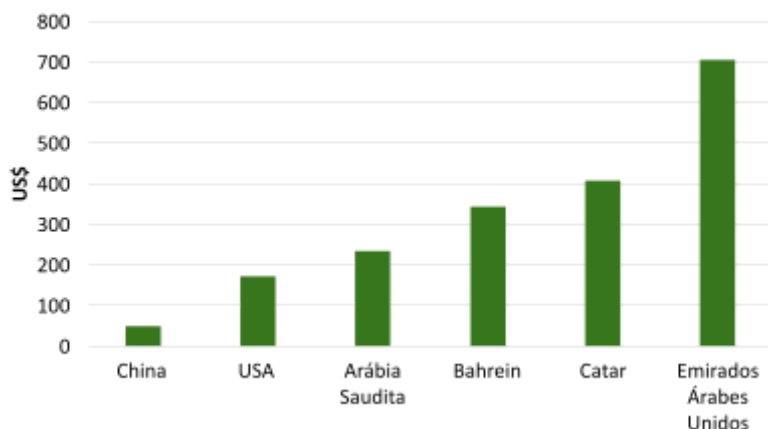
⁹ Black soldier fly larvae (BSFL)

um estudo em Nairóbi (capital) mostrou que as pessoas estão dispostas a pagar mais pelos produtos oriundos da aquaponia, porque os percebem como alimentos mais saudáveis, frescos e livres de pesticidas. (OBIRIKORANG *et al.*, 2021)

Na **Arábia Saudita**, produzir alimentos em condições adversas, resultantes do clima árido, escassez de água, crescimento populacional e urbanização, crise energética, degradação do solo e mudanças climáticas é bastante desafiador ou até impossível em muitos casos. A região MENA¹⁰ (Oriente Médio e Norte da África), onde o país está localizado, tem 6% da população mundial e apenas 1,4% da água doce do mundo, o que a torna a região com maior escassez de água. A demanda de água para agricultura é obtida com águas subterrâneas renováveis e não renováveis, águas superficiais, águas dessalinizadas e águas residuais tratadas, das quais as mais utilizadas são as reservas não renováveis. Para se ter uma ideia, a disponibilidade *per capita* de recursos hídricos na Arábia Saudita reduziu 30% desde o ano 2000, causando grande preocupação sobre a segurança hídrica na região. (MEMON *et al.*, 2022)

A soberania alimentar na Arábia Saudita também é um ponto sensível. Estima-se que em 2050 o país deve importar 100% dos alimentos consumidos. Em 2019 a estimativa de despesas anuais com importação de vegetais foi de US\$240 *per capita*, ultrapassando US\$8 bilhões no total, e a de peixes chegou a US\$19 milhões. Esses valores evidenciam a grande dependência de alimentos importados, dando destaque ao problema da segurança alimentar da população. O mesmo acontece com os países vizinhos, que também importam a maior parte de seus alimentos de países distantes. (MEMON *et al.*, 2022)

Figura 3: Importação per capita de alimentos em dólar, no ano de 2019.



Fonte: Memon *et al.*, 2022, traduzida e adaptada pelos autores.

Memon *et al.* (2022) defendem que os métodos de cultivo, técnicas e pesquisas para garantir uma produção sustentável e eficiente devem ser priorizados, otimizando o uso de recursos hídricos e energéticos, reduzindo as milhas alimentares (*food miles*) e produzindo alimentos são, saudáveis e nutritivos. Os autores apontam a aquaponia como uma possível resposta para esta questão, destacando seu potencial como uma tecnologia integrada baseada na relação simbiótica entre peixe, bactéria benéfica e plantas, implicando em um sistema com múltiplas culturas como peixe, frutas e vegetais, simultaneamente reciclando água e nutrientes. (MEMON *et al.*, 2022)

¹⁰ Middle East e North Africa (MENA)

Quadro 1: Análise FOFA (Forças, Oportunidade, Fraquezas e Ameaças) da aquaponia na Arábia Saudita.

Forças	Oportunidades
<p>1. Produto: Qualidade superior, fresco, colheita consistente, crescimento uniforme, alto valor nutricional, maior prazo de validade.</p> <p>2. Fontes de receita: Varejo, alimentação e bebidas (restaurantes) e setor B2C, treinamentos e workshops, agroturismo, suprimentos e serviços.</p> <p>3. Competências: Baixo uso de água, possibilidade de agricultura descentralizada e urbana (pode ser feita em telhados e quintais), cultivo protegido, 100% orgânico e livre de produtos químicos, probabilidade muito baixa de doenças em comparação com hidroponia e aquicultura, a proximidade do mercado implica menos milhas alimentares (<i>foodmiles</i>) e custos de embalagem, sem solo.</p> <p>4. Vantagens gerais: Em conformidade com os padrões e regulamentos de segurança ambiental, falta de concorrência no mercado, eficiência no uso de recursos, possibilidade de integração com geração de energia solar e geotérmica.</p>	<p>1. Disponibilidade de tecnologia: Infraestrutura de transporte superior, rede rodoviária bem conectada em toda a Arábia Saudita e no Médio Oriente, tecnologias de controle climático para estufa estão disponíveis, é possível adquirir tecnologia de ponta devido ao setor maduro de petróleo e gás existente.</p> <p>2. Políticas governamentais: A Visão 2030 e a estratégia hídrica do Ministério do Meio Ambiente, Água e Agricultura¹¹ prevêem um país com segurança hídrica e alimentar.</p> <p>3. Cliente: Mudança para uma dieta orgânica e saudável, consciência sobre um estilo de vida consciente da saúde, agricultura ambientalmente responsável.</p> <p>4. Vazios de mercado: Ausência de opções orgânicas econômicas para o consumidor, os produtos locais frescos são altamente sazonais e majoritariamente inorgânicos, com curto prazo de validade das importações.</p> <p>5. Tendências favoráveis: Preferência por produtos locais com benefícios ambientais e frescura superior.</p>
Fraquezas	Ameaças
<p>1. Meio ambiente: Lidar com altas temperaturas e umidade de maneira econômica, disponibilidade de água de qualidade aceitável.</p> <p>2. Fontes de perda de receitas: temperaturas extremas, tempestades de areia, custos energéticos mais elevados devido ao controle climático, pragas.</p> <p>3. Elevados custos de capital para construção do sistema.</p> <p>4. Necessita de conhecimentos especializados, que ainda são limitados em termos de experiências e habilidades.</p>	<p>1. Obstáculos: Mercados voláteis, alternativas mais baratas tornam-se favoráveis à medida que o índice de preços de alimentos¹² aumenta, alternativas importadas penetram constantemente no mercado, obter certificação orgânica e livre de produtos químicos da autoridade saudita de alimentos e medicamentos (FDA) para a Aquaponia, espalhar a consciência entre os habitantes locais.</p> <p>2. Fatores econômicos: Os padrões comerciais e de compra são altamente dependentes das condições econômico-políticas e dos elevados custos laborais e de importação no país.</p> <p>3. Vulnerabilidades: O equilíbrio entre as exigências dos clientes e as condições meteorológicas, as culturas adequadas ao clima limitam a variedade de culturas e a penetração no mercado pode exigir preços iniciais baixos.</p>

Fonte: Memon *et al.*, 2021, traduzida e adaptada pelos autores.

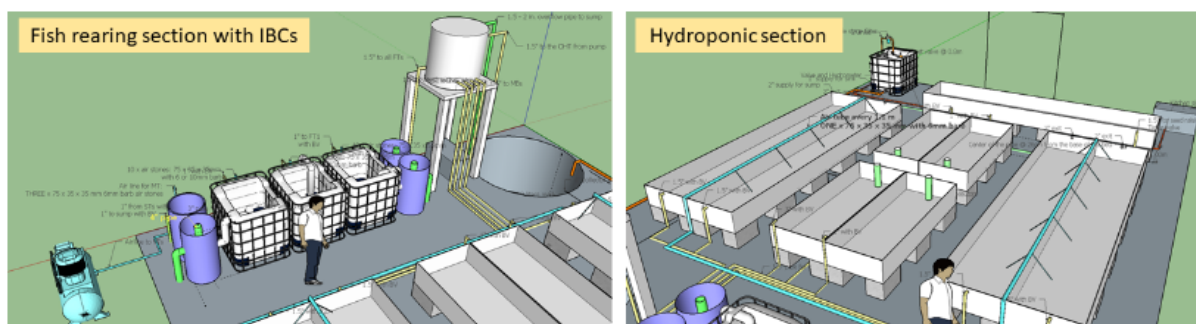
¹¹ Ministry of Environment, Water and Agriculture (MEWA)

¹² Food Price Index (FPI)

Como primeiro passo para a construção de um sistema aquapônico de escala comercial para estudos de viabilidade e aceitação de mercado, foi realizada uma análise FOFA¹³ (Forças, Oportunidades, Fraquezas e Ameaças), cuja ideia era utilizar os resultados como diretrizes para projetos do tipo tanto na Arábia Saudita quanto em outros locais com condições climáticas semelhantes. (MEMON *et al.*, 2022)

Foi relatada a construção de um sistema aquapônico na Universidade King Fahd de Petróleo e Minerais, na costa leste do país, onde foi necessário um estudo prévio das condições locais de inclinação do terreno, ângulos de incidência de luz solar, disponibilidade de recursos hídricos e elétricos, instalações, possibilidade de escavação do solo, etc.. Um dos grandes desafios do projeto foi o de manter a água do tanque a uma temperatura entre 23°C e 28°C, devido às grandes variações de temperatura ao longo do ano, o que foi solucionado em parte enterrando o reservatório para utilização da energia geotérmica. Ainda assim, foi necessária a instalação de reguladores de temperatura da água, o que elevou ainda mais o custo do projeto. Os autores também destacam a utilização de aço inoxidável para as partes metálicas, por conta da possível oxidação proveniente da água ácida do sistema. (MEMON *et al.*, 2022)

Figura 4: Print de um modelo 3D para construção de aquaponia de escala comercial na Arábia Saudita.



Fonte: Memon *et al.*, 2021.

O sistema utiliza cultivos flutuantes (DWC) e camas de substrato, onde foram utilizados seixos de argila devido à eficiência e ao baixo custo do material. A utilização de reservatórios multiuso gradeados (IBC) foi a opção mais viável para este projeto. Foi necessária a utilização de compressores de ar para a oxigenação do cultivo flutuante e do tanque dos peixes. Foram definidas, ainda, rotinas diária (monitoramento de oxigênio dissolvido, pH, amônia, fosfatos, nitritos e nitratos) e semanal (recolhimento de amostras de sólidos suspensos e dissolvidos) para análise dos parâmetros da água do sistema e garantia da sua estabilidade. Para evitar situações críticas, os autores consideram de fundamental importância manter um sistema completo de backup, ligado a uma fonte alternativa de energia, o que eleva bastante os requisitos e custos de um sistema de escala comercial. (MEMON *et al.*, 2022)

¹³ SWOT - Strengths, Weaknesses, Opportunities, Threats

Figura 5: Estufa de fibra de vidro translúcida para aquaponia comercial na Arábia Saudita, coberta com tela que bloqueia 70% da luz solar.



Fonte: Memon *et al.*, 2021.

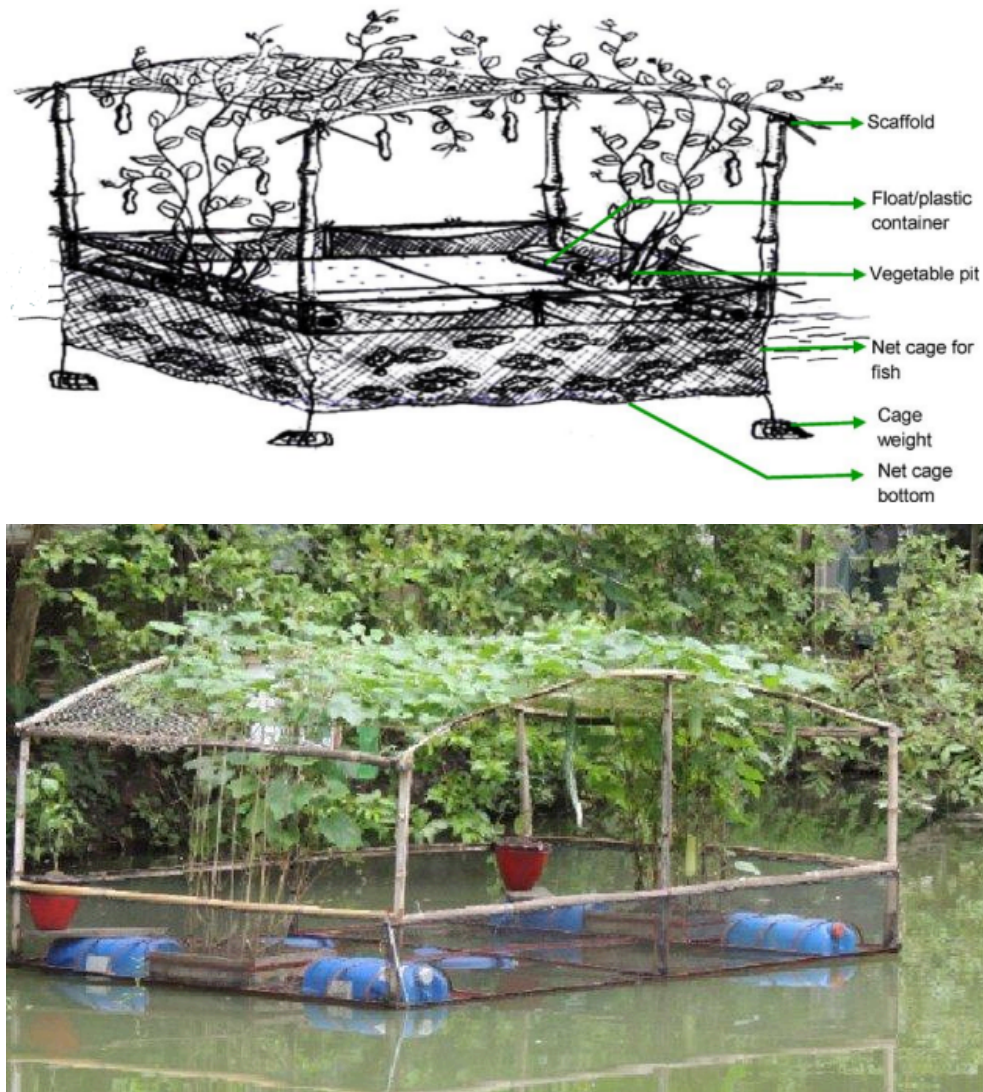
Bangladesh também enfrenta os desafios da redução de áreas cultiváveis, crescimento populacional e clima complexo e imprevisível. Nas áreas litorâneas, ervas e vegetais não conseguem crescer bem porque as terras se mantêm alagadas na estação chuvosa, e ficam muito secas por falta de irrigação durante o resto do ano. A salinidade do solo na região também dificulta o cultivo. Na região de Barisal, centro-sul do país, os vegetais são cultivados em diques de lagos domésticos para evitar o alagamento da terra, enquanto os peixes são mantidos no lago. Entretanto, os lagos são rodeados por árvores de grande porte e isso dificulta a penetração dos raios solares, prejudicando o crescimento das plantas. Outro problema é que, com as inundações causadas por fortes chuvas e marés, os peixes podem escapar dos lagos. (SUNNY *et al.*, 2019)

Explorando a possibilidade de otimização desse cultivo integrado, foi proposta a implementação de um sistema aquapônico flutuante, chamado de Sistema Aquageopônico com Gaiolas Flutuantes (*Integrating Floating Cages Aquageoponics System - IFCAS*), o que permitiu direcionar o cultivo de alimentos para o interior dos lagos, onde há mais incidência solar. O projeto também incluiu gaiolas fechadas para o cultivo dos peixes, evitando a perda dos animais durante as enchentes. (SUNNY *et al.*, 2019)

Com o objetivo de avaliar a viabilidade e produtividade de um módulo IFCAS, foi montado um experimento com uma estrutura base de aproximadamente 3 m², feita de bambu, com o fundo formado por uma rede e pesos de tijolos nos quatro cantos. Em 3 lados da estrutura havia área para horticultura. Acima da estrutura foi construída uma treliça horizontal para apoiar trepadeiras. Foram colocados canteiros com terra, esterco e lama seca de lago como substrato para as plantas. Os canteiros foram perfurados para acesso das raízes à água do lago. Foram anexadas cerca de 20

garrafas plásticas com capacidade até 15 L para permitir a flutuação do sistema. (SUNNY *et al.*, 2019)

Figura 6: IFCAS em Bangladesh.



Fonte: Islam *et al.*, (s/d); Awal, 2014.

Com o objetivo de avaliar a viabilidade e produtividade de um módulo IFCAS, foi montado um experimento com uma estrutura base de aproximadamente 3 m², feita de bambu, com o fundo formado por uma rede e pesos de tijolos nos quatro cantos. Em 3 lados da estrutura havia área para horticultura. Acima da estrutura foi construída uma treliça horizontal para apoiar trepadeiras. Foram colocados canteiros com terra, esterco e lama seca de lago como substrato para as plantas. Os canteiros foram perfurados para acesso das raízes à água do lago. Foram anexadas cerca de 20 garrafas plásticas com capacidade até 15 L para permitir a flutuação do sistema. (SUNNY *et al.*, 2019)

Tabela 3: Análise do custo benefício médio dos tratamentos 1, 2 e 3 (considerando a média das 3 gaiolas em cada tratamento), em experimento utilizando IFCAS em Bangladesh.

Descrição	Elementos	Quantidade (kg/m/un.)			Valor Unitário (US\$)	Valor Total (US\$)		
		T-1	T-2	T-3		T-1	T-2	T-3
Estrutura das gaiolas	Bambu	5	2	3	1,875	9,37	3,75	5,62
	Garrafas plásticas	20un.	15un.	15un.	0,125	2,50	1,88	1,88
	Rede da gaiola	8m	8m	8m	0,525	4,20	4,20	4,20
	Mão de obra	-	-	-	-	3,12	3,12	3,12
	Rede de treliças, cordas, pregos	-	-	-	-	5,00	1,25	3,12
	Garrafas plásticas	16un.	16un.	16un.	-	0,80	0,80	0,80
	Custo Estrutural						25,00	15,00
Depreciação - custo para cada 4 meses (durabilidade 2 anos)						4,16	5,00	4,68
Custo de manutenção	Alevinos de tilápia	250un.	250un.	-	0,625	15,6	15,62	-
	Alevinos de perca	-	100un.	450un.	0,025	-	2,50	11,25
	Alimento das tilápias	54kg	55,25kg			32,4	33,15	-
	Alimento das percas		18,9kg	78,5kg		-	11,30	49,06
Custo Total de Insumos						48,00	62,28	60,30
Custo Total (estrutura + manutenção)						52,16	67,28	65,00
Produção de peixes	Produção de tilápias	44,21kg	39,2kg	-	1,75	77,40	66,15	-
	Produção de percas	-	7,2kg	31,25kg	2,75	-	19,80	85,93
Produção de vegetais	Pimentão verde	5,7kg	5,7kg	6,1kg	1,50	8,60	8,55	9,15
	Pimenta bombay	2kg	2kg	2kg	3,13	6,30	6,25	6,25
	Pimenta branca	1,5kg	1,8kg	1,68kg	1,13	1,70	2,07	1,90
	Manjeriço	5kg	7kg	5kg	0,50	2,50	3,50	2,50
	Menta	1,5kg	1,5kg	1,5kg	5,00	7,50	7,50	7,50
	Feijão chicote	7kg	8kg	7,8kg	0,63	4,40	5,00	4,88
	Cabaça amarga	5,5kg	6kg	5,5kg	0,50	2,80	3,00	2,75
Tomate	4kg	5kg	4kg	0,63	2,52	3,12	2,50	
Receita Total						113,72	124,88	123,35
Benefício Total						61,56	57,60	58,35
Índice Custo Benefício (receita/custo)						2,2	1,9	1,9

Fonte: Sunny *et al.*, 2019, traduzida e adaptada pelos autores.

O estudo durou 80 dias e propôs a comparação da produtividade dos peixes em 3 tratamentos distintos: monocultivo de tilápia, policultivo de tilápia e perca trepadora (*climbing perch*), e monocultivo de perca trepadora. Para cada tratamento havia três gaiolas, cada uma com uma densidade populacional diferente. Os alevinos foram medidos, pesados e distribuídos nas

gaiolas. A alimentação dos animais foi feita com ração comercial oferecida duas vezes ao dia, inicialmente considerando mais ou menos 20% do peso dos peixes e até a saciedade depois do segundo mês. Os parâmetros físico-químicos da água (temperatura, transparência/turbidez, oxigênio dissolvido, pH, amônia e nitratos) foram examinados durante todo o experimento, sendo monitorados a cada 10 dias. A saúde e o crescimento dos peixes foram monitorados a cada 20 dias por amostragem. (SUNNY *et al.*, 2019)

O sistema se mostrou eficiente e viável, impactando positivamente a produtividade do cultivo local. O crescimento dos peixes na monocultura foi melhor, e constatou-se que ele varia de acordo com a densidade populacional. No policultivo de peixes, cada espécie se desenvolveu melhor na gaiola onde estava com maior população. No geral, a tilápia se desenvolveu melhor que a perca e, também, manteve a menor taxa de mortalidade. Durante o experimento houveram três colheitas de pimentão verde e pimenta branca, e duas colheitas de cabaça amarga, tomate, feijão-chicote, manjeriço e pimenta bombay. Somando os custos estruturais e de manutenção, o investimento médio em cada tratamento foi de US\$61,48, tendo cada um deles uma média de US\$120,65 de receita. Considerando todos os custos e receitas, tanto com peixes quanto com vegetais, a média de lucro foi de US\$59,17 por cada tratamento, com um índice médio de custo-benefício de 2 (duas vezes mais receita que custo), ou seja, o retorno do investimento foi de aproximadamente 100% em 80 dias, demonstrando a viabilidade e eficiência do sistema. Apesar disso, o investimento inicial ainda inibe os agricultores interessados. (SUNNY *et al.*, 2019)

A aquaponia de lago em Bangladesh tem um grande potencial de garantir uma melhoria da segurança alimentar para agricultores pobres e resilientes, satisfazendo suas necessidades diárias de peixes e vegetais, combatendo a desnutrição e sendo adaptável às mudanças climáticas. Opinião semelhante foi emitida a partir de um estudo com jangadas e prateleiras flutuantes na cidade de Mymensingh, no mesmo país. A aquaponia também se mostrou compatível com a cultura local conservadora, cujas normas socio-culturais restringem as mulheres de trabalharem fora de casa. Desta forma elas geram renda extra para a família trabalhando na própria residência. (SUNNY *et al.*, 2019)

No **Havaí** (EUA¹⁴), a cultura de preservação ambiental possuía estreita relação com a produção de alimentos. Com a colonização, as terras foram privatizadas e isso causou uma mudança profunda no povo, na cultura e no estilo de vida, transformando o entendimento tradicional da relação com a terra. Hoje as populações nativas havaianas, assim como outras populações ao redor de todo o mundo, têm muitos problemas de saúde como diabetes e doenças cardíacas. Áreas com elevada concentração de nativos têm pouca disponibilidade de alimentos saudáveis e nutritivos e estão repletos de restaurantes de fast-food, provavelmente uma consequência da desapropriação das terras, que reduziu bastante as práticas tradicionais de subsistência. (BEEBE *et al.*, 2020)

A preocupação com a segurança alimentar no Havaí ficou mais evidente com a publicação "Estratégia de Aumento da Segurança Alimentar e Auto-suficiência Alimentar"¹⁵, em 2012, que constatou que entre 85% e 90% dos alimentos do Havaí são importados. Nas últimas décadas houve esforços para enfrentar esses desafios, resgatando as práticas culturais tradicionais, que

¹⁴ Estados Unidos da América (EUA)

¹⁵ Increased Food Security and Food Self-Sufficiency Strategy - Department of Business Economic Development & Tourism

incluem a produção de alimentos e a restauração de lagos para a aquicultura. A aquaponia familiar de quintal é uma das ações que tentam mudar a realidade alimentar do país. (BEEBE *et al.*, 2020)

Em Waimanalo, uma região no condado de Honolulu, assim como em outras comunidades com grande número de nativos, mais de 30% da população vive numa situação de insegurança alimentar. A organização God's Country Waimanalo (GWC), uma organização de base nativa havaiana, foi criada com o objetivo de contribuir coletivamente para a preservação cultural, parcerias comunitárias e conexão da cultura havaiana com outros aspectos de saúde e bem-estar. Entre 2010 e 2016 a GWC obteve financiamento através de várias agências locais para implementar um programa de aquaponia de quintal, convidando cerca de 10 famílias a participar de uma série de workshops sobre sistemas aquapônicos. Esses workshops focaram em aspectos técnicos e culturais, abordando demonstrações culinárias e medicina herbácea tradicional. Cada grupo culminou em um fim de semana de construção, onde as famílias recebiam todos os materiais necessários para a construção das aquaponias. As famílias foram estimuladas a visitarem os quintais umas das outras para ajudá-las na implementação dos sistemas. À medida que o programa se tornou conhecido nas comunidades, mais famílias demonstraram interesse em participar e mais recursos foram buscados para financiar uma nova ação. (BEEBE *et al.*, 2020)

Para entender melhor as experiências das famílias com os sistemas de aquaponia, a GWC colaborou com um grupo de estudantes de graduação da Universidade do Havaí em Manoa, do Escritório de Estudos sobre Saúde Pública, para conduzir uma pesquisa qualitativa sobre os esforços do projeto. Princípios de pesquisa participativa de base comunitária foram utilizados para engajar a comunidade no processo de pesquisa, com o intuito de identificar os resultados e os recursos necessários para manter o funcionamento dos sistemas de aquaponia de quintal. (BEEBE *et al.*, 2020)

Figura: Sistema aquapônico de quintal.



Fonte: BEEBE *et al.*, 2020

Para integrar os pesquisadores à comunidade e melhorar seu entendimento sobre o sistema aquapônico, foi realizado um workshop com a participação de todos eles juntamente com beneficiários do projeto, onde foram abordadas temáticas como a mecânica e manutenção da aquaponia, a colheita dos vegetais e frutas e o preparo do peixe cultivado no sistema. O workshop contribuiu para a elaboração do roteiro das entrevistas e preparou os pesquisadores para conduzi-las. Para capturar uma ampla gama de perspectivas e experiências com aquaponia, o recrutamento para a pesquisa focou em três grupos: 1) famílias com um sistema de aquaponia em funcionamento; 2) famílias com o sistema parcialmente ou totalmente inativo; 3) famílias sem um sistema de aquaponia, mas com interesse em implementá-lo. A GWC forneceu uma lista inicial de contatos para o recrutamento, que chegou a um total de 21 famílias identificadas, das quais 9 foram selecionadas, sendo 12 pessoas entrevistadas no total. (BEEBE *et al.*, 2020)

A aquaponia mostrou-se altamente benéfica para os entrevistados, superando suas expectativas em várias dimensões. Os participantes destacaram melhorias na saúde e na economia doméstica, assim como na geração de renda. A tecnologia também fortaleceu laços familiares e comunitários, permitindo uma conexão mais profunda com práticas culturais nativas havaianas e a soberania alimentar. A presença de alimentos frescos em casa incentivou uma dieta mais saudável e proporcionou às crianças aprendizados sobre cultivo, responsabilidade e realização. Mesmo aqueles com sistemas inativos relataram benefícios significativos, como a capacidade de produzir uma grande quantidade de alimentos rapidamente, compartilhando excedentes com vizinhos ou doando para bancos de alimentos. Algumas famílias integraram energia solar no sistema, reduzindo custos com eletricidade. (BEEBE *et al.*, 2020)

Alguns dos desafios relatados no estudo foram a falta de conhecimentos técnicos e logísticos, tempestades repentinas, danos nas tubulações, bandejas e mesas, manutenção da temperatura e qualidade da água, roubo de equipamentos, superprodução de peixes através da reprodução nos tanques, raízes invasivas, ventos fortes e panes elétricas que causaram a morte de todos os peixes. (BEEBE *et al.*, 2020)

Figura 7: Temas das entrevistas sobre aquaponia em Waimanalo.



Fonte: BEEBE *et al.*, 2020.

O estudo demonstrou que a implementação de aquaponias trouxe benefícios tangíveis e intangíveis para as famílias, assim como para a comunidade de Waimanalo. Ao longo de 6 anos de projeto, cerca de 70 famílias participaram do programa e implementaram sistemas aquapônicos em seus quintais, aumentando o acesso e o consumo de frutas e vegetais. Isso permitiu mudanças positivas relacionadas à saúde e ao bem-estar dos participantes. É importante ressaltar que o acesso a recursos e a assistência técnica contínua (durante um ano) foram fundamentais para o sucesso do projeto. (BEEBE *et al.*, 2020)

Os resultados do projeto sugerem que a introdução da aquaponia funcionou como uma intervenção de saúde na comunidade de Waimanalo e que tem potencial de ser aplicado em outros locais, com populações rurais e indígenas que compartilhem valores similares de terra, saúde e comunidade. (BEEBE *et al.*, 2020)

3 Considerações Finais

A insegurança alimentar e nutricional tem ligação direta com o acesso a renda e disponibilidade de alimentos. A aplicação de tecnologias otimizadas de cultivo, como a aquaponia, pode aumentar significativamente a disponibilidade de alimentos em áreas com espaço limitado. Esta tecnologia parece ser um dos caminhos para enfrentar o problema da insegurança alimentar a nível mundial. Durante a pesquisa, ficou evidente a versatilidade da tecnologia em relação ao cultivo de diversos alimentos.

O estudo reforçou a visão de que o design é uma ferramenta poderosa para o desenvolvimento social e econômico, capaz de enfrentar desafios complexos como a insegurança alimentar. Ao integrar métodos de design inovadores com tecnologias sustentáveis, podemos pavimentar o caminho para um futuro onde o acesso a alimentos saudáveis e sustentáveis seja uma realidade para todos. Pesquisas futuras poderiam expandir a escala das intervenções estudadas em diferentes contextos urbanos e rurais.

4 Referências

AWAL, Abdul. **Water logging in southwestern coastal region of Bangladesh: Local adaptation and policy options**. Science Postprint ISSN:2187-9834, 2014.

BEEBE, Jazmine Kaleihua *et al.* **Reconnecting Rural Native Hawaiian Families to Food through Aquaponics**. Genealogy, 4, 9, 2020. doi:10.3390/genealogy4010009.

BENJAMIN, Emmanuel O. *et al.* **Economics of a small-scale aquaponics system in West Africa: A SANFU case study**. Aquaculture Economics & Management, 2020, 25:1, 53-69, DOI: 10.1080/13657305.2020.1793823.

BRASIL. **Lei nº 11.346, de 15 de setembro de 2006. Cria o Sistema Nacional de Segurança Alimentar e Nutricional - SISAN com vistas em assegurar o direito humano à alimentação e dá outras providências**. In: Diário Oficial da União, 2006, 18 set. (http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2006/lei/l11346.htm)

- FAO, IFAD, UNICEF, WFP and WHO. **The state of food security and nutrition in the world 2023: urbanization, agrifood systems transformation and healthy diets across the rural–urban continuum.** In: FAO Knowledge Repository, 2023. (<https://doi.org/10.4060/cc3017en>)
- GONÇALVES, Mariana Schmitz. **Heurísticas para ampliação da coesão social em iniciativas de agricultura urbana: contribuições para inovação social e o design de serviços.** Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Paraná (UFPR), 2020.
- ISLAM, Faruk UI *et al.* **Integrated Floating Cage Aquageoponics System *IFCAS): a climate adaptive innovative solution for co-production of fish and vegetable in saline prone areas of Bangladesh.** Apresentação de slides, sem data (s/d).
- MEMON, Azhar M. *et al.* **Aquaponics in Saudi Arabia: Initial Steps towards Addressing Food Security in the Arid Region.** In: Agriculture 2022, 12, 2094. (<https://doi.org/10.3390/agriculture12122094>)
- OBIRIKORANG, Kwasi Adu *et al.* **Aquaponics for Improved Food Security in Africa: A Review.** Frontiers in Sustainable Food Systems, Volume 5, Article 705549, 2021.
- ROCHA, Luana Lara *et al.* **Percepção dos residentes de favelas brasileiras sobre o ambiente alimentar: um estudo qualitativo.** Cadernos de Saúde Pública - Reports in Public Health, 2024.
- SILVEIRA, Emanuela Lima *et al.* **Catálogo de princípios para criação de sistemas produtos + serviços sustentáveis: uma perspectiva holística.** Curitiba/PR, Insight, 2022.
- SUNNY, Antiquar Rahman *et al.* **Cost effective aquaponics for food security and income of farming households in coastal Bangladesh.** In: Egyptian Journal of Aquatic Research 45, 89-97, 2019. (<https://doi.org/10.1016/j.ejar.2019.01.003>)
- VEZZOLI, Carlo *et al.* **Sistema produto+serviço sustentável: fundamentos.** Traduzido por Aguinaldo dos Santos. Curitiba, PR: Insight, 2018.