

---

**FACULDADE DE TECNOLOGIA DE PRESIDENTE PRUDENTE****AQUAPONIA URBANA DE PEQUENO PORTE****SMALL URBAN AQUAPONICS**

Rodolfo Borges Borri<sup>1</sup>  
Prof. Especialista Júlio Cezar Marques Soares<sup>2</sup>

**RESUMO**

A aquaponia, como desenvolvida e estudada pela Embrapa, é um sistema integrado de produção que combina a criação de peixes (aquicultura) com o cultivo de plantas (hidroponia), utilizando a mesma água em recirculação. Essa prática permite a reutilização da água e dos nutrientes, resultando em menor consumo hídrico e evitando o uso de agrotóxicos e fertilizantes químicos. Neste sistema integrado pode reduzir o consumo de água em até 90%, se comparada aos sistemas convencionais, e promover o reaproveitamento integral do efluente gerado dentro do próprio sistema, buscando garantir a segurança alimentar e nutricional, com foco em otimizar o uso de recursos naturais, promover a sustentabilidade e a inclusão social; além da geração de renda através da comercialização do excedente da produção. Portanto, tem se tornando um meio de cultivo no perímetro urbano devido ao tamanho compacto e facilidade em manuseio, pode ser dimensionado de acordo com o que anseia sendo em grande escala para produção comercial ou pequena no quintal de casa. Seus principais cuidados envolvem controle de PH, temperatura, oxigênio dissolvido, amônia, nitrito e nitrato. Porém, necessita de energia elétrica 24 por dia, para manter as bombas eletrônicas de baixa amperagem e aeradores funcionando. Em meios de cultivos profissionais é recomendado a presença de uma fonte reserva de energia elétrica para manter o sistema funcionando caso a principal venha a faltar. Entretanto, produtores vem buscando fontes de energias alternativa para minimizar esse problema e diminuir gastos de produção, bombas e aquecedores movidos a energia fotovoltaica já é realidade nesse meio, como fonte de energia limpa e renovável. A produção aquapônica está cada vez mais moderna com controle precisos dos parâmetros e alimentadores automáticos, a automação através de software e Arduino fez com que esse meio de produção desse um grande salto.

**Palavras-chave:** Sistema Aquapônico Peixes e Plantas. Sustentabilidade. Energia Solar

**ABSTRACT**

*Aquaponics, as developed and studied by Embrapa, is an integrated production system that combines fish farming (aquaculture) with plant cultivation (hydroponics), using the same recirculating water. This practice allows for the reuse of water and nutrients, resulting in lower water consumption and avoiding the use of pesticides and chemical fertilizers. This integrated system can reduce water consumption by up to 90% compared to conventional systems and promote the full reuse of effluent generated within the system itself, seeking to ensure food and*

---

<sup>1</sup> Aluno do curso de Tecnólogo em Agronegócios da Faculdade de Presidente Prudente. E-mail: rodolfo.b.borri@gmail.com

<sup>2</sup> Professor orientador Júlio Cezar Marques Soares Esp. da Faculdade de Presidente Prudente - SP. E-mail: julio.soares01@fatec.sp.gov.br

---

**FACULDADE DE TECNOLOGIA DE PRESIDENTE PRUDENTE**

---

*nutritional security, with a focus on optimizing the use of natural resources, promoting sustainability and social inclusion, and generating income through the marketing of surplus production. Therefore, it has become a popular cultivation method in urban areas due to its compact size and ease of handling. It can be scaled according to needs, whether large-scale commercial production or small-scale backyard production. Its main concerns involve controlling pH, temperature, dissolved oxygen, ammonia, nitrite, and nitrate. However, it requires 24-hour electrical power to keep the low-amperage electronic pumps and aerators running. In professional cultivation environments, a backup power source is recommended to keep the system running if the main power supply goes out. However, producers have been seeking alternative energy sources to minimize this problem and reduce production costs. Photovoltaic-powered pumps and heaters are already a reality in this field, providing a clean and renewable energy source. Aquaponic production is becoming increasingly modern, with precise parameter control and automatic feeders. Automation through software and Arduino has catapulted this production method into the mainstream.*

**Keywords:** *Aquaponic System, Fish and Plants. Sustainability. Solar Energy*

## 1. INTRODUÇÃO

A palavra “aquaponia” é derivada da combinação entre “aquicultura” (produção de organismos aquáticos) e “hidroponia” (produção de plantas sem solo) e refere-se à integração entre a criação de organismos aquáticos, principalmente peixes, e o cultivo de vegetais hidropônicos. Apesar da aquicultura e da hidroponia serem práticas de produção de alimentos com estudos realizados há mais de cinquenta anos, as pesquisas em aquaponia somente começaram a apresentar seus resultados mais expressivos na última década (LENNARD; LEONARD, 2004; RAKOCY et al., 2006; TYSON, et al. 2008; ENDUT et al., 2010; ROOSTA; MOHSENIAN, 2012; LOVE et al., 2014; GODDEK et al., 2015).

A aquaponia é uma técnica milenar utilizadas com as primeiras civilizações na Ásia e na América do Sul. New Alchemy Institute e outras mais instituições acadêmicas norte-americanas e europeias no final da década de 1970 foram os pioneiros a produzirem pesquisa sobre o assunto ao longo das décadas.

A literatura acadêmica brasileira ainda é pobre e incipiente sobre tema (HUNDLEY; NAVARRO, 2013, 2014; EMERENCIANO et al., 2015), sendo que apenas nos últimos anos pesquisadores de algumas universidades brasileiras e da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa) iniciaram suas pesquisas. Paralelamente às pesquisas realizadas durante a última década, em muitos países foi observado interesse crescente em aquaponia, tanto do ponto de vista comercial, onde já há registros das primeiras iniciativas de sucesso,

---

**FACULDADE DE TECNOLOGIA DE PRESIDENTE PRUDENTE**

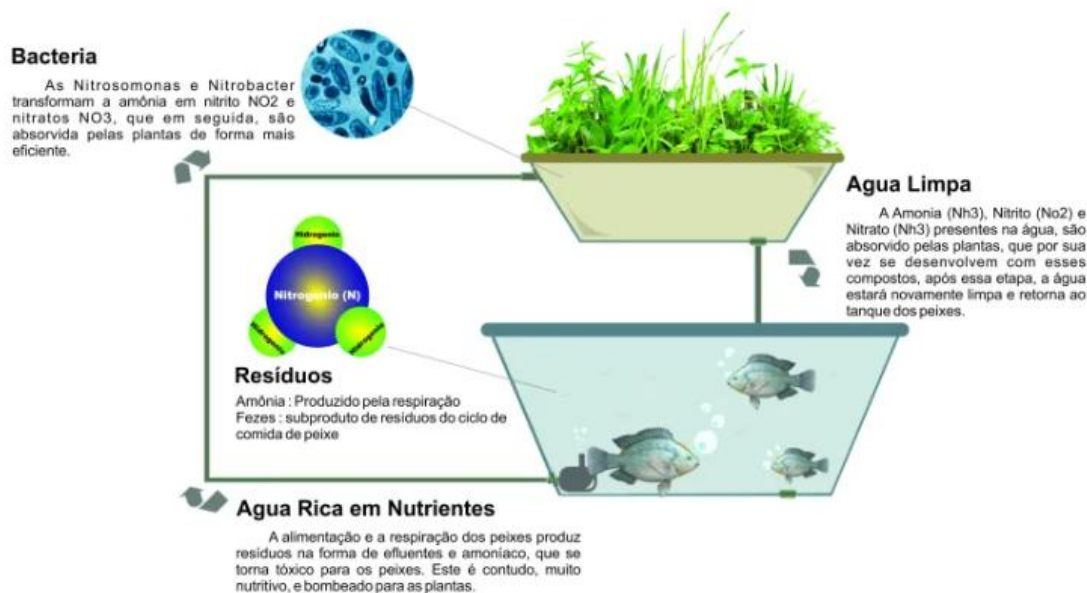
quanto em pequena escala, ou residencial, também conhecido internacionalmente como “backyard aquaponics”, termo em inglês para “aquaponia de quintal” (BACKYARD AQUAPONICS, 2012).

Em países como Austrália, Canadá e Estados Unidos, já são várias as empresas que fornecem equipamentos e consultoria especializada a quem quer produzir seus alimentos em sistemas compactos de aquaponia instalados em suas próprias residências. Outra forma de utilização da aquaponia que está em ascensão em alguns países desenvolvidos, e que aos poucos vem chegando ao Brasil, está relacionada ao contexto educacional. Professores de diversas disciplinas, principalmente do ensino fundamental e médio, valem-se dos conceitos técnicos da aquaponia para melhorar o aprendizado de seus alunos. Em outras palavras, sistemas simples e compactos de aquaponia podem se tornar ferramentas de ensino muito eficientes para integrar temas tão distantes quanto biologia, sustentabilidade, física, química, matemática, economia e engenharia.

Há grande expectativa de que essa técnica de produção de alimento sustentável se torne popular no Brasil, visto que são inúmeras fazendas aquapônicas ao redor do mundo produzindo alimentos de forma sustentável com rápida disseminação em vários países como EUA, Austrália e muitos da Europa onde essa técnica já é uma realidade.

A Embrapa tem papel importante no desenvolvimento e divulgação da aquaponia no Brasil, oferece suporte técnico, realiza pesquisas e desenvolve projetos para otimizar sistemas de aquaponia e adaptá-los a diferentes realidades, como a aquaponia residencial, comercial e para regiões com escassez hídrica, além disso disponibiliza materiais técnicos e informativos sobre aquaponia, como circulares técnicas, manuais e artigos científicos, visto que seja para fins comerciais ou domésticos, envolve conhecimentos específicos para seu pleno funcionamento e o sucesso de sua aplicação requer a compreensão dos elementos biológicos envolvidos no sistema. Esta publicação traz, portanto, uma abordagem geral sobre os conceitos e princípios da aquaponia e informações relevantes para produtores e interessados no tema.

## Ciclo da Aquaponia



**Imagem 1:** Ciclo da Aquaponia. Fonte: <https://aquaponiabrasil.wordpress.com/principios-basicos/>

Como visto na Imagem 1, a integração entre a aquicultura (criação de organismos aquáticos) e a hidroponia (produção de plantas sem solo) é um sistema fechado de recirculação de água onde as excretas e restos de ração oriundo da produção de peixes passam por transformação bacteriológica que convertem a amônia tóxica em nutrientes para plantas que por sua vez absorve esses nutrientes filtrando a água e a devolvendo limpa para os peixes.

Essa técnica pode ser usada pode ser utilizada em grande ou pequena escala para fins comercial ou residencial, ambas com o intuito de desenvolver uma produção mais saldável e ambientalmente correta. A utilização desse sistema gera uma economia de até 90% de água comparado aos cultivos tradicionais.

Existem várias técnicas, para se montar um cultivo aquaponico utilizando o mesmo princípio, a mais comum e difundido em produção não profissional é com camas de cultivo onde as plantas são colocadas em um recipiente com substrato inerte que em tempo controlado é encharcado e drenado propiciando assim um ambiente adequado para seu desenvolvimento.

Em grande escala essa produção é feita em estufas com grandes tanques de peixes e sistema sofisticado de filtragem e disposição das plantas em canaletas idênticas a utilizada na hidroponia.

**FACULDADE DE TECNOLOGIA DE PRESIDENTE PRUDENTE**



Foto: Paulo César Falanghe Carneiro

**Figura 2:** Sistema compacto de aquaponia conforme manual da Embrapa com tanque de criação de peixes abaixo do ambiente de cultivo de vegetais composto de argila expandida.

**Figura 3:** do Manual da Embrapa mostra o sistema simples de aquaponia com canaletas para cultivo de vegetais em validação pelo LAPAQ. Os peixes são criados num container de 1.000 L (A), a água passa por um filtro para retirada de sólidos (B) e um filtro biológico (C) antes de ser bombeada para as canaletas (D).



Foto: Paulo César Falanghe Carneiro

A carência desse tipo de produção é a dependência de fonte de energia elétrica pois o sistema é tocado por bombas e aeradores ligados 24 por dia. Entretanto, a utilização de aquecedores, bombas e sistemas de circulação movida a energia solar já é uma realidade nesse meio, criando uma abordagem sustentável e integrada devido as facilidades de concessão de crédito para instalação do sistema fotovoltaica, desempenhando um papel crucial no estímulo ao crescimento desta, tornando essa tecnologia mais acessível e atraente, além de ajudar na transição para fontes de energia mais limpas e renováveis.

Tendo como base a escassez de recursos naturais, segurança alimentar e sustentabilidade, esse artigo visa incentivar a produção de práticas sustentáveis, evidenciando a implantação de um sistema de pequeno porte urbano que fornece proteína animal e vegetais naturais, sem a utilização de agroquímicos ou fertilizantes sintéticos.

---

**FACULDADE DE TECNOLOGIA DE PRESIDENTE PRUDENTE**

---

Incentivar a população em geral a conhecer a prática sustentável, instigando o desenvolvimento do processo de produção de alimentos para que os mesmos possam usufruir de seu cultivo, a Embrapa tem diversos projetos de pesquisa de Aquaponia e desenvolvimento que acontecem em larga escala e domiciliares e em diferentes unidades como Embrapa Tabuleiros Costeiros em Sergipe e Embrapa Amapá, além disso oferece cursos online, materiais educativos, publicações técnicas e informativas sobre o tema, assim como o Sisteminha Embrapa que já é realidade em 12 estados brasileiros e em 7 países africanos, beneficiando famílias e sendo replicada através de projetos e parcerias, em instituições de ensino e pesquisa como institutos federais para apoiar o ensino e as comunidades locais como o IFMA, várias comunidades rurais do Maranhão e Piauí e outras regiões do Brasil escassez de alimentos.

Portanto, o objetivo do trabalho é uma revisão bibliográfica evidenciando as vantagens de desenvolver um sistema de aquaponia integrada com energia solar fotovoltaica como uma alternativa para comunidades rurais como fonte de renda ou para consumo.

Diante do exposto, o presente trabalho busca contribuir para o estudo e desenvolvimento de um sistema de aquaponia de baixo custo, tornar o sistema mais sustentável, por meio da energia solar para sua manutenção energética. Através da revisão de literatura sobre a aquaponia e enfatizar a possibilidade de montar um sistema para consumo ou como fonte de renda, e assim, apresentar informações que estimula a busca de sistemas de produção de alimentos mais produtivos, seguros energeticamente e sustentáveis.

Todavia, justifica-se por nos permitir recomendar a utilização de tal prática por apresentar baixo custo de implantação e manutenção, com produção de olerícolas naturais produzidas num processo de simbiose demonstrado no figura 1.

## **2. REVISÃO DE LITERATURA**

### **2.1 CONCEITO**

A aquaponia, uma integração simbiótica entre aquicultura e hidroponia, surgiu como uma solução promissora para a produção sustentável de alimentos, oferecendo utilização eficiente da água e do solo. Sendo um sistema de produção de organismos aquáticos em cativeiro integrado com a hidroponia, de forma que haja benefícios para ambos (Rakocy et al., 2004).

Esta integração pode permitir que as plantas utilizem os nutrientes provenientes da água do cultivo do camarão melhorando a qualidade da água (Quillére et al., 1995).

---

**FACULDADE DE TECNOLOGIA DE PRESIDENTE PRUDENTE**

---

De acordo com Diver (2006), esta atividade está ganhando atenção como um sistema biointegrado de produção de alimentos que poderia ser realizado em sistemas fechados de circulação.

O principal princípio da aquaponia é muito simples e espelha a natureza. Peixes são cultivados em tanques e a água rica em nutrientes desses tanques é bombeada para leitos hidropônicos onde vegetais, ervas, flores e outras culturas absorvem os nutrientes para o crescimento e purificam a água da cultura, que é devolvida aos tanques de criação de peixes.

Embora os peixes vivam em um tanque, em essência eles estão sendo criados em um rio onde seus produtos residuais são arrastados e substituídos por água limpa. As plantas são cultivadas em água contendo altos níveis de oxigênio e nutrientes - tudo o que precisam - sem os problemas associados com os solos, como ervas daninhas, doenças e pragas do solo, metais pesados e outros problemas tóxicos e uma falta de oxigênio ou umidade frequentemente experimentada. As plantas removem apenas a água de que precisam para crescer. (Médicos Aquaponicos 2012).

A aquaponia é a ciência que integra a produção de peixes e plantas em um ambiente simbiótico em que os resíduos dos peixes são utilizados como fertilizantes pelas plantas (ROOSTA; AFSHARIPOOR, 2012).

Os nutrientes do metabolismo dos peixes se acumulam em concentrações semelhantes às soluções nutritivas do sistema hidropônico (RAKOCY; MASSER; LOSORDO, 2006) e, geralmente, a qualidade do produto vegetal obtido é maior em comparação com aquelas originadas de cultivo tradicional (DEDIU; CRISTEA; XIAOSHUAN, 2012).

A aquaponia constitui uma forma sustentável de produção de alimentos com otimização dos espaços e recursos naturais (HUNDLEY et al., 2013).

É um sistema fechado com uma inter-relação entre o resíduo do peixe e o vegetal, composto por três dispositivos: sistema de produção de peixe em fluxo contínuo, hidroponia e sistema de biofiltro (EMBRAPA, 2015).

Os registros mais antigos da aquaponia são dos Aztecas, que habitavam a região do México entre os séculos XIV e XVI e construíram ilhas denominadas *chinampas* nas quais cultivavam plantas em lagos rasos contendo diferentes organismos aquáticos (YÁÑES, 2013).

Outro exemplo de sistemas aquapônicos remotos é o cultivo dos campos de arroz inundados em combinação com peixes no sul da China, Tailândia e Indonésia.

---

**FACULDADE DE TECNOLOGIA DE PRESIDENTE PRUDENTE**

---

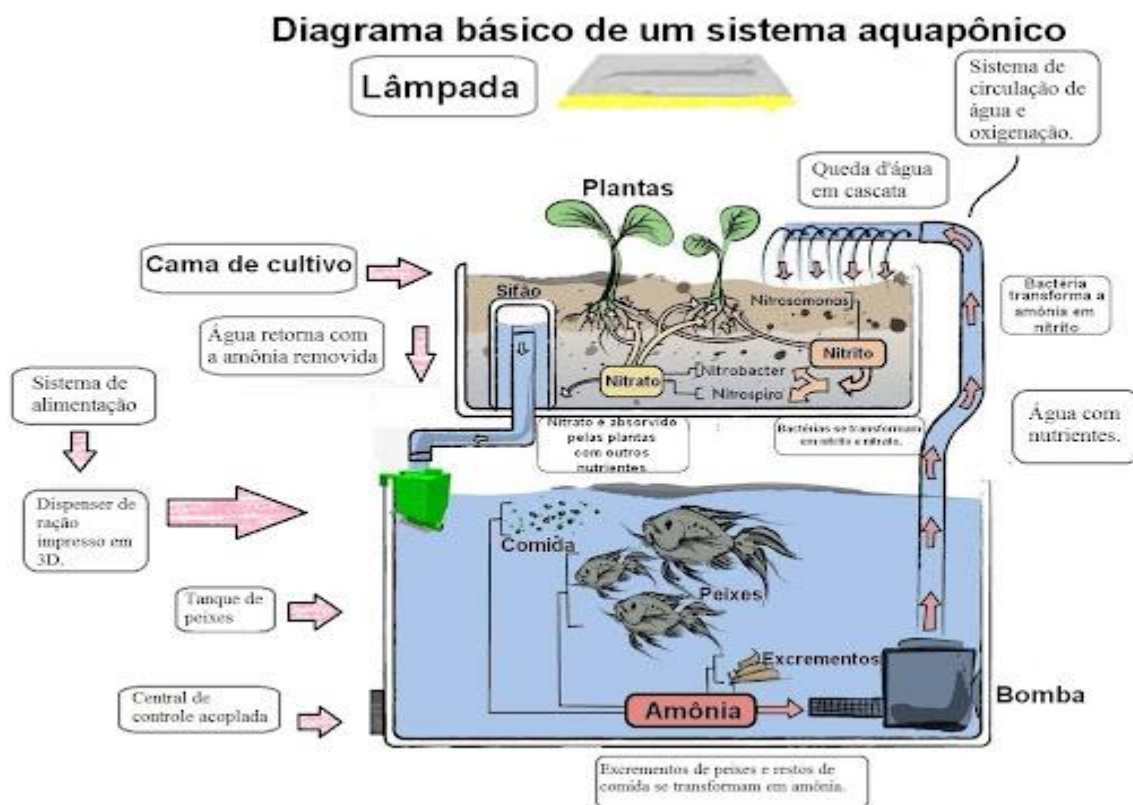
A integração entre a criação de peixes em sistema intensivo e a produção vegetal é praticada com sucesso em países como Estados Unidos, Austrália, México, Israel e também, em países da Europa (EMBRAPA, 2015).

As pesquisas sobre aquaponia foram desenvolvidas tanto em nível comercial, quanto em pequena escala, conhecidas internacionalmente como os *backyard aquaponics* ou aquaponia de quintal. Em países como Austrália, Estados Unidos e Canadá empresas já fornecem os equipamentos e consultorias para desenvolvimento de sistemas compactos de aquaponia voltados para residências e apartamentos (CARNEIRO et al., 2015).

Na Alemanha, uma fazenda urbana com uma estufa de 1,8 mil metros quadrados produz, anualmente, cerca de 35 toneladas de verduras e legumes e 25 toneladas de peixes. Esta fazenda, localizada no Instituto Leibniz de Ecologia de Água Doce e Pesca Interior (IGB) de Berlim, compõem o projeto “*Innovative Aquaponics for Professional Application High-tech*” (INAPRO HIGH-TECH), que reúne 18 parceiros de oito países (INAPRO, 2018).

No Brasil, estudos sobre hidroponia e aquicultura, isolados, existem há mais de 50 anos, contudo, as pesquisas sobre aquaponia tornaram-se mais consistentes somente na última década (CARNEIRO et al, 2015) e vem atraindo a atenção de pesquisadores e produtores (EMBRAPA, 2015).

FACULDADE DE TECNOLOGIA DE PRESIDENTE PRUDENTE



**Figura 4:** Diagrama Básico de um sistema Aquapônico.

## 4.2 VANTAGENS E DESVANTAGENS

Conforme Alder et al., 2000, entre as vantagens da aquaponia, incluem-se o prolongado reuso da água e a integração dos sistemas de produção de organismos aquáticos e plantas, que permitem uma diminuição dos custos e melhoram a rentabilidade dos sistemas de aquicultura.

Por outro lado, acredita-se que a água derivada da aquicultura, na maioria das vezes, seja deficiente em alguns nutrientes requeridos pelas plantas cultivadas em sistema hidropônico, sendo necessária a suplementação destes (RAKOCY et al., 1989).

Para Embrapa, 2015 a aquaponia é mais apropriada onde a terra é cara, a água é escassa e o solo é pobre. Desertos e áreas áridas, ilhas arenosas e jardins urbanos são os locais mais apropriados para aquaponia porque usa um mínimo absoluto de água. Não há necessidade de solo, e a aquaponia evita os problemas associados à compactação do solo, salinização, poluição, doenças e desgaste do solo.

---

**FACULDADE DE TECNOLOGIA DE PRESIDENTE PRUDENTE**

---

Da mesma forma, a aquaponia pode ser usada em ambientes urbanos e peri-urbanos onde não há terras disponíveis, um meio de cultivar plantações densas em pequenas varandas, pátios, dentro de casa ou em telhados (NASCIMENTO et al., 2012).

Segundo Nascimento et. al. (2012) o mundo precisa de soluções que busquem o aumento da produção de alimentos, sem comprometer ainda mais o meio ambiente, garantindo à população maior segurança alimentar e condições de igualdade.

De fato, no Brasil durante os últimos anos, foram desenvolvidos estudos e projetos com o objetivo de difundir e aplicar sistemas sustentáveis na produção de alimentos além de promover a conscientização dos produtores e consumidores com relação a necessidade destes sistemas. O aumento da demanda por alimentos e a escassez de água elevam a necessidade de desenvolvimento de sistemas sustentáveis (TUNDISI, 2008).

A problemática da escassez de água no planeta, em conjunto com o aumento populacional nas áreas urbanas e a necessidade em produzir alimentos para atender a demanda crescente da população, vem constituindo um grande entrave mundial, sendo necessária a busca por sistemas sustentáveis de produção de alimentos que otimizem o espaço destinado ao cultivo (HUNDLEY et al., 2013).

Considerando as questões relacionadas à disponibilidade de solo e água, sabe-se que a produção de alimentos exige grandes volumes de água (DIVER, 2006).

Neste contexto, emerge como alternativa de sistema sustentável de produção de alimentos, a técnica de aquaponia, que consiste no cultivo de vegetais, integrado à piscicultura, permitindo a redução de uso de água e o aproveitamento dos resíduos orgânicos (ROOSTA; AFSHARIPOOR, 2012).

De acordo com Hundley et al. (2013) o sistema de recirculação de água da aquaponia reduz o impacto ao meio ambiente gerado pela produção de alimentos e proporciona uma economia de 90% no consumo de água destinado à produção de hortaliças em comparação ao cultivo tradicional.

Os principais pontos de destaque relacionados ao emprego desta técnica versam sobre o cultivo de peixes, fontes de proteína animal de elevada qualidade e a produção de vegetais, como frutas e hortaliças, fontes de variados nutrientes, associado ao baixo consumo de água, reduzida produção de resíduos e menor ocupação de espaço, resultando em uma sinergia perfeita entre piscicultura, processos biológicos e plantas (ROOSTA; AFSHARIPOOR, 2012).

---

**FACULDADE DE TECNOLOGIA DE PRESIDENTE PRUDENTE**

---

Desta forma, observa-se que a aquaponia segue ao encontro dos Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS), visto que discussões sobre produção de alimentos, consumo responsável e manejo sustentável da água estão elencadas entre os ODS (UNESCO, 2015).

Contudo, como pontos restritivos ao sistema, Dediu, Cristea e Xiaoshuan (2012) afirmaram que ao envolver o funcionamento de dois sistemas de produção, a aquaponia gera um rendimento extra para o produtor, no entanto, a implantação destes dois sistemas resulta em maior investimento inicial e o cultivo dos vegetais e dos peixes deve estar em plena capacidade de produção a fim de garantir o retorno do investimento. Associado a este fato, ressalta-se que o consumo de energia na aquaponia, decorrente dos sistemas de bombeamento e aeração também deve ser considerado.

Camargo (2018) reporta que além da análise dos custos com a energia elétrica, a instalação de sistemas alternativos de energia, como o uso de energia solar, pode conferir maior segurança ao sistema aquapônico em situações de *blackout*, pois o comprometimento da aeração dos tanques pode resultar em alta mortalidade dos peixes. Neste âmbito, a busca por um sistema aquapônico produtivo, mais seguro e sustentável o ideal seria implantar sistemas de aquaponia acionados por energias limpas ou renováveis.

O uso de fontes renováveis de energia promove a diversificação, o desenvolvimento de novas tecnologias, a descentralização da produção energética e minimiza os impactos ambientais, pois reduz as emissões de CO<sub>2</sub> e amenizar a dependência energética dos combustíveis fósseis (NASCIMENTO et al., 2012).

O Brasil, devido a sua extensão territorial, incidência solar, e grande área costeira é um país promissor na geração de energias renováveis, sobretudo eólica e solar (PINTO; MARTINS; PEREIRA, 2017).

Segundo Geisenhoff et al. (2016), estas tecnologias emergem como alternativa de geração complementar e de expansão da capacidade geradora e suas aplicações devem ser estimuladas nos mais diferentes segmentos, inclusive em sistemas de aquaponia.

O sistema de produção aquapônico é uma técnica utilizada com sucesso em muitos países, incluindo Estados Unidos, Austrália e também em países europeus, contudo, no Brasil o emprego comercial desta técnica ainda é discreto, apesar do baixo consumo de água, da redução de impactos ambientais, da produção de duas fontes de renda em um único sistema, mais estudos que forneçam informações para permitir a implementação deste sistema sob condições brasileiras são fundamentais (GEISENHOFF et al., 2016).

---

**FACULDADE DE TECNOLOGIA DE PRESIDENTE PRUDENTE**

Alguns autores têm salientado que a aquicultura pode contribuir para a degradação da qualidade da água dos corpos receptores assim como uma atividade poluidora do meio ambiente (MacIntosh & Phillips, 1992; Venâncio & Queiroz, 1998; Chopin & Sawhney, 2009; Phillips, 2009), pois a principal causa do enriquecimento da água proveniente de viveiros de aquicultura são as substâncias dissolvidas, ou em suspensão, contidas nos efluentes.

Estas substâncias são provenientes das excretas e sobras de rações: quando não consumidas são convertidas em materiais orgânicos suspensos, dióxido de carbono, N amoniacal, fosfatos e outros compostos (Venâncio & Queiroz, 1998; Montoya et al., 2000).

Estudos desenvolvidos nos Estados Unidos (Rakocy et al., 1993) e na Europa (Quilléré et al., 1995) demonstraram que pisciculturas intensivas em pequenos tanques, associadas ao cultivo de vegetais em hidroponia, permitiram a utilização, pelas plantas, dos resíduos contidos no efluente (excrementos de peixes e sobras de alimentos), sendo uma forma de melhorar a qualidade da água.

Segundo Lewis et al. (1978), trabalhos avaliando a associação de um cultivo hidropônico para remover os nutrientes da água residual de um sistema de piscicultura intensiva promoveram melhoria na qualidade da água antes de seu retorno aos tanques de criação de peixes, relatada pela redução do nível de amônia, nitrato e fosfato dissolvido no efluente.

A produção mundial de camarões de água doce do gênero *Macrobrachium* tem crescido muito, atingindo 410 mil toneladas no ano de 2005. A produção hidropônica de hortaliças no Brasil vem ganhando cada vez mais espaço devido a melhor ocupação da área, precocidade na colheita, utilização mais eficiente de nutrientes e melhor qualidade do produto, possibilitando ainda o controle de fatores ambientais que tornam limitantes seu cultivo em determinadas épocas do ano (Santos et al., 2008).

### **4.3 AQUAPONIA DOMÉSTICA**

Segundo a UNESCO (2015), Unidades aquapônicas com um tamanho de tanque de peixes de cerca de 1 000 litros e espaço crescente de cerca de 3 m<sup>2</sup> são considerados de pequena escala e são apropriados para produção doméstica para um agregado familiar. Unidades deste tamanho foram testados com grande sucesso em muitas regiões ao redor do mundo.

O principal objetivo dessas unidades são a produção de alimentos para subsistência e uso doméstico, pois muitas unidades podem ter tipos de vegetais e ervas que crescem de uma só vez (UNESCO, 2015).

---

**FACULDADE DE TECNOLOGIA DE PRESIDENTE PRUDENTE**

---

Conforme a UNESCO (2015) nos últimos cinco anos, grupos aquapônicos, sociedades e fóruns têm desenvolvido consideravelmente e serviu para divulgar conselhos e lições aprendidas nessas unidades de pequena escala. Esta técnica pode ser complicada e unidades de pequena escala produz a comida para uma família.

Os sistemas aquapônicos são caros; o proprietário deve instalar um sistema completo de aquicultura e um sistema hidropônico, e este é o mais importante elemento a considerar ao iniciar um sistema aquapônico. Além disso, o sucesso na gestão requer conhecimento logístico e manutenção diária dos três grupos de organismos envolvidos. (UNESCO, 2015).

Os Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS) foram definidos pelas Nações Unidas e compõem uma agenda global, adotada em setembro de 2015, totalizando 17 objetivos e 169 metas a serem atingidas até 2030. Estes objetivos envolvem ações para acabar com a pobreza, promover a prosperidade e o bem-estar para todos, proteger o meio ambiente e enfrentar as mudanças climáticas (UNESCO, 2015).

Segundo a EMBRAPA (2015), a aquaponia pode contribuir diretamente com os ODS, sobretudo com ODS 2 - que versa sobre a necessidade de divulgar ações que promovam a segurança alimentar; o ODS 6 – que busca garantir a disponibilidade e manejo sustentável da água e saneamento para todos e o ODS 12 – que trata do consumo e produção responsáveis e que objetiva assegurar padrões de produção e de consumo sustentáveis.

Com relação ao ODS 2 - sem fome e ODS 12 – consumo e produção responsável, sabe-se que o crescimento populacional desordenado nos centros urbanos demanda a necessidade de alimentos em elevada quantidade em regiões pontuais. A aquaponia constitui uma alternativa, pois possibilita a produção de proteína animal de boa qualidade oriunda da aquicultura, baseada num sistema de reaproveitamento, com baixo consumo de água e produção de resíduos, combinada com a produção de hortaliças em sistema de hidroponia, resultando em uma sinergia perfeita entre a utilização de peixes, processos biológicos e plantas (EMBRAPA, 2015).

Em um sistema aquapônico cultivando alface e tilápia, Geisenhoff et al. (2016) notaram que a água residual do cultivo das tilápias pode fornecer nutrientes suficientes para a produção de alface, tornando desnecessária a adubação suplementar com produtos comerciais.

Concordando, Cani et al. (2013) enfatizaram a viabilidade técnica da integração entre a produção intensiva de tilápias em sistema fechado de recirculação de água com a produção de alfaces em hidroponia.

---

**FACULDADE DE TECNOLOGIA DE PRESIDENTE PRUDENTE**

Na busca pelo manejo sustentável da água (ODS 6), a aquaponia constitui um sistema de produção de alimento sustentável e, em comparação com a olericultura, sistema tradicional de cultivo de plantas no solo, pode reduzir o consumo de água em até 90% (EMBRAPA, 2015).

O cultivo hidropônico reduz o consumo de água, em função do uso do efluente da aquicultura como fertirrigação para o cultivo dos vegetais, assim, esta associação diminui os impactos gerados ao meio ambiente, sobretudo aos corpos d'água, dos despejos dos efluentes da aquicultura (MARISCAL-LAGARDA et al., 2012).

#### **4.3.1 Benefícios da Aquaponia nas cidades**

Segundo Orsini, F., et.al. (2020), hoje em dia, há um crescente interesse pelos sistemas de aquaponia em pequena escala. Eles podem ser instalados em cidades: nos parques, jardins, edifícios, casas, quintais, tetos, etc. A introdução de pequenos sistemas de aquaponia nas cidades traz inúmeras vantagens, podendo fornecer uma grande variedade de produtos orgânicos e sazonais frescos.

Os sistemas de aquaponia urbana também podem promover iniciativas sociais. Por exemplo, incentivar as *moradias comunitárias (cohousing)* e os seminários educativos, ambos capazes de proporcionar às pessoas maiores oportunidades de conhecer seus vizinhos. A aquaponia também oferece abrigo a pássaros e insetos benéficos, o que aumenta a *biodiversidade* urbana. Por último, a aquaponia urbana ajuda a gerar empregos para os moradores (Orsini, F., et.al.2020).

Em suma, a aquaponia é um sistema de produção cíclica, sem solo, que permite o cultivo de peixes e vegetais ao mesmo tempo, com a mesma quantidade de água, que desse modo é economizada. Praticando a aquaponia, as pessoas aprendem mais sobre a vida das plantas e peixes, tornando-se mais conscientes de como os alimentos comprados no mercado foram produzidos. Isso é especialmente importante para os jovens das cidades e áreas suburbanas, que correm o risco de perder contato com o mundo das fazendas. Porém, mais importante ainda: praticar aquaponia é muito divertido. (Orsini, F., et.al.2020).

#### **4.4 SISTEMAS DE AQUAPONIA MAIS COMUNS EM USO NO BRASIL**

Embora o sistema de NFT ainda seja o mais tradicionalmente usado no Brasil, o DFT talvez seja o mais viável principalmente para regiões de clima mais quente, com grande oscilação térmica, como por exemplo, no estado de São Paulo.

---

**FACULDADE DE TECNOLOGIA DE PRESIDENTE PRUDENTE**

---

No sistema DFT há uma menor variação de temperatura e demais parâmetros de qualidade de água, estando o oxigênio dissolvido associado à velocidade do fluxo da água no sistema, e afeta positivamente o processo oxidativo do nitrito (WONKIEW et al., 2017).

Apesar da maior relação volume de água/planta, quando a troca diária de água foi menor que 3,6%, DELAIDE et al., (2017) observaram acúmulo de nutrientes na água circulante.

No sistema NFT a água proveniente dos módulos de filtragem é bombeada para tanques mais elevados e, em geral, segue por gravidade para as canaletas de PVC, formando uma fina lâmina d'água que irriga as raízes das hortaliças.

As bancadas de hidroponia podem ser construídas com pilares de concreto e armação de alumínio para suporte das calhas de PVC. Em geral, as canaletas possuem aproximadamente 6 metros de comprimento, 10 cm de largura e 7 cm de espessura e com aberturas de 5 cm de diâmetro a cada 30 cm para inserção das mudas de hortaliças (FAQUIN e FURLANI, 1999; FURLANI et al., 1999; FURLANI, 2008), podendo variar de acordo com a espécie, fase e manejo utilizado – 20 a 25 cm para alface e 15 cm para rúcula. GEISENHOFF et al. (2016) utilizaram espaçamento de 20 cm para alface.

No sistema DFT a água proveniente dos módulos de filtragem segue por gravidade para os canteiros hidropônicos, também chamados de “raceways”, os quais são providos de placas de EPS (isopor) ou de XPS (poliestireno extrudado) para suporte das hortaliças.

Frequentemente, a técnica de DFT é empregada com a utilização de uma lâmina profunda de água (25 a 40 cm), onde as plantas são acondicionadas em mesas planas ou “raceways” onde a água circula por meio de bombeamento e/ou gravidade (AMINI, 2013)

Lennard (2004) abordou sobre as crescentes restrições e custos relacionados ao uso da água e sobre a necessidade dos produtores rurais em inúmeros países em procurarem alternativas mais econômicas da utilização da água para a produção de alimentos.

Além da racionalidade do consumo de água para a produção de hortaliças (GRABER; JUNGE, 2009) o sistema permite o reaproveitamento do efluente gerado pela aquicultura por meio da recirculação e manutenção do sistema hidropônico.

As plantas removem os metabólitos presentes na água, prejudiciais aos peixes, permitindo seu desenvolvimento (HUNDLEY et al., 2013).

O manejo do efluente da aquicultura evita o despejo em corpos de água e fornece um fertilizante natural para o cultivo hidropônico (MARISCAL-LAGARDA et al., 2012).

---

**FACULDADE DE TECNOLOGIA DE PRESIDENTE PRUDENTE**

---

A troca de água nos sistemas aquapônicos é de, aproximadamente, 2% e os nutrientes do metabolismo dos peixes acumulam-se em concentrações semelhantes às soluções nutritivas do sistema hidropônico (RAKOCY; MASSER; LOSORDO, 2006).

Mariscal-Lagarda et al. (2012) também verificaram a redução no consumo de água em pesquisa conduzida em um sistema de aquaponia cultivando camarão (*Litopenaeus vannamei*) e tomate (*Lycopersicon esculentum Mill*). O estudo quantificou o consumo de água de 2,1m<sup>3</sup> por quilo de camarão e tomates produzidos. Comparado ao sistema tradicional de cultivo do camarão, o consumo médio de água varia entre 67 a 113m<sup>3</sup> por quilo.

Em um estudo comparativo entre a aquicultura e a integração com a aquaponia Geisenhoff et al. (2016) observaram, na aquicultura, um consumo de 360 litros diários e, após a integração do sistema, o consumo foi reduzido para 200 litros diários, considerando o mesmo volume de peixes.

Os autores também constataram que o desenvolvimento das plantas foi satisfatório, não foi necessária a adição de fertilizantes químicos e que o efluente dos peixes forneceu os nutrientes necessários, evidenciando a eficiência do sistema.

A aquicultura tradicional gera impactos ambientais pelo descarte de efluentes e pelo risco de introdução de espécies e patógenos no meio ambiente aquático local, por outro lado, a aquaponia se constitui em uma técnica ecologicamente correta, pois reaproveita os nutrientes e permite a nitrificação bacteriana, com a consequente fixação de nitrogênio pelos vegetais. (BARBOSA, 2013).

Confome Calone, R. e Orsini, F. (2022) Os quatro tipos de sistemas de cultivo mais comuns na aquaponia são:

- **Sistema de Leito de Cultivo com Mídia:** usa um meio inorgânico (como argila expandida, pedra brita ou vermiculita) para sustentar as plantas. A água do tanque de peixes é bombeada para o leito, que atua como filtro biológico e mecânico, e depois retorna para os peixes.
  - **Vantagens:** é simples, versátil e ideal para iniciantes. Permite o cultivo de uma grande variedade de plantas, desde folhosas até frutíferas.
  - **Desvantagens:** o substrato pode ser pesado, e há risco de entupimento com os resíduos dos peixes.

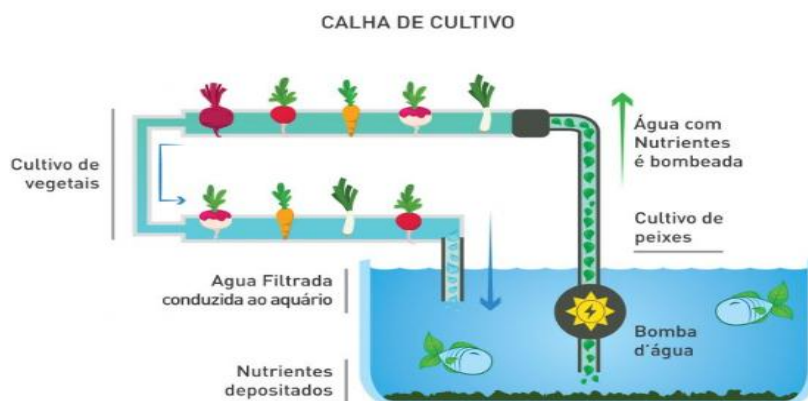
**FACULDADE DE TECNOLOGIA DE PRESIDENTE PRUDENTE**

- **Sistema de Cultura de Água Profunda (DWC):** as plantas são cultivadas em jangadas de isopor que flutuam sobre a água. Suas raízes permanecem submersas na água, que precisa ser oxigenada constantemente por um compressor.
  - **Vantagens:** é um sistema simples e resiliente, ideal para o cultivo de hortaliças de ciclo curto, como alface e couve.
  - **Desvantagens:** não é adequado para plantas que precisam de mais sustentação, e o grande volume de água pode ser difícil de controlar em pequena escala.
- **Sistema de Fluxo e Refluxo (Ebb and Flow):** também conhecido como "sistema de marés", ele inunda periodicamente o leito de cultivo com a água do tanque de peixes e depois a drena de volta.
  - **Vantagens:** a alternância entre água e ar oxigena bem as raízes das plantas.
  - **Desvantagens:** é um sistema mais complexo de configurar e requer atenção à frequência e duração dos ciclos de inundação e drenagem.



**Figura 5:** Os três principais sistemas de aquaponia. A aquaponia de substrato possui um substrato semelhante ao solo que ajuda no crescimento das plantas. Na aquaponia de canal, as plantas são colocadas dentro de tubos por onde corre uma água rica em nutrientes. Na aquaponia de jangada, as

plantas são colocadas em jangadas flutuantes e suas raízes mergulham na água para absorver nutrientes.



**Figura 5:** A técnica NFT atende a produções comerciais e admite diferentes desenhos e disposição do sistema de plantio: horizontal ou verticalizado, visando o melhor uso do espaço disponível.

---

**FACULDADE DE TECNOLOGIA DE PRESIDENTE PRUDENTE**

- **Sistema de Técnica de Filme Nutriente (NFT):** uma fina camada de água com nutrientes flui continuamente por canais ou tubos inclinados, nutrindo as raízes que ficam suspensas dentro deles.
  - **Vantagens:** é muito eficiente para a produção em massa de folhosas. Tem montagem relativamente fácil e baixa perda de água por evaporação.
  - **Desvantagens:** as raízes podem não receber oxigenação suficiente se a vazão for inadequada, e o sistema é mais suscetível a interrupções no fluxo de água.

#### **4.5 CRITÉRIOS PARA A INSTALAÇÃO DE UM SISTEMA DE AQUAPONIA**

O sucesso em um sistema de aquaponia depende de vários fatores que devem ser considerados, sobretudo referentes aos aspectos construtivos, discutidos a seguir.

A definição da densidade de peixes e de plantas deve considerar que a produção hidropônica possui o seu ciclo variável conforme a espécie, de 25 a 90 dias, e o ciclo dos peixes tem a duração de aproximadamente 210 a 270 dias.

De acordo com Rakocy, Masser e Losordo (2006) a proporção dos volumes dos tanques de criação de peixes e do cultivo hidropônico varia entre 1:1 à 1:4.

Já Nelson (2007) dimensiona para cada 1 kg de peixe, 7 kg de vegetais. Segundo a FAO (FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS, 2014), a densidade máxima de estocagem de peixes deverá ser de 20 kg de peixe por mil litros de água, por outro lado, COELHO et al. (2014) definiram uma densidade populacional de 100 peixes por metro cúbico.

Sobre o povoamento dos peixes, Rakocy, Masser e Losordo (2006) recomendam povoar os tanques de aquicultura com diferentes grupos de tamanhos de peixes: alevinos, juvenis e adultos e, após cada despesca parcial, o tanque deve ser repovoado com o mesmo número de alevinos, com separações de grades ou outras soluções para diferenciação dos tamanhos de peixes.

Ainda com relação ao povoamento e taxa de renovação de água, Carneiro et al. (2015) afirmaram que para uma densidade de 10 Kg/m<sup>3</sup>, devem ser utilizadas caixas entre 100 e 1000 litros e, no quesito fluxo de água, a velocidade não pode exigir grande esforço natatório dos peixes, pois pode prejudicar o crescimento, porém, o fluxo deve garantir a retirada dos dejetos produzidos pelos peixes e assim evitar o acúmulo de resíduos nos tanques.

---

**FACULDADE DE TECNOLOGIA DE PRESIDENTE PRUDENTE**

---

A taxa de renovação de água está relacionada diretamente à densidade de estocagem dos peixes, devendo ser de, pelo menos, metade do volume do tanque a cada hora para densidades de até  $10 \text{ kg/m}^3$  e, para densidades maiores, deve ser total em uma hora. Neste caso, para um tanque com capacidade de 500L e com mais de 5 kg de peixes, deve ser utilizada uma bomba que garanta uma vazão de, pelo menos, 500 L/hora sendo necessário também o uso de filtro de sólidos, concluíram os autores.

Segundo a EMBRAPA (2015) a instalação do filtro de sólidos é necessária para evitar o entupimento do sistema pelos resíduos sólidos gerados. Existem várias opções de filtros decantadores, porém, o mais eficiente é o modelo com fundo cônico, onde os resíduos se sedimentam e podem ser retirados por meio de uma válvula instalada na sua base. Como este material é rico em matéria orgânica devido as fezes de peixes, ele pode ser aplicado diretamente ao solo como adubo orgânico na agricultura ou destinado a um biodigestor anaeróbico, com a possibilidade de produção de biogás

O sistema de aeração da aquaponia deve ser adequado para os peixes, plantas e bactérias nitrificantes do filtro biológico. Em clima tropical, a quantidade de oxigênio dissolvido na água deve ser superior a 3 mg/L e pode ser mantida pelo emprego de compressores ou sopradores de ar (aeradores) (RAKOCY; MASSER; LOSORDO, 2006).

Carneiro et al. (2015) reportaram que a aeração deve estar presente no tanque de aquicultura e, conforme o *design* do sistema, difusores também devem ser instalados em outros compartimentos, como o ambiente de cultivo das plantas.

Concernente aos processos biológicos do sistema sabe-se que na aquaponia existe um fluxo contínuo de nutrientes entre diferentes organismos vivos e processos biológicos presentes, dentre eles, a nitrificação bacteriana.

O nitrogênio orgânico existente nos resíduos de ração não ingeridos pelo sistema de aquicultura é decomposto em amônia, por meio de microrganismos heterotróficos presentes na água, podendo ocasionar toxicidade às plantas e peixes, sendo necessária a remoção da amônia (CARNEIRO et al., 2015; CANASTRA, 2017).

O papel de conversão da amônia ( $\text{NH}_3$ ) em nitrito ( $\text{NH}_2^-$ ) e este em nitrato ( $\text{NH}_3^-$ ) transformando substâncias tóxicas em nutrientes benéficos para a hidroponia é realizado pelas bactérias nitrificantes. Os limites máximos de nitrogênio na forma de amônia total em viveiros de aquicultura devem estar entre 0,4 e 2,0 mg/L (BOYD; TUCKER, 1998).

---

**FACULDADE DE TECNOLOGIA DE PRESIDENTE PRUDENTE**

---

O nitrogênio constitui um nutriente essencial para o desenvolvimento das plantas e, na forma de nitrato, possui uma maior taxa de absorção, por isto o manejo das colônias de bactérias é fundamental para o sistema. Algumas plantas, como o agrião (*Nasturtium officinale*), o lírio do brejo (*Hedychium coronarium*), o papiro (*Cyperus papyrus*) e a taboa (*Typha domingensis*), têm capacidade de reduzir os níveis de amônia por meio da absorção em seu sistema radicular e são utilizadas como filtros biológicos (DEDIU; CRISTEA; XIAOSHUAN, 2012).

O pH no sistema aquapônico deve ser monitorado por possuir três organismos diferenciados: os peixes, as plantas e as bactérias nitrificantes. As bactérias nitrificantes são aeróbicas e sua faixa adequada de pH encontra-se entre 7,0 e 8,0. As plantas possuem um melhor desenvolvimento no intervalo de pH entre 5,5 à 6,5. Com relação ao cultivo de peixes, a faixa de pH ideal situa-se entre 7,5 e 9,0. Diante do exposto, a faixa mais indicada de pH no sistema aquapônico é próximo de 7,0 (RAKOCY; MASSER; LOSORDO, 2006).

Com referência aos sistemas de cultivos para aquaponia destaca-se o uso de bandejas flutuantes ou *floating rafts*, calhas hidropônicas ou NFT (*Nutrient Film Technique*) e *Media-filled bed* ou *gravel bed*. As bandejas flutuantes ou *floating rafts* são de poliestireno contendo orifícios espaçados entre si conforme a espécie vegetal e sua forma de crescimento. As raízes permanecem submersas necessitando de uma forma de aeração para manter a oxigenação da água, indispensável às bactérias nitrificantes que colonizam as paredes e fundos destas placas (RAKOCY; MASSER; LOSORDO, 2006; CANASTRA, 2017).

Segundo Guerrero et. al. (2012) as calhas hidropônicas ou NFT (*Nutrient Film Technique*) são as calhas ou tubos de policloreto de vinil (PVC) com berçários, com espaçamento definido de acordo com a espécie a ser cultivada para disposição das mudas das plantas. Neste sistema, as raízes são alimentadas com uma fina camada de água com nutrientes que percorre a tubulação.

As calhas hidropônicas são dispostas paralelamente e com desnível entre 8 a 12 % para possibilitar o transporte do efluente por gravidade (GUERRERO-MONROY; DEL VIVAR; FÉLIX-GASTELUM, 2012).

O *media-filled bed* ou *gravel bed* consiste no uso de substratos inertes como a argila expandida, pedra brita, seixos, rochas vulcânicas, areia grossa, perlita ou caliças de telhas cerâmicas, sendo a argila expandida e a pedra brita os substratos mais frequentemente utilizados. Estes dois substratos são favoráveis para o desenvolvimento das raízes dos vegetais e das colônias de bactérias do sistema de aquaponia (CARNEIRO et al., 2015).

---

**FACULDADE DE TECNOLOGIA DE PRESIDENTE PRUDENTE**

Para implantação de um sistema de aquaponia deve-se atentar para a fonte de energia que será utilizada. O sistema de bombeamento dos efluentes provenientes da aquicultura após o sistema de filtragem com plantas rizoféricas e substratos drenantes necessitam de energia para bombeamento para as calhas hidropônicas. Além deste sistema, a aeração para o cultivo aquapônico também depende de energia para seu funcionamento. Portanto, a discussão sobre fontes energéticas para a aquaponia é apresentada na sequência.

#### **4.6 AQUAPONIA E ENERGIA LIMPA**

Pazheri, Othman e Malik (2014) reportaram que as formas de geração de energia elétrica atuais se constituem uma temática preocupante e urgente, já que os processos convencionais de geração estão os principais responsáveis pelas emissões de Gases de Efeito Estufa (GEE).

O Brasil é um os países que mais emite CO<sub>2</sub> no mundo e, durante muitos anos, este fato foi atribuído ao desmatamento e queimadas na Floresta Amazônica (LOAIRE; ASNER; FIELD, 2009). No entanto, o Sistema de Estimativa de Emissão de Gases de Efeito Estufa (SEEG) evidenciou um aumento alarmante, indicando que o setor de energia apresentou a maior taxa média de crescimento anual de emissões no período 2013-2015 (PINTO; MARTINS; PEREIRA, 2017), superando as emissões da agropecuária e praticamente equiparando-se às emissões por mudança de uso da terra (AZEVEDO et al., 2017), por isso, o Brasil, no intuito de atender os compromissos internacionais assumidos, tem buscado de forma contínua, a manutenção de uma matriz energética limpa (BRASIL, 2016; SANTOS et al., 2017).

As fontes renováveis de energia, como os biocombustíveis, o biodiesel, o etanol, o hidrogênio, o biogás, a biomassa, a energia eólica, solar, fotovoltaica, hidrelétrica, maremotriz e geotérmica, promovem a diversificação das fontes, o desenvolvimento de novas tecnologias, a descentralização da produção energética e incentivam o desenvolvimento sustentável, já que minimizam os impactos ambientais pela redução das emissões de CO<sub>2</sub> e da dependência energética dos combustíveis fósseis (NASCIMENTO et al., 2012).

Camargo (2018) reporta sobre a necessidade em se analisar os custos com a energia elétrica consumida no sistema aquapônico e discorre sobre a instalação de sistemas alternativos de energia, como o uso de energia solar, tendo em vista a maior segurança energética do sistema em situações de *blackout* que podem causar prejuízo na aeração dos tanques e resultar em alta mortalidade dos peixes.

---

**FACULDADE DE TECNOLOGIA DE PRESIDENTE PRUDENTE**

---

O Brasil, por suas características continentais, localização geográfica, relevo, hidrografia e clima tropical, é favorável para o aproveitamento de diversas fontes renováveis (PINTO; MARTINS; PEREIRA, 2017), sobretudo eólica e solar (SCHMIDT; CANCELLA; PEREIRA JÚNIOR, 2016), por isso, buscando um sistema de aquaponia mais produtivo, seguro e sustentável energeticamente, o ideal seria o emprego de energias limpas ou renováveis como as descritas a seguir.

#### **4.6.1 Otimização de energia em aquaponia — integrando fontes renováveis e água como reserva energética para a produção sustentável de alimentos**

Um estudo patrocinado pela Universidade do Oeste da Inglaterra em colaboração com o parceiro industrial SciFlair Ltd. sob o ID do projeto 7229864: Controle ideal de fazendas aquapônicas para produção de alimentos usando IoT e IA. Oferece insights valiosos sobre a otimização energética de sistemas aquapônicos, demonstrando a eficácia do método proposto por meio de simulações. Comparado a um sistema convencional, o método alcançou uma economia média anual de energia de 26,9% com uma diferença de temperatura de 5°C entre a temperatura ambiente e a temperatura da água do sistema.

No entanto, a economia caiu para 13,3% quando a diferença de temperatura aumentou para 10°C. A maior economia, aproximadamente 32,24%, foi registrada em maio, impulsionada pela abundante radiação solar durante esse período. Essas descobertas demonstram a eficácia do método de otimização energética proposto na redução da dependência da rede e no aumento da utilização da energia solar em sistemas aquapônicos (Channa, AA; Munir, K.; Hansen, M.; Tariq, MF,2024).

A adoção desta abordagem de otimização energética representa um passo significativo para o avanço da aquaponia como um sistema de produção de alimentos sustentável e energeticamente eficiente. Pesquisas futuras são recomendadas para refinar o método, estender sua aplicabilidade a diversas configurações aquapônicas e abordar desafios específicos de cada sistema. Além disso, promover a conscientização e a educação entre profissionais e formuladores de políticas é crucial para promover a adoção de práticas energeticamente eficientes. Tais esforços podem contribuir para o objetivo mais amplo de estabelecer a aquaponia como um pilar fundamental da agricultura sustentável (Channa, AA; Munir, K.; Hansen, M.; Tariq, MF,2024).

---

**FACULDADE DE TECNOLOGIA DE PRESIDENTE PRUDENTE****5. CONSIDERAÇÕES FINAIS**

A aquaponia contribui positivamente na busca por sistemas produtivos de alimentos mais sustentáveis, principalmente em função do baixo consumo de água, da redução de impactos ambientais e da produção de duas fontes de alimento e renda em um único sistema.

O presente estudo, que versou desde a definição, histórico, relação da aquaponia com os ODS e seus critérios de instalação, evidenciou todos estes benefícios. Porém, foram apresentadas alternativas para tornar o sistema mais seguro e sustentável, baseado no emprego de fontes de energias limpas, destacando-se a energia eólica e solar fotovoltaica, que no Brasil, se constituem em fontes promissoras.

Investir em energia solar para agricultura é uma decisão interessante para garantir redução de custos e segurança no fornecimento de energia, especialmente em atividade que fazem uso intensivo de eletricidade, como é o caso da aquicultura e piscicultura.

Não é incomum que as áreas rurais do Brasil sofram com falta de infraestrutura adequada de fornecimento de energia, trazendo riscos de transtornos e prejuízos para os produtores. Com a energia solar, é possível obter 90% de economia com a conta de luz e contar com mais estabilidade por meio da geração própria de energia.

Em locais isolados, sem conexão com a rede elétrica, também é possível substituir geradores a diesel, caros e poluentes, por sistemas de energia solar off-grid.

---

**FACULDADE DE TECNOLOGIA DE PRESIDENTE PRUDENTE****6. REFERÊNCIAS**

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA - ANEEL – 2016. Banco de Informações de Geração. Disponível em < <http://minilink.es/3q7p>>, acessado em 07 de março de 2024.

AZEVEDO, J. P. M.; NASCIMENTO, R. S.; SCHRAM, I. B. Energia eólica e os impactos ambientais: um estudo de revisão. Revista UNINGÁ, v. 51, p. 101-106, 2017.

Adler, PR; Harper, JK; Wade, EM; Takeda, F e Summerfelt, ST. (2000). **Análise econômica de um sistema aquapônico para produção integrada de truta arco-íris e plantas**. Jornal Internacional de Aquicultura Recirculante, 1(1):15-34.

AMINI, A. **DIY Aquaponia: o guia definitivo - cultive seus próprios alimentos premium onde e quando quiser**. Farm Tower Co., 212 pp.

AA Channa , K. Munir , M. Hansen e MF Tariq , “ Otimização de sistemas aquapônicos de pequena escala usando inteligência artificial e IoT: status atual, desafios e oportunidades ”, *Enciclopédia* 4 ,nº 1 (março de 2024 ): 313 – 336 , <https://doi.org/10.3390/encyclopedia4010023>. Submissão recebida: 3 de outubro de 2023 / Revisado: 26 de janeiro de 2024 / Aceito: 2 de fevereiro de 2024 / Publicado: 8 de fevereiro de 2024

CASTELLANI, Daniela et. Al. Aquaponia: aproveitamento do efluente do berçário secundário do Camarão-da-Amazônia (*Macrobrachium amazonicum*) para produção de alface (*Lactuca sativa*) e agrião (*Rorippa nasturtium aquaticum*) hidropônicos.

Calone, R. e Orsini, F. (2022). “Aquaponia: uma ferramenta promissora para uma agricultura ecologicamente correta.” *Front. Mentis Jovens*. 10:707801. DOI: 10.3389/frym.2022.707801.

BARBOSA, W. W. P. Aproveitamento do efluente da produção de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) para produção de manjerona (*Origanum majorana*) e manjerição (*Ocimum basilicum*) em sistemas de aquaponia. **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável**, v.3, n.1, p.51-55, 2013.

BOYD, C. E.; TUCKER, C. S. **Pond aquaculture water quality management**. Boston: Kluwer, p.131-135. 1998.

BRASIL - MME – Ministério de Minas e Energia - Plano Decenal de Expansão de Energia 2024. Brasília: MME. 2015. Disponível em <<http://minilink.es/3q7l>>, acessado em 08 de março de 2024.

---

**FACULDADE DE TECNOLOGIA DE PRESIDENTE PRUDENTE**

---

BRASIL - MME – Ministério de Minas e Energia - **Brasil maior gerador de energia eólica da América Latina**. Brasília: MME 2017. Disponível em: <<http://minilink.es/3q7q>> acessado em 22 janeiro 2024.

BRASIL - MME – Ministério de Minas e Energia – Secretaria de Planejamento e **Desenvolvimento Energético- Energia solar no Brasil e Mundo**. Brasília: MME 2017. Disponível em: < <http://www.mme.gov.br/documents/10584/3580498/17>> acessado em 31 março de 2024.

CAMARGO, J. Aquaponia economiza 90% da água usada na produção. **Informe técnico**. fevereiro/ 2017. Disponível em < <http://minilink.es/3q7m>>, acessado em 16 de março de 2024.

CANASTRA, I.I.O. Aquaponia: **Construção de um sistema de aquaponia a uma escala modelo e elaboração de um manual didático**. Faculdade de Ciências da Universidade do Porto. 2017. 143 p.

CANI, A. C. P.; AZEVEDO, R. V.; PEREIRA, R. N.; OLIVEIRA, M. A.; CHAVES, M. A.O.; BRAGA, L. G. T. Phytodepuration of the effluents in a closed system of fish production. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v.14, n.2, 371-381, 2013.

CARNEIRO, P. C. F.; MARIA, A. N.; NUNES, M. U. C.; FUJIMOTO, R.Y. **Aquaponia: produção sustentável de peixes e vegetais**. In: TAVARES-DIAS M.; MARIANO, W. S. (Org) Aquicultura no Brasil: novas perspectivas. São Carlos, Editora Pedro & João, 2015. 429 p.

COÊLHO, A. A.C.; BEZERRA, J. H. C.; SILVA, J. W. A, MOREIRA, R. T., ALBUQUERQUE, L. F. G., FARIAS, W. R. L. Desempenho zootécnico de alevinos de tilápia do Nilo cultivados em um sistema de recirculação de água com a microalga *Spirulina platensis* **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, Salvador, v.15, n.1, p.149-159, 2014.

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

DIVER, S. Aquaponics - Integration of hydroponics with aquaculture. **National Sustainable Agriculture Information Service**, ATTRA, 2006. 28p. Disponível em <https://attra.ncat.org/attra-pub/download.php?id=56>, acessado em 02 de abril de 2024.

EMBRAPA. Produção integrada de peixes e vegetais em aquaponia / Paulo César Falanghe Carneiro... [et. al.]- Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2015. 27 p. II. (Documentos / Embrapa Tabuleiros Costeiros, ISSN 1678-1937, 189).

EMBRAPA. **Boas práticas de manejo para sistemas de aquaponia** / Julio Ferraz Queiroz, Thiago Archangelo Freato, Alfredo José Barreto Luiz, Márcia Mayumi Ishikawa, Rosa Toyoko Shrirraishi Friguetto. Jaguariúna : Embrapa Meio Ambiente, 2017. 29 p. – (Documentos / (Documentos / Embrapa Meio Ambiente, ISSN 1516-4961; 113)

---

**FACULDADE DE TECNOLOGIA DE PRESIDENTE PRUDENTE**

---

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS PARA ALIMENTAÇÃO E AGRICULTURA – FAO. Produção de alimentos aquapônicos em pequena escala. Criação integrada de peixes e plantas. Documento Técnico sobre Pesca e Aquicultura (FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS – FAO. Small-scale aquaponic food production. Integrated fish and plant farming. **Fisheries and Aquaculture Technical Paper**) n. 589. Roma, 2014. Disponível em <<http://minilink.es/3q7n>>, acessado em 08 de março de 2024.

GEISENHOFF, L. O.; JORDAN, R. A.; SANTOS, R. C.; OLIVEIRA, F. C.; GOMES, E. P. Efeito de diferentes substratos na produção de alface aquapônica associada à criação intensiva de tilápia com sistemas de recirculação de água **Engenharia Agrícola**, v.36, n. 2, p.291-299, 2016. (GEISENHOFF, L. O.; JORDAN, R. A.; SANTOS, R. C.; OLIVEIRA, F. C.; GOMES, E. P. Effect of different substrates in aquaponic lettuce production associated with intensive tilapia farming with water recirculation systems).

VENTO GLOBAL. Relatório Global de Vento 2016. GLOBAL WIND. **Global Wind Report 2016**. Disponível em: <<http://www.gwec.net/>>. Acesso em 26 março de 2024.

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

GREEN, M. A. Silicon photovoltaic modules: a brief history of the first 50 years. **Progress in Photovoltaics: Research and Applications**, v. 13, n. 5, p. 447–455, 2005.

GUERRERO-MONROY, I.; DEL VIVAR, A. R.; FÉLIX-GASTELUM, R. Integrated culture of white shrimp (*Litopenaeus vannamei*) and tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill) with low salinity groundwater: management and production. **Aquaculture**, v. 366-367, p. 76-84, 2012.

HUNDLEY, G. M. C.; NAVARRO, R. D.; FIGUEIREDO, C. M. G.; NAVARRO, F. K. S. P.; PEREIRA, M. M.; RIBEIRO FILHO, O. P.; SEIXAS FILHO, J. T. Aproveitamento do efluente da produção de tilápia do Nilo para o crescimento de manjeriço (*Origanum basilicum*) e manjerona (*Origanum majorana*) em sistemas de aquaponia. **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável**, v.3, p.51-55, 2013.

INNOVATIVE AQUAPONICS FOR PROFESSIONAL APLICATIONS - INAPRO. Disponível em <[http://www.inapro-project.eu/page/consortium\\_p122](http://www.inapro-project.eu/page/consortium_p122)>, acessado em 16 de março de 2018.

LENNARD, W.A. Aquaponics research at RMIT University Melbourne Australia. **Aquaponics Journal**, v.35, p.18-24, 2004.

LOAIRE, S. R.; ASNER, G. P.; FIELD, C. B. Boosted carbon emissions from Amazon deforestation. **Geophysical Research Letters**, v. 36, L14810, 2009.

LOPEZ, R. A. **Energia eólica**. São Paulo: Artliber, 2 ed. 2012. 366 p.

MACHADO, C. T.; MIRANDA, F. S. Energia Solar Fotovoltaica: uma breve revisão. **Revista Virtual de Química**, v. 7, n. 1, p. 126-143, 2014.

---

**FACULDADE DE TECNOLOGIA DE PRESIDENTE PRUDENTE**

---

MARISCAL-LAGARDA, M. M.; PÁEZ-OSUNA, F.; ESQUER-MÉNDEZ, J. GUERRERO-MONROY, I.; VIVAR, A.R.; FÉLIX-GASTELUM, R. Integrated culture of white shrimp (*Litopenaeus vannamei*) and tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill) with low salinity groundwater: management and production. **Aquaculture**, v. 366-367, p. 76-84, 2012.

MARTINS, F. R.; GUARNIERI, R. A.; PEREIRA, E. B. O aproveitamento da energia eólica. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v.30. n.1, 2008.

NASCIMENTO, T. C.; MENDONÇA, A. T. B.; CUNHA, S. K. Inovação e sustentabilidade na produção de energia o caso do sistema setorial de energia eólica no Brasil. **Cadernos EBAPE.BR** v. 10, n. 3, 2012.

NELSON, R. L. Ten aquaponic systems around the world. **Aquaponics Journal**, v.46, p.8-12, 2007.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS PARA A EDUCAÇÃO A CIÊNCIA E A CULTURA - UNESCO – Agenda de Desenvolvimento pós-2015 - **UNESCO e os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável**. Disponível em <<http://www.unesco.org/new/pt/brasil/post-2015-development-agenda/>>, acessado em 08 de março de 2024.

PAZHERI, F. R.; OTHMAN, M. F.; MALIK, N. H. A review on global renewable electricity scenario. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, n. 31, p. 835-845, 2014.

PEREIRA, E. B.; MARTINS, F.R.; GONÇALVES, A.R.; COSTA, R.S.; LIMA, F.J.L.;

RUTHER, R.; ABREU, S.L.; TIEPOLO, G.M.; PEREIRA, S.V.; SOUZA, J.V. Atlas brasileiro de energia solar. São José dos Campos: INPE: 2017. Disponível em <[http://ftp.cptec.inpe.br/labren/publ/livros/Atlas\\_Brasileiro\\_Energia\\_Solar\\_2a\\_Edicao.pdf](http://ftp.cptec.inpe.br/labren/publ/livros/Atlas_Brasileiro_Energia_Solar_2a_Edicao.pdf)> acessado em 31 de março de 2024.

PINHO, J. T.; GALDINO, M. A. Manual de Engenharia para Sistemas Fotovoltaicos. 2014. Disponível em <<http://minilink.es/3q7o>>, acessado em 04 de abril de 2024.

PINTO, L. I. C.; MARTINS, F. R.; PEREIRA, E. B. P.. **O mercado brasileiro da energia eólica, impactos sociais e ambientais**. Revista Ambiente e Água, v. 12, n. 6, p. 1082-1100, 2017.

RAKOCY, J. E.; MASSER M. P.; LOSORDO, T. M. Recirculating aquaculture tank production systems: Aquaponics – Integrating fish and plant culture. **SRAC Publication**, v.454, p. 1-16, 2006.

RAMPINELLI, G. A.; ROSA JÚNIOR, C. G. Análise da geração eólica na matriz brasileira de energia elétrica. **Revista Ciências Exatas e Naturais**, v. 14, n. 2, p. 273-302, 2012.

ROOSTA, H. R.; AFSHARIPOOR, S. Effects of different cultivation media on vegetative growth, ecophysiological traits and nutrients concentration in strawberry under hydroponic and aquaponic cultivation systems. **Advances in Environmental Biology**, v.6, n.2, p.543-555, 2012.

---

**FACULDADE DE TECNOLOGIA DE PRESIDENTE PRUDENTE**

RÜTHER, R. Edifícios Solares Fotovoltaicos. 1ª Edição ed. Florianópolis, SC: Editora UFSC/LABSOLAR, 2004. 118 p.

SANTOS, M. J.; FERREIRA, P.; ARAÚJO, M.; PORTUGAL-PEREIRA, J.; LUCENA, A. F. P.; SCHAEFFER, R. Scenarios for the future Brazilian power sector based on a multi-criteria assessment. **Journal of Cleaner Production**, v. 167, p. 938-950, 2017.

SCHMIDT, J.; CANCELLA, R.; PEREIRA JÚNIOR, A. O. An optimal mix of Schmidt PV, wind and hydro power for a low-carbon electricity supply in Brazil. **Renewable Energy**, v. 85, p. 137-147, 2016.

TOLMASQUIM, M. T. Energia renovável: hidráulica, biomassa, eólica, solar, oceânica. Rio de Janeiro: EPE, 2016. 452 p.

TUNDISI, J. G. Recursos hídricos no futuro: problemas e soluções. **Estudos Avançados**. v.22, n.63, p.7-16, 2008.

ZULAUF, W. E. O meio ambiente e o futuro. **Estudos avançados**. v. 14, n. 39, p. 85-100, 2000.

DELAIDE, B., DELHAYE, G., DERMIENCE, M., GOTT, J., SOYEURT, H., JIJAKLI, M.H. Desempenho da produção de plantas e peixes, balanços de massa de nutrientes, uso de energia e água do PAFF Box, um sistema aquapônico de pequena escala. *Engenharia Aquacultural*, v. 78, parte B, p. 130-139, 2017. (<https://doi.org/10.1016/j.aquaeng.2017.06.002>)

Mergulhador, S. (2006). **Aquaponia: integração da hidroponia com a aquicultura**. **Serviço Nacional de Informação sobre Agricultura Sustentável**. Disponível em: . (citado: 2 de abril de 2008).

DOCUMENTO TÉCNICO 589 DA PESCA E AQUICULTURA DA FAO - Produção de alimentos aquapônicos em pequena escala Integrada de peixes e cultivo de plantas

FAQUIN, V.; FURLANI, P. R. Cultivo de hortaliças de folhas em hidroponia em ambiente protegido. *Informe Agropecuário*, v. 20, n. 200/201, p. 99-104, 1999.

Organização para Alimentação e Agricultura das Nações Unidas. (2007). *Informações e estatísticas sobre pesca e aquicultura*. (citado: 5 de dezembro de 2007).

---

**FACULDADE DE TECNOLOGIA DE PRESIDENTE PRUDENTE**

---

Orsini, F., Pennisi, G., Michelon, N., Minelli, A., Bazzocchi, G., Sanyé-Mengual, E. et al. 2020. “Características e funções da agricultura urbana multifuncional no Norte global: uma revisão.” *Front. Sustentável. Sistemas Alimentares*. 4:562513. DOI: 10.3389/fsufs.2020.562513.

GEISENHOFF, L.O., JORDAN, R.A., SANTOS, R.C., OLIVEIRA, F.C. de, GOMES, E.P. Efeitos de diferentes substratos na produção aquapônica de alface associada ao cultivo intensivo de tilápia com sistemas de recirculação de água. *Revista da Associação Brasileira de Engenharia Agrícola*, v. 36, n. 2, pág. 291-299, 2016. Disponível em: (<http://dx.doi.org/10.1590/1809-4430>).

LEWIS, WM; Yopp, JH; Schramm Jr HL & Branderburg, AM. (1978). Uso da hidroponia para manter a qualidade da água recirculada em um sistema de piscicultura. *Transações da Sociedade Americana de Pesca*, 107(1):92-9.

Médicos aquaponicos – Disponível em: [https://aquaponicsassociation.org/?gad\\_source=1&gclid=EAIaIQobChMI5NGNjr3liQMVcUFIAB0xVADHEAAYASAAEgJZxPD\\_BwE](https://aquaponicsassociation.org/?gad_source=1&gclid=EAIaIQobChMI5NGNjr3liQMVcUFIAB0xVADHEAAYASAAEgJZxPD_BwE)> Acesso em 10/03/2024.

QUILLERÉ, I.; Roux, L.; Maria, D.; Roux, Y.; Gosse, F. & Morotgaudry, JF (1995). Um ecossistema produtivo artificial baseado numa associação peixe/bactéria/planta. 2. Desempenho. *Agricultura, Ecossistemas e Meio Ambiente*, 53(1):19-30

RAKOCY, JE; Hargreaves, J.A. & Bailey, DS (1989). Efeitos da produção hidropônica de hortaliças na qualidade da água em sistema fechado de recirculação. *Revista Sociedade Mundial de Aquicultura*, 20 (3):64A.

RAKOCY, JE; Hargreaves, J.A. & Bailey, DS (1993). Acúmulo de nutrientes em sistema de aquicultura recirculante integrado à produção hidropônica de hortaliças. *Proceedings of the Techniques for Modern Aquacultural*, 1993, Spokane (Wa), EUA.

RAKOCY, JE; Hargreaves, J.A. & Bailey, DS (1993). Acúmulo de nutrientes em sistema de aquicultura recirculante integrado à produção hidropônica de hortaliças. *Proceedings of the Techniques for Modern Aquacultural*, 1993, Spokane (Wa), EUA.

---

**FACULDADE DE TECNOLOGIA DE PRESIDENTE PRUDENTE**

RAKOCY, JE; Shultz, RC; Bailey, DS e Thoman, ES (2004). Produção aquapônica de tilápia e manjeriço: comparando sistema de cultivo em lote e escalonado. Acta Horticulturae (ISHS), 648:63-9.

SANTOS, A.O.; Neto, B.L.R.; Zwirtes, D.S.; Silva, R.B. & Yonenaga, W.H. (2008). Produção de alface hidropônica: uma abordagem pela dinâmicas de sistemas. Anais do 4º Congresso Brasileiro de Sistemas - UNI-FAEF, 2008, Franca, SP. v.1.

WONKIEW, S., POPP, BN, KIM, HJ, KHANAL, SK. Destino do nitrogênio em sistemas aquapônicos de jangadas flutuantes usando composições isotópicas de nitrogênio de abundância natural. Biodeterioração e Biodegradação Internacional, v. 125, p. 24-32, 2017 (<https://doi.org/10.1016/j.ibiod.2017.08.006>).

BACKYARD AQUAPONICS: bringing food production home. Get to know aquaponics. 2012. Disponível em: . Acesso em:

EMERENCIANO, M. G. C.; MELLO, G. I.; PINHO, S. M.; MOLINARI, D.; BLUM, M. N. Aquaponia: uma alternativa de diversificação na aquicultura. Panorama da Aquicultura, Rio de Janeiro, v. 25, p. 24-35, 2015.

ENDUT, A.; JUSOH, A.; ALI, N.; WAN NIK, W. B.; HASSAN, A. A study on the optimal hydraulic loading rate and plant ratios in recirculation aquaponic system. Bioresource Technology, v. 101, p. 1511-1517, 2010.

GODDEK, S.; DELAIDE, B.; MANKASINGH, U.; RAGNARSDOTTIR, K. V.; JIJAKLI, H.; THORARINSDOTTIR, R. Challenges of sustainable and commercial aquaponics. Sustainability, Basel, Switzerland, v. 7, p. 4199-4224, 2015.

HUNDLEY, G. M. C.; NAVARRO, R. D. Aquaponia: a integração entre piscicultura e a hidroponia. Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável, Viçosa, v. 3, p. 52-61, 2013.

---

**FACULDADE DE TECNOLOGIA DE PRESIDENTE PRUDENTE**

LENNARD, W. A.; LEONARD, B. V. A comparison of reciprocating flow versus constant flow in an integrated, gravel bed, aquaponic test system. *Aquaculture International*, Cork, Ireland, v. 12, p. 539-553, 2004.

LOVE, D. C.; FRY, J. P.; GENELLO, L.; HILL, E. S.; FREDERICK, J.A.; LI, X.; SEMMENS, K. An international survey of aquaponics practitioners. *PLoS One*, San Francisco, USA, v. 9, p. 1-10, 2014.

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

ROOSTA, H. R.; MOHSENIAN, Y. Effects of foliar spray of different Fe sources on pepper (*Capsicum annum L.*) plants in aquaponic system. *Scientia Horticulturae*, Amsterdam, Holland, v. 146, 182-191, 2012.

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