

**CENTRO ESTADUAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA PAULA
SOUZA ETEC PROFESSOR CARMELINO CORRÊA JÚNIOR
TÉCNICO EM AGROPECUÁRIA**

Karla Martins da Mata
Rayca Oliveira Bagagine

HIDROPONIA

Franca/SP

2025

Karla Martins da Mata

Rayca Oliveira Bagagine

HIDROPONIA

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso Técnico em Agropecuária da Etec Prof. Carmelino Corrêa Junior, orientado pelo Prof. Clayson Correia de Sousa, como requisito parcial para obtenção do título de Técnico em Agropecuária.

Franca/SP
2025

DEDICATÓRIA

Dedicamos este trabalho à nossa família, pelo amor e apoio incondicional, aos nossos professores, pelo conhecimento e orientação transmitidos, e a todos que contribuíram para a realização desta conquista.

RESUMO

O Este trabalho apresenta uma análise abrangente da hidroponia, técnica de cultivo que dispensa o uso do solo e utiliza soluções nutritivas em água para fornecer os elementos essenciais ao desenvolvimento das plantas. O estudo aborda os fundamentos teóricos da prática, descrevendo os principais sistemas hidropônicos, como NFT, DWC e sistemas de substrato, além dos materiais utilizados, incluindo fibra de coco, perlita, argila expandida e lã de rocha. Também são discutidos os procedimentos de manejo da solução nutritiva, com destaque para o controle do pH, da condutividade elétrica e da concentração de nutrientes. Entre as vantagens identificadas, destacam-se o aumento da produtividade, o uso eficiente da água, a redução do emprego de agrotóxicos e a viabilidade do cultivo em ambientes urbanos ou em áreas de solo improdutivo. O trabalho também analisa as limitações da técnica, como os custos iniciais elevados, a necessidade de monitoramento constante, a dependência de energia elétrica e a rápida disseminação de doenças em caso de falhas no sistema. Conclui-se que a hidroponia representa uma alternativa sustentável e tecnologicamente viável para a produção de alimentos, contribuindo para a segurança alimentar e para o desenvolvimento de práticas agrícolas mais eficientes. Palavras-chave: hidroponia; cultivo sem solo; solução nutritiva; sustentabilidade; produção agrícola.

ABSTRACT

This study presents a comprehensive analysis of hydroponics, a cultivation technique that eliminates the use of soil and employs nutrient solutions in water to supply the essential elements required for plant development. The research addresses the theoretical foundations of the practice, describing the main hydroponic systems, such as NFT, DWC, and substrate-based methods, as well as the materials commonly used, including coconut fiber, perlite, expanded clay, and rockwool. The study also discusses procedures for managing the nutrient solution, emphasizing the control of pH, electrical conductivity, and nutrient concentration. Among the identified advantages are increased productivity, efficient water use, reduced application of pesticides, and the feasibility of cultivation in urban environments or in areas with unproductive soil. The work also examines the limitations of the technique, such as high initial costs, the need for constant monitoring, dependence on electricity, and the rapid spread of diseases in case of system failures. The findings indicate that hydroponics represents a sustainable and technologically viable alternative for food production, contributing to food security and the development of more efficient agricultural practices.

Keywords: hydroponics; soilless cultivation; nutrient solution; sustainability; agricultural production

Sumário

1 INTRODUÇÃO	7
2 REVISAO DE LITERATURA	8
2.1 HIDROPONIA.....	8
2.2 ARDUINO.....	10
2.2 BOMBA D'ÁGUA.....	10
2.4 ESPUMA FENOLICA.....	11
2.5 POTENCIAL HIDROGENICO (PH) E CONDUTIVIDADE ELETRICA.....	13
2.6 SOLUÇÃO NUTRITIVO.....	14
2.7 VANTAGENS	15
2.8 DESVANTAGENS	16
3 OBJETIVO	17
4 CONCLUSÃO.....	18
REFERENCIAS	19

1 INTRODUÇÃO

A hidroponia é um sistema de cultivo de plantas que dispensa o uso do solo, utilizando soluções nutritivas balanceadas em água para fornecer os elementos essenciais ao desenvolvimento vegetal. Essa técnica tem se destacado como uma alternativa inovadora e eficiente, especialmente em regiões com solos pobres, áreas urbanas ou ambientes controlados, permitindo o cultivo de diversas espécies com alto rendimento e qualidade. O sistema hidropônico oferece controle rigoroso de variáveis ambientais, como pH, concentração de nutrientes, temperatura e oxigenação da raiz, fatores que influenciam diretamente o crescimento, a produtividade e a sanidade das plantas. Além disso, a hidroponia possibilita economia significativa de água, chegando a reduzir em até 90% o consumo em comparação com a agricultura tradicional, devido à reutilização da solução nutritiva e à menor perda por evaporação ou escoamento (Resh, 2013). Dentre os tipos de sistemas hidropônicos mais utilizados estão o cultivo em substrato inerte, o sistema NFT (Nutrient Film Technique), o cultivo em água profunda (Deep Water Culture) e o gotejamento controlado, cada um apresentando características específicas quanto à complexidade, custo e eficiência produtiva. A escolha do sistema adequado depende de fatores como a espécie cultivada, o espaço disponível, os recursos econômicos e os objetivos do produtor. Segundo Lay-Ang (2022), “a hidroponia representa uma alternativa tecnológica eficiente para a produção de alimentos em ambientes restritos, aumentando a produtividade e reduzindo impactos ambientais”. Dessa forma, a hidroponia se configura como uma ferramenta estratégica para a produção sustentável de alimentos, oferecendo soluções inovadoras que podem contribuir para a segurança alimentar, o uso racional de recursos naturais e a mitigação dos impactos ambientais decorrentes da agricultura convencional.

2 REVISAO DE LITERATURA

2.1 HIDROPONIA

A hidroponia é uma técnica de cultivo de plantas sem solo (Figura 1), na qual os nutrientes necessários ao desenvolvimento vegetal são fornecidos exclusivamente por meio de uma solução aquosa balanceada, adaptada às necessidades de cada espécie. Essa técnica permite o controle rigoroso do pH, da concentração de nutrientes e das condições ambientais, promovendo um crescimento saudável e produtivo das plantas (Furlani, 2018).



Figura 1 :LABHIDRO 2018

A origem da hidroponia remonta à Antiguidade, com registros históricos que indicam sistemas semelhantes aos modernos. Entre os exemplos mais citados estão os Jardins Suspensos da Babilônia (c. 600 a.C.) (Figura 2), cuja existência ainda é incerta, mas que apresentavam técnicas de irrigação que se aproximam das utilizadas na hidroponia. Outro exemplo são as chinampas astecas (c. 1100), conhecidos como jardins flutuantes, nos quais as plantas tinham as raízes em contato com a água; contudo, como utilizavam solo, não podem ser considerados cultivos hidropônicos verdadeiros (RESH, 2022). O termo “hidroponia” deriva do grego hydro, que significa água, e ponos, que significa trabalho — literalmente, “trabalho na água”. A palavra foi formalmente utilizada pela primeira vez em 1940 pelo Dr. William Frederick Gericke, da Universidade da Califórnia. Gericke desenvolveu uma técnica de cultivo sem solo em larga escala, aplicável a frutas, cereais, flores e tubérculos, e pesquisou de forma

sistemática a fisiologia, nutrição e crescimento das plantas. Seu trabalho consolidou a hidroponia como uma ciência agrícola moderna, ampliando o conhecimento sobre o manejo de soluções nutritivas e técnicas de cultivo intensivo (RESH, 2022; FURLANI, 2018).

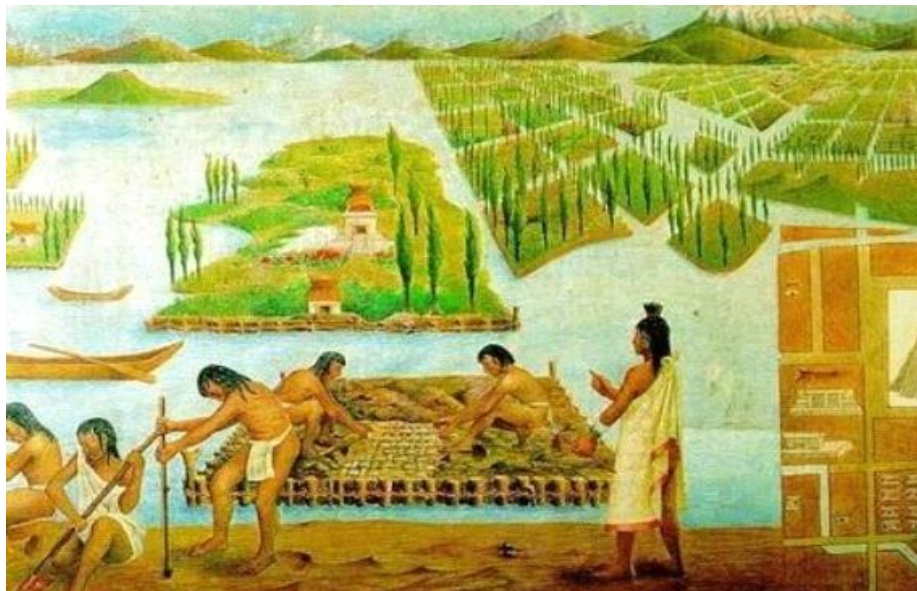


Figura 2:URBANCROP 2014

Antigamente, os agricultores usavam a hidroponia para cultivar plantas em estruturas que não dependiam do solo, mas sim de uma solução nutritiva à base de água, como os Jardins Suspensos da Babilônia (c. 605-562 a.C.) e as chinapas astecas. Esses sistemas aproveitavam a água e os nutrientes de forma direta para as raízes, um método que permitiu a produção de alimentos mesmo em áreas com pouca terra, a primeira produção em grande quantidade desses alimentos foi durante a Segunda Guerra Mundial. Os países pioneiros no uso da hidroponia incluem Holanda, França, Estados Unidos e Japão, motivados principalmente pela economia de água, aumento da produtividade e otimização de espaços reduzidos, especialmente em regiões urbanas ou com solos limitados. Nessas regiões, o cultivo intensivo em estufas controladas permite obter produtos de alta qualidade e uniformidade durante todo o ano (RESH, 2022). No Brasil, a hidroponia apresenta maior concentração de produtores na região sudeste, especialmente no estado de São Paulo, que se destaca como o principal polo de produção hidropônica do país. Nas últimas décadas, houve crescimento expressivo do interesse pelo cultivo sem solo, particularmente para hortaliças folhosas, como alface, rúcula e agrião, embora outras culturas, como tomate, pimentão e morango, também possam ser cultivadas com sucesso em sistemas hidropônicos (SANTOS, 2020). A adoção da hidroponia exige conhecimento

técnico específico, incluindo: compreensão das exigências nutricionais de cada cultura, monitoramento de pH e condutividade elétrica (CE) das soluções nutritivas, controle de fatores climáticos, manejo fitossanitário e disponibilidade de recursos financeiros para instalação da infraestrutura necessária, que pode incluir bombas, tubos, canais, sensores e estufas. Dependendo do porte e da tecnologia empregada, os sistemas podem variar de baixa complexidade, como pequenos canais NFT ou DFT domésticos, a sistemas industriais de alta tecnologia com controle automatizado de nutrientes, irrigação e iluminação (FURLANI, 2018; COMETTI, 2006). Dessa forma, a hidroponia moderna representa a evolução de práticas antigas, aliando produção eficiente, economia de recursos e sustentabilidade. A técnica permite cultivo intensivo com uniformidade e alta qualidade, tornando-se uma alternativa promissora para atender à crescente demanda por alimentos em áreas urbanas e regiões com limitação de solo fértil.

2.2 ARDUINO

A automação de sistemas hidropônicos tem se tornado uma tendência crescente na agricultura moderna, permitindo controle preciso e eficiente das condições de cultivo. Nesse contexto, o Arduino, um microcontrolador de baixo custo e fácil programação, tem sido amplamente utilizado para monitorar e controlar parâmetros essenciais, como pH, condutividade elétrica (CE), temperatura da água e ativação de bombas e iluminação. O uso de sensores conectados ao Arduino possibilita a coleta contínua de dados e ajustes automáticos, garantindo que a solução nutritiva permaneça equilibrada e as plantas recebam nutrientes de forma otimizada. Essa tecnologia contribui para a redução de erros humanos, aumento da produtividade, economia de recursos hídricos e fertilizantes, e permite a implementação de sistemas hidropônicos em diferentes escalas, desde pequenos projetos educativos até produções comerciais intensivas (Resh, 2022; Furlani, 2018).

2.2 BOMBA D'ÁGUA

Nos sistemas hidropônicos, onde o solo é substituído por uma solução nutritiva balanceada, a utilização de bombas d'água é fundamental para o funcionamento eficiente do sistema. Esses dispositivos são responsáveis por promover a circulação contínua da solução nutritiva, garantindo que as raízes das plantas tenham acesso

constante aos nutrientes e ao oxigênio necessários para um desenvolvimento saudável. A bomba mantém a solução em movimento, evitando que os sais minerais se depositem no fundo do reservatório e assegurando uma distribuição homogênea dos nutrientes em todo o sistema. Essa circulação também impede o surgimento de zonas anaeróbicas, que favorecem o desenvolvimento de bactérias indesejáveis e algas prejudiciais às plantas. Além disso, o movimento da água aumenta a troca gasosa, contribuindo para a manutenção de níveis adequados de oxigênio dissolvido, essencial para a respiração radicular. Existem diferentes tipos de bombas utilizadas em sistemas hidropônicos, sendo as bombas submersas e as bombas externas as mais comuns. As bombas submersas ficam instaladas diretamente no interior do reservatório e são indicadas para sistemas de pequeno e médio porte, como o NFT (Nutrient Film Technique). Já as bombas externas são posicionadas fora do reservatório e utilizadas em estruturas maiores, que demandam maior pressão e vazão. O dimensionamento correto da bomba é um fator crítico para o bom desempenho do sistema. É necessário considerar a vazão (litros por hora) e a altura manométrica total, que corresponde à soma da altura que a bomba precisa vencer e das perdas de carga ao longo das tubulações. Uma bomba subdimensionada pode comprometer a distribuição uniforme da solução nutritiva, enquanto uma superdimensionada aumenta o consumo energético e pode gerar turbulência excessiva nas raízes. A manutenção preventiva também é essencial para garantir a durabilidade e eficiência da bomba. Recomenda-se a limpeza periódica dos filtros e dutos para evitar entupimentos, além da verificação do funcionamento contínuo, uma vez que qualquer falha na circulação da solução pode causar deficiência nutricional e estresse às plantas.

2.4 ESPUMA FENOLICA

A espuma fenólica é um substrato amplamente utilizado na produção de mudas em sistemas hidropônicos, devido à sua eficiência, praticidade e segurança sanitária. Trata-se de um material poroso, leve e estéril, que oferece condições ideais para o desenvolvimento inicial das plantas. Quando manipulada corretamente, a espuma fenólica apresenta-se livre de fungos e bactérias, garantindo que o processo de enraizamento não seja comprometido e proporcionando um ambiente higiênico e seguro para o crescimento vegetal (HIDROGOOD,2023). Entre as principais vantagens da espuma fenólica destacam-se sua alta capacidade de absorção e

retenção de umidade e sua estrutura porosa, que favorecem tanto a germinação das sementes quanto o desenvolvimento das raízes. Essa estrutura permite uma circulação adequada de ar e passagem equilibrada de água, promovendo a oxigenação do sistema radicular e a absorção eficiente dos nutrientes dissolvidos na solução nutritiva (FURLANI, 2018). O material é de fácil utilização e manuseio, sendo geralmente comercializado em placas pré-cortadas em células, o que facilita o plantio e o transplante das mudas. Essa característica reduz o risco de danos mecânicos às raízes e otimiza o tempo de trabalho do produtor. Além disso, algumas versões da espuma fenólica são biodegradáveis, decompondo-se naturalmente após determinado período, o que contribui para a redução do impacto ambiental e torna o processo mais sustentável (SILVA ET, AL. 2021). Do ponto de vista físico, a espuma fenólica apresenta densidade média entre 15 e 25 kg/m³, garantindo leveza e sustentação adequada para as raízes em desenvolvimento. A porosidade uniforme permite a manutenção do equilíbrio entre retenção de água e disponibilidade de oxigênio, fatores essenciais para o vigor e a uniformidade das mudas (OLIVEIRA, 2022). Em comparação com outros substratos, como a lã de rocha, a perlita e a fibra de coco, a espuma fenólica apresenta vantagens importantes. Ela é mais homogênea, menos suscetível à contaminação por patógenos e dispensa ajustes prévios de pH, já que seu valor se mantém próximo ao ideal para o cultivo hidropônico, entre 5,5 e 6,5. Essa característica simplifica o preparo da solução nutritiva e reduz o tempo de produção (FURLANI, 2018). Do ponto de vista econômico, a adoção desse substrato proporciona redução de custos operacionais, uma vez que diminui as perdas de mudas e o consumo de água e nutrientes. Além disso, sua versatilidade permite o uso em diferentes espécies vegetais e sistemas de cultivo, como NFT (Nutrient Film Technique) e DFT (Deep Flow Technique), atendendo a produtores de pequeno, médio e grande porte (HIDROGOOD 2023). Entretanto, é importante considerar que, nas versões não biodegradáveis, o descarte inadequado pode representar um desafio ambiental. Assim, recomenda-se optar por espumas biodegradáveis ou realizar o descarte em conformidade com as normas ambientais vigentes (SILVA, 2021). Dessa forma, a espuma fenólica se destaca como um meio de cultivo eficiente, higiênico, prático e sustentável, favorecendo a uniformidade das mudas, a eficiência no manejo e a qualidade final das plantas produzidas em sistemas hidropônicos.

2.5 POTENCIAL HIDROGENICO (PH) E CONDUTIVIDADE ELETRICA

O pH é a sigla para Potencial Hidrogeniônico e representa o grau de acidez ou alcalinidade de uma substância, variando em uma escala de 0 a 14. Essa medida indica a concentração de íons de hidrogênio (H^+) em uma solução: valores abaixo de 7 caracterizam soluções ácidas, igual a 7 indica neutralidade e acima de 7 representam soluções básicas ou alcalinas. Na hidroponia, o controle do pH da solução nutritiva é fundamental, pois os nutrientes são absorvidos diretamente pelas raízes. O pH influencia diretamente a disponibilidade dos macronutrientes e micronutrientes, como Nitrogênio (N), Fósforo (P) e Potássio (K), essenciais para o crescimento e desenvolvimento das plantas. O pH ideal varia conforme o tipo de cultura, mas em geral situa-se entre 5,5 e 6,5, faixa em que a absorção dos nutrientes ocorre de forma mais eficiente (FURLANI, 2018). Valores fora desse intervalo podem reduzir a solubilidade de certos íons e causar deficiências nutricionais, mesmo quando os nutrientes estão presentes na solução. A absorção de nutrientes pelas raízes e a evaporação da água podem alterar o pH ao longo do tempo. Por isso, recomenda-se o monitoramento diário por meio de um peagâmetro. Quando o pH estiver elevado, pode-se reduzi-lo com a adição de ácidos (como o ácido fosfórico ou o ácido nítrico). Caso esteja baixo, deve-se elevá-lo com bases, como o hidróxido de potássio (RESH, 2022). Além do pH, outro parâmetro essencial na hidroponia é a Condutividade Elétrica (CE), que mede a concentração total de sais dissolvidos na solução nutritiva, ou seja, a quantidade de íons disponíveis para as plantas. A CE é expressa em mS/cm (miliSiemens por centímetro) ou μ S/cm (microSiemens por centímetro). Quanto maior o valor da CE, maior a concentração de nutrientes disponíveis, embora valores excessivos possam causar salinização e comprometer a absorção hídrica. Em contrapartida, valores muito baixos indicam deficiência nutricional. Para o cultivo de alface em clima tropical, recomenda-se uma CE média de 1,5 mS/cm, enquanto a água utilizada na solução deve apresentar CE inferior a 0,5 mS/cm, sais dissolvidos abaixo de 50 ppm e pH entre 6,5 e 7,0 (SILVA, 2020). O pH e a CE devem ser avaliados de forma conjunta, pois ambos determinam o equilíbrio nutricional e o desempenho das plantas. Um controle rigoroso desses parâmetros garante a absorção eficiente dos nutrientes, o crescimento saudável e a produtividade ideal das culturas hidropônicas.

2.6 SOLUÇÃO NUTRITIVO

As soluções nutritivas constituem o meio pelo qual os nutrientes essenciais são fornecidos às plantas em sistemas de cultivo sem solo. Nesses sistemas, os fertilizantes são dissolvidos em água, formando uma mistura balanceada que supre as necessidades nutricionais das plantas por meio do contato direto das raízes com a solução. Essa solução substitui o solo, disponibilizando de forma controlada todos os macronutrientes e micronutrientes necessários para o crescimento e desenvolvimento vegetal (FURLANI, 2018). Não existe uma única formulação de solução nutritiva adequada para todas as culturas, pois cada espécie vegetal apresenta exigências nutricionais específicas, que variam conforme o estágio de desenvolvimento e as condições ambientais. Em geral, as soluções nutritivas contêm macronutrientes como nitrato de potássio (KNO_3), sulfato de magnésio ($\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$), nitrato de cálcio [$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$] e fosfato monocalcico (KH_2PO_4 ou MKP), além de micronutrientes como sulfatos de manganês (MnSO_4), zinco (ZnSO_4), cobre (CuSO_4) e ácido bórico (H_3BO_3) (COMETTI 2006). O preparo da solução nutritiva deve ser cuidadosamente equilibrado para garantir a proporção correta entre os elementos. É fundamental o monitoramento contínuo da condutividade elétrica (CE) e do pH, parâmetros que asseguram a disponibilidade e absorção eficiente dos nutrientes pelas raízes. A faixa ideal de pH situa-se entre 5,5 e 6,5, enquanto a condutividade elétrica varia conforme a cultura e o clima. Quando necessário, realiza-se a correção da CE ajustando a concentração de sais dissolvidos, de modo a atingir o valor ideal para cada espécie (RESH, 2022). Segundo COMETTI (2006), para o ajuste da adubação nutritiva e da condutividade elétrica, deve-se multiplicar os valores de concentração dos sais da solução básica pelo fator de correção (fce). Após o cálculo, o valor obtido é aplicado sobre a quantidade de cada nutriente, gerando uma nova recomendação de formulação equilibrada. Quando as raízes entram em contato com essa mistura, forma-se um meio líquido nutritivo, frequentemente comparado a uma “sopa de nutrientes”, que pode incluir compostos orgânicos e microrganismos benéficos. O equilíbrio na concentração dos nutrientes é essencial, pois qualquer excesso ou deficiência pode prejudicar o desenvolvimento das plantas, interferindo na fotossíntese, respiração e absorção radicular (FURLANI, 2018). Os principais fatores que influenciam a formulação e o desempenho das soluções nutritivas incluem: A espécie e o estágio de desenvolvimento da planta, já que as exigências nutricionais mudam ao longo do ciclo de crescimento; As condições ambientais, como

temperatura, umidade e luminosidade, que afetam a absorção e o metabolismo dos nutrientes; O monitoramento constante do pH e da CE, fundamentais para manter o equilíbrio iônico da solução; E a qualidade dos fertilizantes utilizados, que devem apresentar alta pureza e solubilidade, evitando precipitações e garantindo nutrição eficiente (RESH, 2022). Dessa forma, o manejo adequado das soluções nutritivas é um dos pilares da hidroponia moderna, assegurando eficiência no uso de nutrientes, crescimento uniforme das plantas e melhor produtividade nas culturas sem solo.

2.7 VANTAGENS

A hidroponia apresenta-se como uma técnica de cultivo altamente eficiente e sustentável, sendo uma alternativa viável à agricultura tradicional em solo. Entre suas principais vantagens, destacam-se a otimização do uso da água, o melhor aproveitamento dos nutrientes, o controle do ambiente de cultivo, a redução de pragas e doenças, e a produção em larga escala com alta qualidade e uniformidade (FURLANI, 2018). Uma das maiores vantagens da hidroponia é a economia de água, já que o sistema permite o reaproveitamento da solução nutritiva em circuitos fechados, reduzindo drasticamente o desperdício. Estudos indicam que a hidroponia pode economizar até 90% de água em comparação com o cultivo convencional em solo (RESH, 2022). Outro aspecto relevante é o controle nutricional preciso, por meio das soluções nutritivas, é possível fornecer a quantidade exata de nutrientes necessários para cada espécie e estágio de desenvolvimento da planta. Isso resulta em maior eficiência na absorção dos nutrientes, além de reduzir perdas e contaminações ambientais, uma vez que o excesso de fertilizantes não é lixiviado para o solo (COMETTI, 2006). A hidroponia também permite controle total das condições ambientais, como temperatura, luminosidade, umidade e pH da solução nutritiva. Essa estabilidade promove crescimento uniforme e previsível das plantas, independentemente das variações climáticas externas, possibilitando produção durante todo o ano. Como consequência, o agricultor obtém maior produtividade e retorno econômico (Furlan, 2018). A ausência de solo no cultivo hidropônico reduz consideravelmente a incidência de pragas, fungos e doenças. Isso diminui a necessidade do uso de defensivos agrícolas, o que resulta em alimentos mais limpos, saudáveis e ambientalmente sustentáveis. Além disso, o ambiente controlado dificulta a proliferação de organismos patogênicos, reduzindo perdas e aumentando a durabilidade pós-colheita (SANTOS, 2020).

2.8 DESVANTAGENS

Os principais aspectos negativos, são os custos iniciais elevados, dependência tecnológica e energética, riscos associados à falha de sistemas, necessidade de monitoramento constante e limitações quanto a algumas culturas (FURLANI, 2018; RESH, 2022). Uma das principais desvantagens da hidroponia é o investimento inicial significativo. A instalação de sistemas hidropônicos exige aquisição de estruturas como canais, bombas, reservatórios, sensores de pH e CE, bem como sistemas de iluminação, climatização e suporte técnico especializado, dependendo do porte e do tipo de cultivo. Esse fator pode dificultar a adoção da técnica por pequenos produtores, especialmente em regiões com restrições financeiras (COMETTI, 2006). A hidroponia também apresenta riscos relacionados a doenças e pragas, apesar da redução da incidência de patógenos do solo. Como o sistema é altamente intensivo e as plantas estão em contato direto com soluções nutritivas compartilhadas, uma contaminação por fungos, bactérias ou vírus pode se espalhar rapidamente, afetando toda a cultura (SANTOS, 2020).

3 OBJETIVO

Este trabalho tem como objetivo analisar e compreender o funcionamento dos sistemas hidropônicos, destacando seus princípios, componentes e parâmetros essenciais para o desenvolvimento adequado das plantas. Busca-se demonstrar as vantagens, desvantagens e aplicações dessa técnica como alternativa sustentável e eficiente ao cultivo tradicional, promovendo o uso racional da água, a otimização de nutrientes e o aumento da produtividade agrícola. A hidroponia apresenta grande potencial para a agricultura sustentável e urbana, porém ainda enfrenta diversas lacunas de estudo que precisam ser superadas para seu avanço. Entre as principais estão: Sustentabilidade e impacto ambiental: falta de estudos sobre destinação de resíduos nutritivos, análise do ciclo de vida dos sistemas e otimização do consumo energético. Formulação de soluções nutritivas: carência de pesquisas com plantas não convencionais e sobre ajustes automáticos das soluções via sensores e inteligência artificial. Adaptação de espécies: foco restrito em culturas como alface, morango e tomate, com pouca atenção a plantas de ciclo longo ou medicinais. Controle biológico: necessidade de ampliar estudos sobre bioinsumos, microbiota benéfica e manejo de pragas em ambientes controlados. Eficiência hídrica e nutricional: variação entre sistemas e escassez de dados padronizados, além de poucos estudos comparativos com aquaponia. Tecnologia e automação: baixa integração entre sensores, IoT e IA, além de ausência de sistemas de baixo custo para pequenos produtores. Aspectos socioeconômicos: custos elevados, falta de modelos de negócio viáveis e necessidade de capacitação técnica. Ambientes extremos: pesquisa limitada sobre aplicação da hidroponia em regiões áridas, telhados urbanos e ambientes isolados.

4 CONCLUSÃO

Concluimos que a hidroponia é uma técnica de cultivo eficiente e sustentável, que possibilita a produção de plantas sem solo, com uso racional de água e nutrientes. O controle do pH, da condutividade elétrica e da solução nutritiva é essencial para garantir o bom desenvolvimento das culturas. Apesar de exigir investimento inicial e conhecimento técnico, o sistema oferece alta produtividade, qualidade e sustentabilidade, mostrando-se uma alternativa viável para o futuro da agricultura.

REFERENCIAS

KARINA. Sistema de hidroponia: como funciona, tipos e dica. Portal Agriconline 2023. Disponível em: <https://agriconline.com.br/portal/artigos/sistema-de-hidroponia-como-funciona-tipos-e-dicas/> Acesso em: 12 setembro 2025.

VILAR, Daniel. Definição e Composição da Solução Nutritiva para Produção Hidropônica - Portal agriconline. 2022. Disponível em: <https://agriconline.com.br/portal/artigo/definicao-composicao-e-formulacao-de-solucoes-nutritivas-em-hidroponia/> Acesso em: 04 setembro 2025.

BRIANCHI, Cris – Hidroponia ao Redor do Mundo: Como Diferentes Países Usam Essa Técnica. Portal agriconline 2023. Disponível em: <https://interativodigital.com/hidroponia-ao-redor-do-mundo-como-diferentes-paises-usam-essa-tecnica/>. Acesso em: 15 outubro 2025.

LEBHIDRO – Conheça 5 Sistemas Dinâmicos Para o Cultivo Hidropônico. Canal do Horticultor 2018. Disponível em: <https://canaldohorticultor.com.br/conheca-5-sistemas-dinamicos-para-o-cultivo-hidroponico/> Acesso em: 18 outubro. 2025.

WAIMBERG, Fernanda, Telent. Bombas de água em diversos contextos: aquários, hidroponia e bebedoura para gatos. Grupo Sarlo 2025. Disponível em: <https://gruposarlo.com.br/2025/01/27/bomba-agua-funcoes/> Acesso em: 09 outubro 2025.

SINGER, J. A Brief Overview of the History of Hydroponics. Garden Culture Magazine, 2021. Disponível em: <https://gardenculturemagazine.com/a-brief-overview-of-the-history-of-hydroponics/>. Acesso em: 28 outubro 2025.

LAY-ANG, Giorgia. Hidroponia. Brasil Escola, 2025. Disponível em: <https://brasilecola.uol.com.br/biologia/hidroponia.htm>. Acesso em: 02 novembro 2025.

WESCHCNFELDER, Andrea. Cuidados com a solução nutritiva. Plataforma Hidroponica 2021. Disponível em: <https://plataformahidroponia.com/hidroblog/noticias/cuidados-com-a-solucao-nutritiva/>. Acesso em: 02 novovembro 2025

MACHADO, Anderson, Wolf. Soluções nutritivas em ambiente nutritivo. Agrolink 2025. Disponível em: https://www.agrolink.com.br/fertilizantes/aspectos-gerais/solucoes-nutritivas-em-ambiente-protegido_455347.html. Acesso em: 05 novembro 2025

FURLANI, P. R. O cultivo sem solo: hidroponia. Campinas: Instituto Agrônômico de Campinas (IAC), 2018. Disponível em: <https://repositorio.usp.br/item/000865940>. Acesso em: 17 setembro 2025

HIDRAGOOD. Espuma fenólica: eficiência na produção de mudas hidropônicas. Hidrogood, 2023. Disponível em: <https://www.hidro> HYPERLINK
["https://www.hidrogood.com.br/"](https://www.hidrogood.com.br/)g HYPERLINK
["https://www.hidrogood.com.br/"](https://www.hidrogood.com.br/)ood.com.br HYPERLINK
["https://www.hidrogood.com.br/"](https://www.hidrogood.com.br/). Acesso em: 13 outubro 2025

COMETTI, Nilton, Nelio Soluções nutritivas: preparo e manejo em hidroponia. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2006. Disponível em: <https://pergamum.ufsc.br/pergamumweb/vinculos/000001/000001f6.pdf>. Acesso em: 14 novembro 2025.