

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS-UFAL
CAMPUS DE ENGENHARIA E CIENCIAS-CECA
CURSO DE GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA**

ASCÂNIO DA CUNHA MORENO

DESENVOLVIMENTO DE UM SISTEMA DE HIDROPONIA VERTICAL.

RIO LARGO - AL

2025

ASCÂNIO DA CUNHA MORENO

DESENVOLVIMENTO DE UM SISTEMA DE HIDROPONIA VERTICAL

**Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
Campus de Engenharias e Ciências Agrárias –
CECA, da Universidade Federal de Alagoas -
UFAL, como parte dos requisitos para obtenção
do título de Engenheiro Agrônomo.**

**Orientador: Prof. Dr. Eurico Eduardo P. de
Lemos**

Coorientador: Gilson Moura Filho

Rio Largo - AL

2025

Catálogo na Fonte
Universidade Federal de Alagoas
Biblioteca Campus de Engenharias e Ciências Agrárias
Bibliotecário Responsável: Erisson Rodrigues de Santana - CRB4 - 1512

M843d Moreno, Ascânio da Cunha.

Desenvolvimento de um sistema de hidroponia vertical. / Ascânio da Cunha Moreno. – 2025.

32 f.: il.

Orientador(a): Eurico Eduardo P. de Lemos.
Coorientador: Gilson Moura Filho.

Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Agronomia) – Graduação em Agronomia, Campus de Engenharias e Ciências Agrárias, Universidade Federal de Alagoas. Rio Largo, 2025.

Inclui bibliografia

1. Cultivo de plantas. 2. Alface. 3. Hidroponia vertical. I. Título.

CDU: 631.589.2:352.1/.8

FOLHA DE APROVAÇÃO

ASCÂNIO DA CUNHA MORENO

DESENVOLVIMENTO DE UM SISTEMA DE HIDROPONIA VERTICAL

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) apresentado ao Campus de Engenharia e Ciências Agrárias da Universidade Federal de Alagoas. E aprovado em 21 de outubro de 2025.

Documento assinado digitalmente
gov.br EURICO EDUARDO PINTO DE LEMOS
Data: 11/11/2025 18:06:36-0300
Verifique em <https://validar.it.gov.br>

Banca examinadora:

**Prof. Orientador Dr. Eurico Eduardo P. de Lemos.
Universidade Federal de Alagoas, CECA/UFAL.**

Documento assinado digitalmente
gov.br GILSON MOURA FILHO
Data: 13/11/2025 20:54:43-0300
Verifique em <https://validar.it.gov.br>

**Prof. Dr. Gilson Moura Filho
Universidade Federal de Alagoas, CECA/UFAL
Examinador**

Documento assinado digitalmente
gov.br REINALDO DE ALENCAR PAES
Data: 16/11/2025 23:45:02-0300
Verifique em <https://validar.it.gov.br>

**Prof. Dr. Reinaldo de Alencar Paes
Universidade Federal de Alagoas, CECA/UFAL
Examinador**

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, agradeço a Deus, que me deu toda capacidade e saúde para chegar nos meus objetivos.

Aos meus pais, que sempre me deram apoio e me incentivaram nessa grande jornada de aprendizagem, a minha inigualável esposa, que apesar de todos os obstáculos e discordância de ideias sempre esteve ao meu lado, mesmo nos momentos mais difíceis me deu força para continuar acreditando, a meu filho que nas horas que a tecnologia me vencia veio em meu socorro, aos meus irmãos e parentes, que de alguma forma me ajudaram nessa jornada.

Agradeço a todos que se fazem responsáveis pelo Campus de Engenharias e Ciências Agrárias (CECA-UFAL), pela estrutura e ensino proporcionado ao decorrer desses 5 anos.

Aos meus orientadores o Prof. Dr. Eurico Eduardo Pinto de Lemos, Prof. Dr. Gilson Moura Filho e Profa. Dra. Leila Cruz, por todas as vezes que precisei de uma direção sempre estavam ali para me guiar.

Aos meus companheiros de turma, que apesar de nossas diferenças sempre conseguimos conviver em harmonia.

Aos meus companheiros de laboratório, que me ajudaram muito nesses últimos dois anos.

Em especial aos meus amigos Severino Almeida da Silva e Jose Cicero Rodrigues da Silva, pela ajuda no experimento que culminou nesse tcc e em diversas outras parcerias, serei sempre grato.

A todos os meus professores que me deram vários conselhos e me orientaram brilhantemente durante a minha graduação, saibam que cada um de vocês contribuíram para esse alicerce de conhecimento

RESUMO

Diante da necessidade do aumento de produção de alimentos e do aproveitamento dos espaços produtivos, tanto em áreas urbanas quanto nas áreas rurais próximas aos grandes centros consumidores, estratégias de produção têm sido desenvolvidas. Entre as alternativas mais promissoras está o cultivo de hortaliças hidropônico, uma vez que pode ser adaptado a pequenos espaços físicos e diferentes condições de luminosidade, além de dispensar o uso de solo adequado nem sempre disponível nas áreas urbanas. A hidroponia é o cultivo de plantas em soluções nutritivas com todos os macros e micronutrientes necessários ao seu bom desenvolvimento. Os sistemas podem ser horizontais ou verticais dependendo da área e do objetivo do horticultor. Os sistemas verticais em torre economizam espaço e podem conter dezenas de plantas em um único metro quadrado. Este trabalho objetivou desenvolver um protótipo de um sistema de hidroponia vertical em coluna, para um melhor aproveitamento espacial, construído com materiais baratos e de fácil aquisição no mercado para sua confecção e de fácil montagem. Neste trabalho são descritos em detalhe todos os materiais e a metodologia com o passo a passo ilustrado com fotografias e desenhos para a sua construção, mostrando simplicidade na confecção do sistema. Para comprovação da eficácia do sistema experimental de hidroponia vertical, foi feito com sucesso o cultivo da alface crespa (*Lactuca sativa var. crispa*). As plantas foram nutridas com os macros e micronutrientes provenientes de fertilizantes comerciais mais utilizados na produção hidropônica cuja composição e proporções.

Palavras chaves: alface, cultivo de plantas

ABSTRACT

Given the need to increase food production and utilize productive spaces, both in urban areas and near major consumer centers in rural areas, production strategies have been developed. Among the most promising alternatives is the cultivation of vegetables through hydroponics, as it can be adapted to small physical spaces and various lighting conditions, and does not require suitable soil, which is often not available in urban areas. Hydroponics is the cultivation of plants in nutrient solutions containing all the necessary macro and micronutrients for their healthy development. The systems can be horizontal or vertical, depending on the area and the horticulturist's objectives. Vertical tower systems save space and can contain dozens of plants in a single square meter. This work aimed to develop a prototype of an vertical hydroponic system in a column, designed for better spatial utilization, constructed with inexpensive and readily available materials from the market, and featuring easy assembly. This work provides a detailed description of the materials and methodology, accompanied by step-by-step instructions illustrated with photographs and drawings for construction, demonstrating the simplicity of building the system. To verify the effectiveness of the experimental vertical hydroponic system, curly lettuce (*Lactuca sativa* var. *crispa*) was successfully cultivated. The plants were nourished with macro and micronutrients from the most commonly used commercial fertilisers in hydroponic production, whose composition and proportions are also described in this work.

Keywords: lettuce, plant cultivation

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Visão aérea do balde com a base de concreto e o tubo de 150 mm.....	19
Figura 2 - Altura de base e concreto (A) e altura do balde (B).....	20
Figura 3 - Altura da base da coluna em relação à base de concreto (A e B) e tampa do balde com os cortes (C).....	20
Figura 4 - Coluna de produção (A) e linhas divisórias dos furos da coluna (B).	21
Figura 5 - Circunferência da coluna e ângulo de 45° do furo para acomodação dos net-potes.....	22
Figura 6 - Chuveiro de irrigação.....	22
Figura 7 - Primeira bomba.	23
Figura 8 - segunda bomba (A), conector bomba/mangueira (B).....	23
Figura 9 - Vazão da primeira bomba (A) e Vazão da segunda bomba (B).	24
Figura 10 - net-pots (A) e net-pot com fibra de coco e a planta na coluna (B).	24
Figura 11 - Distância entre os centros dos furos.	25
Figura 12 - visão geral da coluna após montagem e plantio	26
Figura 13 - Visão da coluna nos dias 14 (A) e 15/06/2025 (B), antes da colheita. ..	27
Figura 14 - Visão da coluna mais a estrutura auxiliar um dia antes da colheita.	28
Figura 15 - Últimos andares antes de serem colhidos (A) e Ascânio no dia da colheita (B).....	29

SUMARIO

1. INTRODUÇÃO	10
2. REVISÃO DE LITERATURA	12
2.1 Estrutura física e arranjos verticais	12
2.2 Automação, sensores e monitoramento	12
2.3 Componentes hidráulicos e circulação da solução nutritiva	13
2.4 Produção, rendimento e comparação entre sistemas	13
2.5 Otimização de parâmetros ambientais	14
2.6 Sustentabilidade, economia e viabilidade	14
2.7 Projetos experimentais recentes e casos práticos	15
2.8 Desafios identificados	15
2.9 Implicações para o desenvolvimento de um sistema experimental	15
3. MATERIAIS E MÉTODOS	17
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	19
5. CONCLUSÃO	30
REFERENCIAS	31
Apêndice A	33
Apêndice B	34
Apêndice C – Tabela de preços de materiais para montagem da coluna de produção	35

1. INTRODUÇÃO

A crescente necessidade de alimentos frescos e saudáveis no nosso país traz um grande desafio para os produtores de hortaliças, pois as áreas mais próximas dos centros urbanos têm um custo muito elevado, e, em contrapartida, as áreas com maior potencial de produção encontram-se muito afastadas, aumentando assim o custo com transporte e diminuindo o tempo de prateleira dos produtos, principalmente das hortaliças, que, de modo geral, devem ser consumidas o mais frescas possível (GOZZI; PAIXÃO, 2017).

O cultivo hidropônico é uma tecnologia que pode ser utilizada por praticamente todos os tipos de produtores, conservando suas qualidades nutricionais, até pequenos produtores que não possuem grandes áreas plantadas. Esse sistema pode aumentar a sua produção mantendo a qualidade dos produtos, beneficiando também médios e grandes produtores, que podem reduzir suas áreas de cultivo e diversificar seus produtos, garantindo assim uma maior variedade de fontes de renda (MG.GOV.BR - AGRICULTURA, 23 abr. 2020).

Produzir hortaliças próximas aos centros de consumo no Brasil reduz significativamente as perdas quantitativas e qualitativas que ocorrem no pós-colheita. Estima-se que até 55% da produção de hortaliças possa ser perdida entre a produção e o consumidor final, sendo que 35% desse total decorre de etapas como armazenamento, transporte e distribuição. Essas perdas elevadas apontam que diminuir a distância entre o local de cultivo e o ponto de venda pode atenuar os danos causados pelo transporte prolongado e pelas condições inadequadas de acondicionamento (VILELA, 2018).

A qualidade pós-colheita de hortaliças e frutas depende fortemente de práticas de manuseio, embalagem, transporte e refrigeração. No Estado de São Paulo, técnicos da Ceagesp e da Secretaria de Agricultura identificam que a falta de uma cadeia de frio e de equipamentos adequados de transporte e refrigeração faz com que produtos hortifrutigranjeiros sejam seriamente danificados durante o transporte e até no varejo, resultando na perda precoce de frescor, murcha e estética. Reduzir o tempo de percurso entre o campo e o varejo, ou entre a produção e os consumidores urbanos, diminui essas perdas e melhora a vida útil do produto (ITAL, 2021).

Estudos mostram que, em muitas regiões, as estruturas de transporte e distribuição são frágeis, com falta de câmaras frias em propriedades e nos veículos de transporte. Essas deficiências tornam-se particularmente críticas para hortaliças folhosas e de folhas que perdem frescor rapidamente. Assim, produzir no entorno urbano ou periurbano permite reduzir essas lacunas logísticas, visto que o produto pode ser levado ao ponto de venda com menos manuseios, menor necessidade de refrigeração e menor risco de danos físicos (LANA; MOITA, 2020).

Vários autores enfatizam que a pós-colheita é decisiva para garantir a competitividade de hortaliças frescas no mercado interno, apontam que o elo da cadeia pós-colheita — colheita com cuidado, transporte rápido e acondicionamento adequado — é o que permite que o produto chegue ao varejo ou ao consumidor com sabor, textura, aparência e valor nutritivo preservados. Produzir perto reduz a necessidade de etapas demoradas, diminui a deterioração fisiológica e a desvalorização comercial do produto (BOTEON *et al*, 2018).

Assim, a hidroponia no sistema vertical poderia contribuir para suprir a necessidade de qualidade e reduzir a logística, garantindo produtos mais frescos e vistosos, podendo ser utilizada em pequenas áreas, trazendo para as famílias a possibilidade de manter suas hortaliças colhidas na hora.

Este trabalho teve como objetivo oferecer uma alternativa simples, econômica e prática para a produção de hortaliças folhosas, como alface, rúcula, coentro, entre outras, em pequenos espaços domésticos ou não, aumentando o frescor e reduzindo o tempo de transporte dessas hortaliças entre a produção e o consumo.

2. REVISÃO DE LITERATURA

A hidroponia vertical (HV) é uma modalidade do cultivo sem solo que busca otimizar o uso de espaço, luz, água e nutrientes ao empilhar camadas de plantas ou utilizar colunas verticais. Esse tipo de sistema tem ganhado atenção crescente, especialmente em contextos urbanos, onde o espaço horizontal é limitado, e em pesquisas experimentais que visam aprimorar a eficiência, automação e produtividade (TOULIATOS *et al.*, 2016; CHOWDHURY *et al.*, 2020).

O desenvolvimento de um sistema experimental vertical demanda o estudo integrado de diversos fatores: distribuição de luz, formulação de solução nutritiva, controle climático, estrutura física, sistema de suporte às plantas, circulação de solução, entre outros (SEARCH-24, 2023; DESIGN *et al.*, 2025).

2.1 Estrutura física e arranjos verticais

Um estudo comparativo avaliou hortaliças de alface em colunas verticais versus sistema horizontal convencional, mantendo densidade de plantio e volume radicular similares. O sistema vertical produziu mais massa fresca por unidade de área de piso, apesar da degradação da intensidade luminosa desde o topo até a base da coluna, evidenciando a importância do design de luz e da orientação do sistema (TOULIATOS *et al.*, 2016).

Outras investigações, realizada em interiores, comparou dois sistemas de parede viva hidropônica interna sob diferentes exposições à luz: um com bolsos de tecido contendo perlita e outro usando tubos de PVC com perlita, mostrando como a estrutura física e a orientação interagem com luz e desempenho. Esses trabalhos ilustram que, no desenvolvimento experimental do sistema vertical, a geometria das colunas, o arranjo, os materiais de suporte e a distribuição de luz são cruciais para o desempenho (TOULIATOS *et al.*, 2016; KATSOULAKOU *et al.*, 2017).

2.2 Automação, sensores e monitoramento

Recentemente, houve forte investimento em sistemas experimentais vertical-hidropônicos com automação e monitoramento em tempo real. Um exemplo é o “Test-Bed” vertical automático equipado com IoT desenvolvido no Catar, que integra sensores de pH, condutividade, nível de água e temperatura, controlados por

microcontrolador, visando ajustar automaticamente o bombeamento e a dosagem de nutrientes (CHOWDHURY *et al.*, 2020).

Outro estudo analisou a viabilidade de um sistema de monitoramento de nutrientes *in situ* usando espectroscopia baseada em laser (LIBS) para detecção e ajuste preciso de nutrientes em sistemas hidropônicos internos, o que é relevante para manter solução nutritiva ideal em arranjos verticais onde volumes de solução são menores e a diluição/reposição rápida (PERUMBILAVIL *et al.*, 2024). Esses artigos mostram que, em sistemas verticais experimentais, o controle digital permite minimizar variações ambientais e maximizar a produtividade, além de contribuir para a escalabilidade (CHOWDHURY *et al.*, 2020; PERUMBILAVIL *et al.*, 2024).

2.3 Componentes hidráulicos e circulação da solução nutritiva

No desenvolvimento de sistemas verticais é crítico assegurar circulação adequada da solução nutritiva para evitar estagnações, zonas pobres em oxigênio ou acúmulo de sais. Em estudo recente “Recirculating Vertical Hydroponic Systems: Effect of Light and Nutrient Solution Composition on Nitrification Activity” investigou-se como a composição de nutrientes e regimes de luz afetam a atividade microbiana de nitrificação em colunas verticais recirculantes; resultados têm impacto direto no sombreamento de raízes e na qualidade da solução (CALABRIA *et al.*, 2023).

Um sistema experimental com foco no design de dispositivo de fornecimento de solução nutritiva para sistema aeropônico vertical, propondo soluções para pulverização ou névoa, reduzindo o uso de água e melhor distribuição de nutrientes nas raízes suspensas, foi proposto por He *et al.* (2025). Decisões como o tipo de bomba, altura da coluna, taxas de fluxo, frequência de recirculação ou gotejamento, e possibilidade de aeroponia ou nebulização podem impactar fortemente a eficiência (CALABRIA *et al.*, 2023; HE *et al.*, 2025).

2.4 Produção, rendimento e comparação entre sistemas

A comparação entre sistemas verticais e horizontais revela que, embora existam desafios no controle de luz e ambiente, os ganhos por unidade de área são frequentemente significativos. Por exemplo, Toulitos *et al.* (2016) demonstraram que o sistema vertical pode aumentar o rendimento por área de piso em alface, apesar da queda de PPFD (fluxo de fótons) nas partes inferiores da coluna, especialmente se a iluminação suplementar for bem projetada. Em morangos, experimento no Brasil

comparou diferentes sistemas: canal, substratos de fibra de coco, tubos verticais com casca de arroz carbonizada etc., destacando que o tubo vertical pode ser competitivo em produtividade sob condições de proteção e manejo adequados (COSTA; LEAL *et al.*, 2004).

2.5 Otimização de parâmetros ambientais

Desenvolver um sistema experimental vertical requer ajuste fino de vários parâmetros ambientais: intensidade de luz, espectro de luz, temperatura (ar e raízes), umidade relativa, CO₂, ventilação etc. O artigo “Smart automated indoor hydroponics and aeroponics greenhouse” no Egito apresenta como sistemas de estufa fechada com automação via IoT permitem ajustar variáveis de ambiente para maximizar o crescimento em sistemas verticais ou aeropônicos (SADEK, N.; KAMAL, N.; SHEHATA, D., 2023).

Um trabalho intitulado “A Systematic Literature Review on Parameters Optimization for Smart Hydroponic Systems” faz um panorama das variáveis que afetam o crescimento, a saúde das plantas e a eficiência em sistemas automatizados, incluindo verticais, e aponta lacunas na literatura para a integração do espectro luminoso e dos gradientes dentro de colunas. Esses parâmetros são elementos-chave na concepção de sistema experimental vertical, pois pequenas variações nas camadas superiores versus inferiores podem gerar diferenças de rendimento e qualidade (AL-CHALABI *et al.*, 2024).

2.6 Sustentabilidade, economia e viabilidade

Além dos aspectos técnicos, a sustentabilidade econômica é essencial. Um estudo de viabilidade econômica no Brasil analisou a implantação de sistemas hidropônicos em substrato (areia) versus NFT em pequenas propriedades rurais, avaliando indicadores como VPL, TIR, retorno do investimento etc.; embora não seja foco vertical puro, tais comparações ajudam a estimar custos de estrutura, material e energia, que também incidem em sistemas verticais (ESTUDO BRASILEIRO, 2022).

Artigos recentes também analisam consumo de água, energia de bombeamento, custos de iluminação artificial em sistemas verticais, mostrando que, enquanto o custo inicial é mais alto, os custos operacionais podem ser amortizados com produtividade acrescida e espaço usado de forma eficiente, especialmente em

regiões de alto custo de terra ou com limitações de uso do solo (TOULIATOS *et al.*, 2016; CHOWDHURY *et al.*, 2020).

2.7 Projetos experimentais recentes e casos práticos

Design of a nutrient solution supply device for a vertical aeroponic cultivation system (HE *et al.*, 2025) — este artigo propõe um protótipo de dispositivo para fornecer solução nutritiva em aeroponia vertical, focando em pulverização precisa.

Design, Construction and Testing of IoT Based Automated Indoor Vertical Hydroponics Farming Test-Bed in Qatar (CHOWDHURY *et al.*, 2020) — montagem de bancada de teste automatizada vertical para hidroponia interna.

Recirculating Vertical Hydroponic Systems: Effect of Light and Nutrient Solution Composition on Nitrification Activity (CALABRIA *et al.*, 2023) — estudo experimental recente que inclui análise microbiológica e desenvolvimento de sistema recirculante vertical.

Comparative Analysis of Horizontal and Vertical Decoupled Aquaponic Systems for Basil Production and Effect of Light Supplementation by LED — embora seja aquapônico e desacoplado, traz comparações diretas entre arranjos verticais e horizontais para manjericão, útil para projetar experimentos similares em hidroponia vertical (FERNÁNDEZ-CABANÁS *et al.*, 2020).

2.8 Desafios identificados

Alguns desafios têm sido identificados em sistemas verticais hidropônicos, a saber: 1) Degradação da luz (PPFD) nas porções inferiores das colunas, afetando a uniformidade do crescimento; 2) Distribuição desigual da solução nutritiva ou drenagem deficiente, causando estagnação ou zonas pobres em nutrientes e oxigênio; 3) Custo da iluminação artificial quando a luz natural é inadequada; 4) Controle climático complexo, especialmente em sistemas fechados: temperatura, umidade e ventilação; 5) Economia de escala para a viabilidade comercial: materiais robustos, manutenção, custo energético, eficiência de bombeamento e gestão de resíduos de nutrientes (KOZAI, T.; FUJIWARA, K.; RUNKLE, E. (Eds.), 2016).

2.9 Implicações para o desenvolvimento de um sistema experimental

A partir da literatura, alguns aspectos devem ser considerados no desenvolvimento de um sistema experimental vertical.

1. Escolher geometria de coluna ou módulos verticais que minimizem gradientes de luz e permitam fácil acesso para manutenção.
2. Adotar automação e monitoramento com sensores para parâmetros ambientais (pH, condutividade, temperatura, umidade, CO₂) para permitir ajustes finos.
3. Sistema de circulação ou bombeamento da solução nutritiva bem dimensionado para alcançar todas as camadas, evitando zonas mortas.
4. Seleção de cultura(s) modelo(s) (folhas, frutas pequenas) para testes iniciais que permitam ciclos rápidos de avaliação.
5. Análise de viabilidade econômica, considerando custos iniciais, operacionais (energia, luz, bombeamento) e produtividade por área vertical.

Em suma, a literatura atual oferece bases substanciais para o desenvolvimento de sistemas experimentais de hidroponia vertical. Os avanços em automação, monitoramento, estrutura física e formulações nutritivas demonstram que é possível projetar protótipos eficientes, porém os desafios persistem nos gradientes internos de luz, na uniformidade de aplicação de nutrientes e no custo energético, principalmente na iluminação. Para um sistema experimental vertical robusto, será crucial integrar múltiplas disciplinas: engenharia, ciência de plantas, tecnologia de sensores e economia. As evidências sugerem que sistemas bem projetados têm alto potencial para produtividade elevada por unidade de área e uso eficiente de recursos, sendo promissores para pesquisa acadêmica e aplicações práticas.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

O sistema hidropônico vertical foi idealizado e construído em diversas etapas, tendo em mente o uso de materiais e ferramentas simples que pudessem estar ao alcance de qualquer pessoa que tenha o desejo cultivar hortaliças folhosas em ambiente doméstico. A seguir, é descrita uma lista de materiais utilizados na construção do sistema.

Materiais:

- 1) Um cano de PVC de 150 mm, com 3 m de comprimento, que foi utilizado na base e na coluna de produção, com capacidade para 32 plantas.
- 2) Um balde de armazenamento de alimentos com 355 mm de diâmetro e 380 mm de altura, utilizado para armazenamento da solução nutritiva, e sua tampa foi usada para proteção da solução.
- 3) No fundo do balde foi colocada uma base de concreto com espessura de 100 mm, produzida com 2 kg de areia, 2 kg de brita número zero e 2 kg de cimento, possibilitando sua estabilidade mesmo com a estrutura vazia.
- 4) Um cap de 150 mm, para proteção contra partículas indesejáveis.
- 5) Um recipiente plástico de doce de goiaba foi utilizado para a confecção do chuveiro de irrigação, esse medindo 140 mm de diâmetro interno e 150 mm de diâmetro externo, proporcionando uma distribuição uniforme da solução.
- 6) Uma bomba submersa com vazão de 3000 l/h e altura manométrica de 3 m, 2600 mm de mangueira flexível de 10 mm de diâmetro e um conector com redução para ligar a bomba à mangueira.
- 7) 32 net-potes para cultivo com diâmetro interno de 47 mm, diâmetro externo de 54 mm e altura de 51 mm.
- 8) Um saco de fibra de coco, como substrato inerte, para manter a umidade na base das plantas.
- 9) Ferramentas: arco de serra, régua, lápis de pedreiro, trena, soprador térmico, furadeira, serra copo de 45 mm, garrafa de refrigerante de 250 mL, nível, toalha de pano, alicate e paquímetro.

10) Os materiais de laboratório foram: potenciômetro de pH, potenciômetro de condutividade eletrolítica (CE), Becker de 2 litros, frascos de 25 mL com tampas, recipiente de 80 mL com tampa e pipeta de 10 mL.

Para a produção da solução nutritiva, foram utilizados fertilizantes comerciais para hidroponia da marca Plantpar, um fertilizante mineral que vem em dois recipientes distintos, chamados fertilizante A e fertilizante B, sendo diluídos separadamente em água destilada e apenas misturados no momento da preparação da solução nutritiva para o sistema.

Foram produzidas duas concentrações de solução, a primeira, que foi utilizada na maior parte da produção, com uma concentração de 1 litro de cada fertilizante para cada 100 litros de água. Essa concentração de 1 litro de solução foi produzida com 48 g da solução A, e a outra, 1 litro, com 48 g de solução B, seguindo a orientação do fabricante. Já a segunda concentração foi três vezes maior que a primeira, para os últimos dias.

A coluna foi confeccionada no laboratório BIOVEG, no CECA, e ficou acondicionada na estufa de produção também no CECA, de responsabilidade do prof. Eurico, durante todo o experimento, com monitoramento diário nesse período.

O manejo seguiu o padrão para hidroponia, baseado nos métodos de produção hidropônica horizontal, e adaptando o manejo para o sistema vertical, já que não existe uma padronização específica para nossa região.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Confecção do Sistema Experimental de Hidroponia Vertical:

A base do sistema foi confeccionada com um balde de produtos alimentícios usado, adquirido em loja de produtos recicláveis. O cano de 150 mm, de base para o encaixe da coluna de produção, foi adquirido em loja de material de construção. Foi fixado no balde por concretagem de 10 cm, para suportar o peso e a velocidade do vento. O concreto foi feito na proporção de 2 x 2 x 2, ou seja, duas medidas de areia, duas de brita zero e dois quilos de cimento, também adquiridos em lojas de materiais de construção. Diâmetro do balde: 355 mm. Diâmetro do cano: 150 mm.

Figura 1 - Visão aérea do balde com a base de concreto e o tubo de 150 mm.



Fonte: Autor, 2025

Não foi utilizado o anel de vedação por dificultar o acesso interno da coluna, da bomba e dos outros equipamentos de irrigação. O mesmo deve ser utilizado na produção comercial, pois auxilia na estabilização da coluna, evitando o desnivelamento.

Os demais itens do projeto foram adquiridos em supermercados, lojas de aquários e e-commerces.

Base de concreto de 85 mm, h do balde 380 mm e do tubo da base de 520 mm.

Figura 2 - Altura de base e concreto (A) e altura do balde (B).



Fonte: Autor, 2025

A altura (h) interna do balde é de 300 mm, a altura (h) do tubo até a base de concreto é de 440 mm, o volume do balde é de exatamente 25 litros, sendo que esses litros foram mensurados com uma proveta de 1 litro, e a tampa foi utilizada para proteger a solução nutritiva. Foram feitos dois orifícios: um de 150 mm para passar a base do cone e outro de 40 mm para passagem do cabo elétrico e manutenção da solução.

Figura 3 - Altura da base da coluna em relação à base de concreto (A e B) e tampa do balde com os cortes (C).



Fonte: Autor

A coluna de produção com altura (h) de 2050 mm, que foi dividida em oito áreas com linhas de centro de 60 mm para a acomodação alternada dos andares de produção.

Figura 4 - Coluna de produção (A) e linhas divisórias dos furos da coluna (B).



Fonte: Autor, 2025

Circunferência de 470 mm, com L de 48 mm, com h de 50 mm e ângulo de 45° em média; o l, o h e o ângulo têm estimativa média devido à sua confecção, feita de forma manual, sem uso de ferramenta profissional padronizada.

Os furos foram feitos no tubo com serra copo de 45 mm, aquecidos com soprador térmico, alargados e angulados de forma artesanal, utilizando uma garrafinha de refrigerante de 250 mL, preenchida com água em temperatura ambiente para essa moldagem.

Figura 5 - Circunferência da coluna e ângulo de 45° do furo para acomodação dos net-potes.



Fonte: Autor, 2025

O chuveiro para irrigação interna da coluna foi confeccionado com embalagem de doce de goiaba, com diâmetro interno de 140 mm e diâmetro externo de 150 mm, com o furo no centro para passagem da mangueira e furos radiais para a distribuição da solução nutritiva.

Figura 6 - Chuveiro de irrigação.



Fonte: Autor, 2025

A primeira bomba com vazão de 3000 L h^{-1} e altura manométrica de 3 m, e a primeira mangueira de 2600 mm com o conector.

Figura 7 - Primeira bomba.



Fonte: Autor, 2025

A segunda bomba de 3 m de H manométrica y 3000 L h^{-1} , e a segunda mangueira com H de 2500 mm, e o segundo conector com H de 90 mm.

Figura 8 - segunda bomba (A), conector bomba/mangueira (B).



Fonte: Autor, 2025

Apesar dos parâmetros das bombas serem iguais, a vazão não condiz, sendo totalmente diferentes. As mangueiras têm apenas 1 mm de diferença.

Figura 9 - Vazão da primeira bomba (A) e Vazão da segunda bomba (B).



Fonte: Autor, 2025

O diâmetro interno de 6 mm da primeira mangueira e o diâmetro interno de 7 mm da segunda mangueira, apesar da diferença mínima, mostram nas imagens que a diferença na vazão é bastante significativa.

Os net-pots têm diâmetro interno de 47 mm, diâmetro externo de 54 mm e altura de 51 mm. Utilizamos fibra de coco como substrato inerte para proteção das raízes.

Figura 10 - net-pots (A) e net-pot com fibra de coco e a planta na coluna (B).



Fonte: Autor, 2025

Os furos têm uma distância entre andares de 190 mm em média, e entre os centros, de 250 mm. Usamos uma capa de 150 mm para proteção superior.

Figura 11 - Distância entre os centros dos furos.



Fonte: Autor, 2025

Ao fim do processo, juntamos todas as peças e concluímos a montagem da coluna. Para garantir a eficiência da coluna de produção, fizemos o plantio e o manejo com solução nutritiva padrão para hidroponia. O plantio foi feito usando net-potes, com substrato inerte de fibra de coco, e a coluna foi montada em estufa protegida no *campus* de Engenharia e Ciências Agrárias - CECA.

Figura 12 - visão geral da coluna após montagem e plantio



Fonte: Autor, 2025

Figura 13 - Visão da coluna nos dias 14 (A) e 15/06/2025 (B), antes da colheita.



Fonte: Autor, 2025

Próximo ao dia da colheita foi detectada uma deriva significativa, causada pelo peso de algumas plantas dos andares superiores, devido a esse peso os net-pots funcionaram como pêndulo, perdendo sua angulação de 90° , colocar uma estrutura auxiliar para compensar a deriva da irrigação, já que estava próximo da colheita, mas a sugestão para solução deste problema seria a colocação de um parafuso de duas polegadas com auxílio de porca na parte superior do net-pote preso à coluna, que funcionaria como uma trava para evitar essa perda de angulação.

A estrutura foi montada com um suporte para água mineral, um garrafão de 20 L para água mineral, uma mangueira de ducha higiênica e uma torneira de jardim para regulação da compensação da solução. Essa estrutura foi adicionada para que houvesse apenas uma correção ao dia, comercialmente poderia ser feita várias correções ou até mesmo uma automação de dispensa dos nutrientes, salientando que isso acarretaria um custo muito mais elevado do projeto.

Figura 14- Visão da coluna mais a estrutura auxiliar um dia antes da colheita.



Fonte: Autor, 2025

A colheita foi realizada no dia 17/06/2025, as plantas foram separadas por raiz, caule e folhas em sacos identificados, passados separadamente e, em seguida, colocadas em estufa a 65°C para secagem. Durante essa colheita verificamos o pleno desenvolvimento das plantas, apesar de que durante o processo de produção, tivemos que girar a coluna para um melhor aproveitamento dos raios de sol, proporcionando assim uma melhor distribuição destas, no caso de colunas em casas e apartamentos aconselhamos girar a coluna uma vez na semana.

Já se o interesse for os cultivos comerciais, é importante uma análise mais complexa dos parâmetros ligados a produção, em especial a disposição dos raios solares durante as estações, para a implantação de um projeto eficiente, com uma produção efetiva de no mínimo 75%, garantindo assim a viabilidade comercial do projeto.

. Embora o sistema apresente um custo inicial a ser considerado, em torno de R\$ 700,00, o investimento tende a se pagar em pouco tempo, pois os materiais têm durabilidade muito longa, requerem pouca manutenção e o ciclo de produção é bastante curto, o que torna o retorno mais rápido.

Figura 15- Últimos andares antes de serem colhidos (A) e Ascânio no dia da colheita (B).



Fonte: Autor, 2025

5. CONCLUSÃO

Embora haja a necessidade de adequação para uso na produção de diferentes espécies de hortaliças, a eficácia do sistema de hidroponia vertical em coluna ficou comprovada, sendo a sua maior vantagem a possibilidade de produção em espaços pequenos, na modalidade doméstica sem muitos requisitos, já para modalidade de produção comercial, há uma necessidade maior de adequação de parâmetros, principalmente a distribuição da luminosidade.

REFERENCIAS

CALABRIA, S. S.; et al. Recirculating Vertical Hydroponic Systems: Effect of Light and Nutrient Solution Composition on Nitrification Activity. *Environmental Engineering Science*, v. 40, n. 12, p. 1109-1118, 2023.

CHOWDHURY, M. E. H.; KHANDAKAR, A.; AHMED, S.; AL-KHUZAEI, F.; HAMDALLA, J.; HAQUE, F.; REAZ, M. B. I.; AL SHAFEI, A.; AL-EMADI, N. Design, Construction and Testing of IoT Based Automated Indoor Vertical Hydroponics Farming Test-Bed in Qatar. *Sensors*, v. 20, n. 19, p. 5637, 2020.

“Design of a Small-Scale Hydroponic System for Indoor Farming of Leafy Vegetables.” *Agriculture*, v. 13, n. 6, art. 1191, 2023.

FERNÁNDEZ-CABANÁS, V. M.; PÉREZ-URRESTARAZU, L.; JUÁREZ, A.; KAUFMAN, N. T.; GROSS, J. A. Comparative Analysis of Horizontal and Vertical Decoupled Aquaponic Systems for Basil Production and Effect of Light Supplementation by LED. *Agronomy*, v. 10, n. 9, art. 1414, 2020.

GOZZI, E. M.; PAIXÃO, M. A. S. Viabilidade econômica de duas hortas hidropônicas na área urbana da cidade de São Paulo. *Revista IPecege*, Piracicaba, v. 4, n. 4, p. 12-21, 2017. Disponível em: <https://revista.ipecege.org.br/Revista/article/view/108>

HE, Y.; ZHANG, X.; WANG, T.; TAN, X.; LIU, S. Design of a nutrient solution supply device for a vertical aeroponic cultivation system. *Frontiers in Plant Science*, v. 16, art. 1615927, 2025.

“Hydroponia: Economic feasibility of adopting a hydroponics system on substrate in small rural properties” (Brasil), estudo de viabilidade comparando técnicas (substrato e NFT).

<https://www.mg.gov.br/agricultura/noticias/cultivo-hidroponico-de-hortalicas-e-oportunidade-para-pequenos-e-grandes>

ITAL (INSTITUTO DE TECNOLOGIA DE ALIMENTOS). Perdas de produtos hortifrutigranjeiros: onde ocorrem e quais os principais motivos? ITAL/Secretaria de Agricultura e Abastecimento do Estado de São Paulo, 10 fev. 2021. Disponível em:

<https://ital.agricultura.sp.gov.br/noticia/perdas-de-produtos-hortifrutigranjeiros-onde-ocorrem-e-quais-os-principais-motivos>

KATSOULAKOU, S.; LAMPRAKI, E.; TSIROGIANNIS, I. L.; PAPAKONSTANTINO, K.; BALTZOI, P.; KARRAS, G. Evaluation of two hydroponic vertical planting systems for indoor living walls under different exposure to light. **Acta Horticulturae**, n. 1189, 2017.

KOZAI, T.; FUJIWARA, K.; RUNKLE, E. (Eds.). LED: Lighting for Urban Horticulture. Singapore: Springer, 454 p., 2016.

LANA, Milza Moreira; MOITA, Antonio Williams. Qualidade visual e perdas pós-colheita de hortaliças folhosas no varejo: dois estudos de caso no Distrito Federal, Brasil. Brasília, DF: Embrapa Hortaliças, 2020. 59 p. (Documentos, 190). .

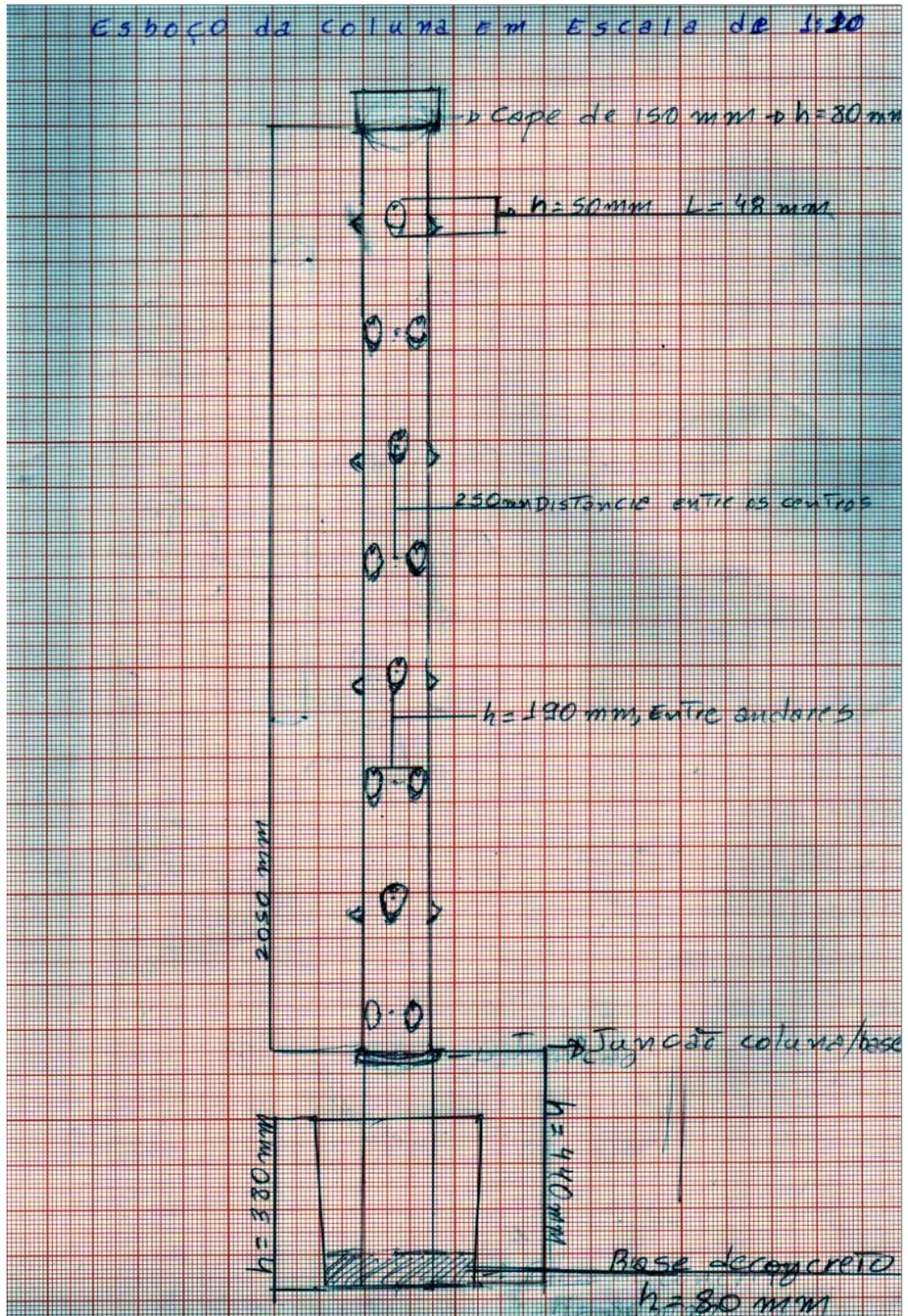
PERUMBILAVIL, S.; ANTONY, M. M.; et al. A real-time on-site precision nutrient monitoring system for hydroponic cultivation utilizing LIBS. **Chemical and Biological Technologies in Agriculture**, v. 11, art. 111, 2024.

SADEK, N.; KAMAL, N.; SHEHATA, D. Internet of Things based smart automated indoor hydroponics and aeroponics greenhouse in Egypt. *Ain Shams Engineering Journal*, v. 14, n. 10, p. 102341, 2023.

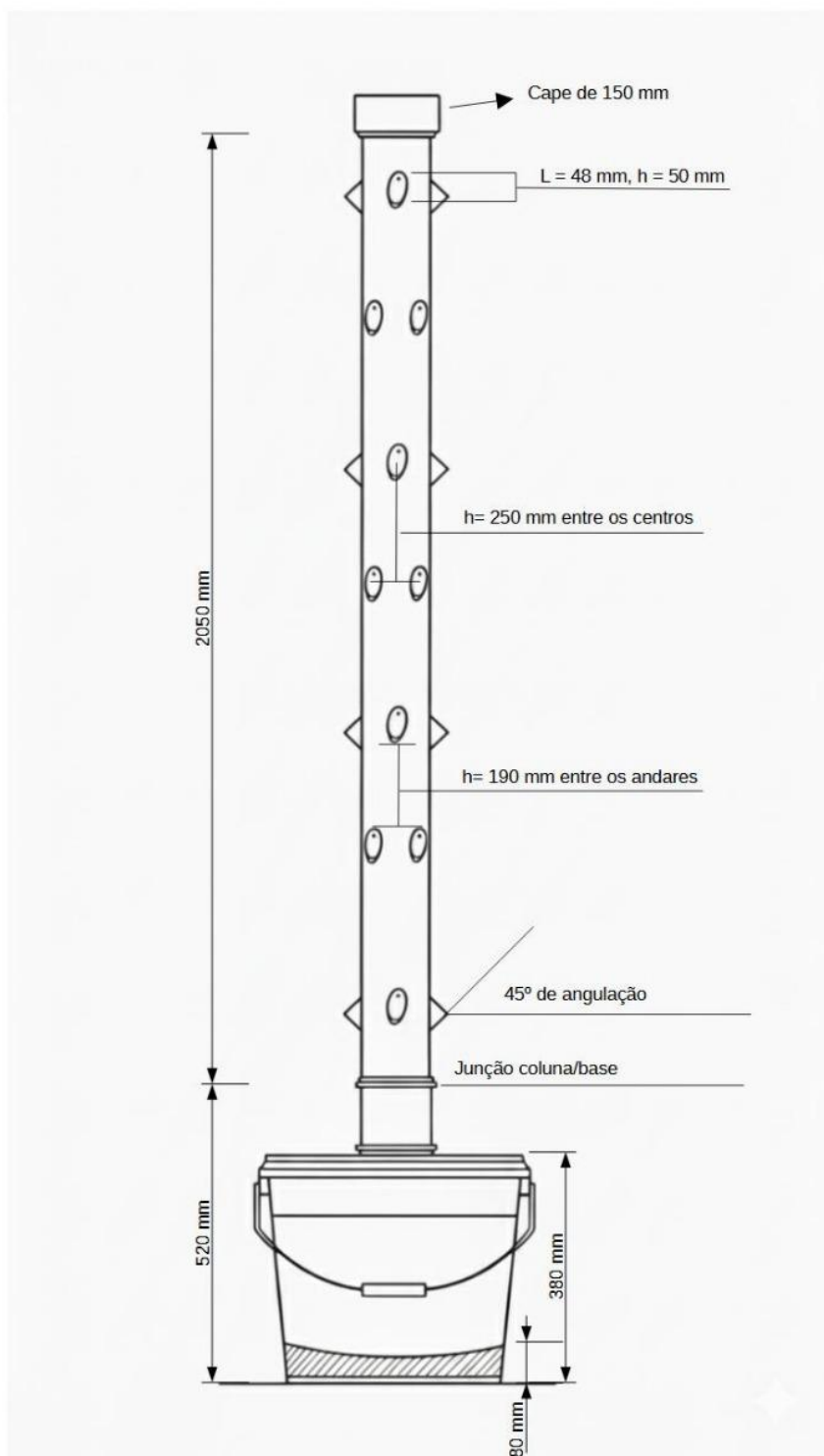
TOULIATOS, D.; SIGOS, D.; EVANGELOU, E.; et al. Vertical farming increases lettuce yield per unit area compared to conventional horizontal hydroponics. **Food and Energy Security**, v. 5, n. 3, 2016.

VILELA, Luciano. Estatísticas de perdas de hortaliças no Brasil. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE OLERICULTURA, 55., 2018, Bonito/MS. Palestra proferida em 08 de agosto de 2018. Bonito/MS: IbraHort, 2018.

Apêndice A - Esboço da coluna de produção.



Apêndice B - Desenho técnico da coluna de produção.



Apêndice C – Tabela de preços de materiais para montagem da coluna de produção.

Tabela de materias para montagem da coluna vertical				
Item	Quantidade	unidade	valor unit.	total
Tubo de pvc de 150 mm	3	m	138,00	152,00
Cape de pvc de 150 mm	1	und.	35,00	39,80
Balde p/ produtos alimenticios de 35 kg	1	unid.	30,00	35,00
Bomba submersa de 3000 L h-1	1	unid.	200,00	200,00
Net-pots	100	unid.	2,00	200,00
Mangueira de 7 mm	2,6	m	7,00	18,20
Recipiente para produção do chuveiro de irrigação	1	unid.	10,00	10,00
Pacote de fibra de coco	1	unid.	45,00	45,00
TOTAL				700,00