

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS
CAMPUS DE ENGENHARIAS E CIÊNCIAS AGRÁRIAS
CURSO AGRONOMIA

LAURA ELIZABETH SUARES DE BULHÕES

**AVALIAÇÃO DO CRESCIMENTO DA ALFACE CRESPA EM HIDROPONIA
SOB SOLUÇÕES NUTRITIVAS ORGÂNICA E MINERAL**

RIO LARGO - AL
2025

LAURA ELIZABETH SUARES DE BULHÕES

**AVALIAÇÃO DO CRESCIMENTO DA ALFACE CRESPA EM HIDROPONIA
SOB SOLUÇÕES NUTRITIVAS ORGÂNICA E MINERAL**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Curso de Agronomia da
Universidade Federal de Alagoas, como
requisito parcial à obtenção do título de
Engenheira Agrônoma

Orientador: Prof. Dr. Eurico Eduardo
Pinto de Lemos.

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

B933a Bulhões, Laura Elizabeth Suares de.

Avaliação do crescimento da alface crespa em hidroponia sob soluções nutritivas orgânica e mineral. / Laura Elizabeth Suares de Bulhões. – 2025.

24 f.: il.

Orientador: Eurico Eduardo Pinto de Lemos.

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 protegido. 2. Biofertilizante. 3. Manejo hidropônico. 4. Hortaliças. 5. Alface crespa. I. Título.


CDU: 635.1/8

Folha de Aprovação

LAURA ELIZABETH SUARES DE BULHÕES


AVALIAÇÃO DO CRESCIMENTO DA ALFACE CRESPA EM HIDROPONIA SOB SOLUÇÕES NUTRITIVAS ORGÂNICA E MINERAL

Trabalho de conclusão de curso – TCC apresentado ao Curso de Agronomia da Universidade Federal de Alagoas – UFAL, Campus de Engenharias e Ciências Agrárias – CECA, como requisito parcial para obtenção do título de Engenheira Agrônoma e aprovada em 20 de outubro de 2025.


Documento assinado digitalmente
 **EURICO EDUARDO PINTO DE LEMOS**
Data: 11/11/2025 10:01:35-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Eurico Eduardo Pinto de Lemos
Universidade Federal de Alagoas – UFAL
Campus de Engenharias e Ciências Agrárias – CECA

Banca examinadora:

Documento assinado digitalmente
 **LEILA DE PAULA REZENDE**
Data: 12/11/2025 18:25:45-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof.^a Dr.^a Leila de Paula Rezende
Universidade Federal de Alagoas – UFAL
Campus de Engenharias e Ciências Agrárias – CECA

Documento assinado digitalmente
 **PATRICIA DA SILVA SANTOS**
Data: 12/11/2025 20:23:12-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Doutoranda Patricia da Silva Santos
Universidade Federal de Alagoas – UFAL
Campus de Engenharias e Ciências Agrárias – CECA
Programa de Pós-graduação em Agronomia – Produção Vegetal – PPG Agronomia

Em memória de Tereza Cristina,
Sinto muito a sua falta, vovó. Mas...
“Você mente demais, Cristina.”

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço a Deus e Nossa Senhora, por me dar força, coragem e sabedoria para chegar até aqui. Aos meus pais, pelo incentivo constante e pelo amor incondicional – te amo, mãe. Aos meus avós, pelos conselhos valiosos e pelo carinho sempre presente. À minha irmã, por estar sempre ao meu lado (às vezes à frente também), e ao Gabriel, por me ajudar a “limpar” aquele pedacinho de terra, no início desse trabalho.

Agradeço ao professor Eurico Lemos, meu orientador, pela paciência, dedicação, ajuda e por guiar meu trabalho com sabedoria; e à professora Leila Rezende, que contribuiu com diversas ideias para montagem do experimento. Um obrigada ao Renato, pela ajuda nas horas mais ‘pesadas’.

Ao Artur dos Santos e ao Erick Marques, não só pela ajuda no projeto, mas em todos os momentos desde o início; à Edvânia Barbosa, que contribuiu nas primeiras etapas do trabalho e à Josefa Márcia, que me auxiliou na detecção do fungo. À Adrielly Albuquerque, que sempre esteve presente, e que foi basicamente um terceiro elemento nesse projeto, ajudando e apoiando sempre que era necessário.

Sou muito grata à Berenice Voss. Sem sua ajuda esse projeto, que já foi demorado e cheio de erros, levaria muito mais tempo para ser concluído (isso se eu não tivesse desistido no caminho). Obrigada por toda ajuda, apoio e paciência.

Agradeço também a todos que fizeram parte desta jornada e me ajudaram de alguma forma, dentro e fora do projeto, seja como uma palavra de incentivo ou com uma risada sincera. Cada gesto de apoio tornou esta trajetória mais leve e especial.

Muito obrigada a todos.

RESUMO

O cultivo hidropônico tem se destacado como uma alternativa eficiente e sustentável na produção de hortaliças. Este trabalho teve como objetivo avaliar o crescimento da alface crespa (*Lactuca sativa* L.) em sistema hidropônico, utilizando duas soluções nutritivas distintas: solução mineral, composta pelos produtos comerciais Flex Azul e Flex Vermelho, e solução orgânica, à base de extrato de algas. O experimento foi conduzido em estufa no CECA (Rio Largo – AL), utilizando dois sistemas independentes com tubos de PVC, sendo aplicadas as soluções de forma separada. Parte das plantas de cada sistema recebeu aplicação de fungicida após a identificação de sintomas do fungo *Microdochium* spp. Foram avaliadas as variáveis número de folhas, altura da planta, diâmetro da planta, massa da matéria fresca, massa da matéria seca e número de folhas atacadas com fungo. Os resultados indicaram desempenho superior das plantas cultivadas sob solução mineral, especialmente nos parâmetros de massa da matéria fresca, altura da planta e número de folhas. A aplicação de solução enraizadora nas plantas do tratamento com solução orgânica foi uma estratégia de manejo adotada após o escurecimento das raízes. Conclui-se que a solução mineral apresenta maior eficiência no cultivo de alface em hidroponia, embora a solução orgânica, com manejo adequado, mostre-se uma alternativa viável.

Palavras-chave: cultivo protegido, biofertilizante, manejo hidropônico, hortaliças.

ABSTRACT

Hydroponic cultivation has become an effective and sustainable alternative for vegetable production. This study aimed to assess the growth of curly lettuce (*Lactuca sativa* L.) in a hydroponic system, using two different nutrient solutions: mineral solution, made from commercial products Flex Azul and Flex Vermelho, and organic solution, based on seaweed extract. The experiment took place in a greenhouse at CECA (Rio Largo – AL), employing two separate systems with PVC pipes, with the solutions applied independently. Some plants in each system received fungicide treatment after symptoms of the fungus *Microdochium spp.* appeared. The variables measured included the number of leaves, plant height, plant diameter, fresh matter weight, dry matter weight, and the number of leaves affected by the fungus. The results showed better performance in plants fed with the mineral solution, especially in terms of fresh matter weight, plant height, and leaf number. The application of a rooting solution to plants in the organic treatment was a management response following root darkening. It is concluded that the mineral solution is more effective in hydroponic lettuce cultivation, although the organic solution, with proper management, can also be a viable alternative.

Keywords: protected cultivation, biofertilizer, hydroponic management, leafy vegetables.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Montagem do sistema hidropônico com tubos de 75 mm utilizados sobre bancada para cultivo da alface crespa; Figura 2 - Suporte utilizado para auxiliar na declividade da estrutura; Figura 3 - Tubos de 100 mm para a captação das soluções. Fonte: Organizadoras da pesquisa (2024).....	14
Figura 4 - Tubos auxiliares de 32 mm para direcionamento das soluções para os containers e posterior recirculação; Figura 5 - Containers utilizados na captação final e recirculação das soluções nos sistemas hidropônicos; Figura 6 - Bombas utilizadas no sistema para circulação da água. Fonte: Organizadoras da pesquisa (2024).....	14
Figura 7 - Torneiras utilizadas para controle do fluxo das soluções nos sistemas hidropônicos; Figura 8 - Copos auxiliares para suporte das mudas. Fonte: Organizadoras da pesquisa (2024).....	15
Figura 9 - Fertilizante mineral Flex Vermelho componente da solução nutritiva mineral; Figura 10 - Fertilizante mineral Flex Azul componente da solução nutritiva mineral; Figura 11 - Fertilizante orgânico à base de extrato de algas. Fonte: Organizadoras da pesquisa (2025).....	16
Figura 12 - Sintomas de ataque de fungo <i>Microdochium</i> em folha de alface crespa; Figura 13 – Estruturas do fungo. Fonte: Dados da pesquisa (2025).....	16
Figura 14 - Fungicida Casugamicina utilizado no controle de <i>Microdochium</i> em folhas de alface crespa; Figura 15 - Adesivo fixador utilizado junto com o fungicida; Figura 16 - Aplicação da solução fungicida em alface hidropônica. Fonte: Organizadoras da pesquisa (2025).....	17
Figura 17 - Bancada do experimento: T1 à esquerda e T2 à direita. Fonte: Organizadoras da pesquisa (2025).....	17
Figura 18 - Colheita da alface com solução orgânica (esquerda) e mineral (direita). Fonte: Organizadoras da pesquisa (2025).....	18
Figura 19 - Número de folhas (NFP) e altura da planta com raízes (APR) e altura da planta sem raiz (AP) nos diferentes tratamentos. Fonte: Autora (2025).....	19
Figura 20 - Peso da matéria fresca (MF) e peso da matéria seca (MS) das plantas nos diferentes tratamentos. Fonte: Autora (2025).....	20
Figura 21 - Diâmetro médio das plantas nos diferentes tratamentos. Fonte: Autora (2025).....	21
Figura 22 - Número médio de folhas com fungo por tratamento. Fonte: Dados da pesquisa (2025).....	22

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	10
2 REVISÃO DE LITERATURA.....	11
2.1 Hidroponia: uma alternativa sustentável.....	11
2.2 A alface crespa no sistema hidropônico.....	11
2.3 Soluções nutritivas minerais e orgânicas.....	12
2.4 Estudos comparativos e perspectivas.....	12
3 MATERIAIS E MÉTODOS.....	13
3.1 Local do experimento.....	13
3.2 Montagem dos sistemas hidropônicos.....	13
3.3 Soluções nutritivas aplicadas.....	15
3.3.1 Preparo e aplicação das soluções.....	15
3.3.2 Ocorrência de Fitopatógeno e manejo corretivo.....	16
3.4 Delineamento experimental.....	17
3.5 Variáveis avaliadas.....	18
3.6 Análise estatística.....	18
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	19
4.1 Crescimento vegetativo.....	19
4.4 Ocorrência de fungos.....	21
5 CONCLUSÃO.....	22
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	22

1 INTRODUÇÃO

A crescente preocupação com a sustentabilidade na agricultura e a demanda por alimentos mais saudáveis vêm impulsionado o uso de tecnologias alternativas de cultivo, como a hidroponia. Nesse sistema, que dispensa o uso do solo e utiliza soluções nutritivas dissolvidas em água, são observadas vantagens como economia de recursos hídricos, maior controle nutricional e redução de pragas e doenças (Lima et al., 2021; Silva et al., 2021).

Nesse contexto, a alface crespa (*Lactuca sativa*), hortaliça de grande importância econômica e nutricional, destaca-se como uma das principais espécies cultivadas em hidroponia, devido ao seu ciclo curto e elevada aceitação no mercado (OLIVEIRA *et al.*, 2019; SANTOS *et al.*, 2022).

Tradicionalmente, as soluções nutritivas utilizadas na hidroponia são de fonte mineral, por serem mais estáveis e tecnicamente eficientes, permitindo maior controle sobre o fornecimento de nutrientes às plantas (Furlani, 1998). No entanto, diante das exigências por sistemas de produção mais sustentáveis, cresce o interesse pelo uso de soluções orgânicas, que podem representar uma alternativa ambientalmente mais viável (Monteiro Filho *et al.*, 2017; Lima *et al.*, 2021).

Entretanto, persistem incertezas quanto à eficácia dos nutrientes orgânicos no desempenho das plantas em ambiente sistemas, sendo necessário o desenvolvimento de estudos comparativos que avaliem o impacto dessas diferentes soluções no crescimento vegetal (Santos *et al.*, 2022).

Diante desse cenário, o presente trabalho tem como objetivo avaliar o crescimento da alface crespa em sistema hidropônico, comparando o uso de soluções nutritivas de base orgânica e de base mineral associadas a aplicação de fungicida. A pesquisa visa contribuir com informações técnicas que auxiliem na escolha de práticas mais sustentáveis, sem comprometer a produtividade e a qualidade da produção.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Hidroponia: uma alternativa sustentável

A hidroponia caracteriza-se pela substituição do solo por soluções nutritivas que fornecem todos os elementos essenciais ao desenvolvimento das plantas, sendo reconhecida como alternativa à agricultura convencional em regiões com solos degradados ou limitados, por oferecer maior controle nutricional, economia de água e menor uso de defensivos agrícolas (Zen; Brandão; Breitenbach, 2023). A técnica é frequentemente utilizada em ambientes protegidos, como estufas ou semi-estufas, que permitem moderar variáveis como temperatura, umidade e luminosidade, favorecendo a sanidade e produtividade das culturas (Cardoso; Souza; Oliveira, 2025).

Quanto aos sistemas de cultivo hidropônico, destacam-se três tipos principais: o sistema NFT (Nutrient Film Technique), no qual uma película fina de solução nutritiva flui continuamente sobre as raízes das plantas, garantindo boa oxigenação e aproveitamento eficiente dos nutrientes (Costa *et al.*, 2018); o sistema DWC (Deep Water Culture), em que as raízes permanecem suspensas ou parcialmente submersas em uma solução nutritiva aerada, permitindo crescimento acelerado devido à disponibilidade contínua de água e oxigênio; e os sistemas baseados em substratos inertes, onde a planta se desenvolve sobre materiais como perlita, fibra de coco ou casca de arroz carbonizada, que servem de suporte físico às raízes, enquanto a solução nutritiva é fornecida de forma controlada (Santos *et al.*, 2021; Costa *et al.*, 2018). Estudos comparativos indicam que, em alface, o cultivo em substratos pode superar o sistema NFT em termos de peso comercial e altura foliar, embora o sistema NFT ainda seja amplamente utilizado pela praticidade de implantação e limpeza do produto (Souza *et al.*, 2021).

Dessa forma, a escolha do sistema hidropônico e da estrutura de cultivo deve considerar não apenas o perfil da cultura, como a alface crespa, mas também aspectos como o nível de automação possível, custo operacional, controle ambiental e tipo de solução nutritiva (orgânica ou mineral). Para o seu estudo comparativo entre solução orgânica e mineral, é pertinente ressaltar que o desempenho da alface pode variar de acordo com o sistema adotado e o ambiente protegido, o que reforça a necessidade de explicitar no capítulo metodológico as razões da escolha do sistema utilizado.

2.2 A alface crespa no sistema hidropônico

A alface (*Lactuca sativa*), especialmente as variedades do tipo crespa, têm sido amplamente cultivada em sistemas hidropônicos devido ao seu rápido ciclo de desenvolvimento, elevado rendimento e boa aceitação comercial. O cultivo sem solo oferece vantagens como economia de água, melhor aproveitamento de nutrientes e menor ocorrência de pragas e doenças, o que torna a alface uma cultura modelo nesse tipo de sistema (Lima *et al.*, 2021).

O sucesso do cultivo hidropônico está intrinsecamente ligado à qualidade da solução nutritiva utilizada, que deve manter concentrações adequadas de macro e micronutrientes, além de parâmetros físico-químicos estáveis, como pH e condutividade elétrica. A alface, por ser uma hortaliça de rápido crescimento, responde rapidamente a variações, nesses fatores exige um monitoramento constante no manejo da solução. (Silva *et al.*, 2021).

Estudos têm demonstrado que o uso de diferentes formulações de soluções nutritivas pode afetar diretamente as características de crescimento da alface, influenciando na altura da planta, número de folhas, massa fresca e seca. Dessa forma, o desenvolvimento de estratégias de manejo e de soluções alternativas à base de compostos orgânicos é uma tendência crescente dentro da hidroponia (Silva *et al.*, 2021; Santos *et al.*, 2022).

2.3 Soluções nutritivas minerais e orgânicas

A base do cultivo hidropônico está na formulação e no manejo da solução nutritiva, que substitui o solo como fonte de nutrientes. Tradicionalmente, utiliza-se a solução mineral, composta por sais orgânicos solúveis que oferecem nutrientes em formas prontamente absorvíveis pelas plantas. Essas soluções são padronizadas, tecnicamente eficientes e amplamente utilizadas em cultivos comerciais por garantirem boa produtividade (Furlani, 1998).

Por outro lado, soluções nutritivas de origem orgânica vêm ganhando espaço nos sistemas hidropônicos, impulsionadas por uma maior preocupação com a sustentabilidade e pela busca por alternativas ao uso intensivo de produtos químicos.

Essas soluções são elaboradas a partir de fontes naturais, como biofertilizantes líquidos, resíduos de compostagem e extratos fermentados. Entretanto elas ainda apresentam desafios quanto à estabilidade, variabilidade química e menor disponibilidade imediata de nutrientes para as plantas (Monteiro Filho *et al.*, 2017).

2.4 Estudos comparativos e perspectivas

Pesquisas que comparam o uso de soluções minerais e orgânicas no cultivo de alface hidropônica apontam diferenças importantes quanto à produtividade, qualidade das plantas e viabilidade agrônômica. Santos et al. (2022) observaram maior desenvolvimento vegetativo da alface crespa quando cultivada com solução mineral, destacando-se nos parâmetros de altura, número de folhas e massa fresca. Contudo, os autores ressaltam que o sistema com solução orgânica apresentou desempenho satisfatório, especialmente quando bem manejado.

Estudo de Silva et al. (2021) reforça essa perspectiva ao evidenciar que, embora a solução mineral proporcione maior produtividade, a solução orgânica, especialmente composta por biofertilizantes, apresenta vantagens como menor impacto ambiental e maior sustentabilidade do sistema de produção.

Já Lima et al. (2021) mostraram que a utilização de biofertilizantes líquidos em sistema hidropônico tipo NFT pode ser viável, desde que haja adequação da composição e do tempo de aplicação. A produção de alface com solução orgânica apresentou resultados similares à solução mineral em algumas variáveis, sugerindo potencial de uso em sistemas comerciais com manejo apropriado.

Essas evidências destacam, portanto, a necessidade de novos estudos que avaliem de forma integrada a eficiência produtiva, a viabilidade econômica e o impacto ambiental dos diferentes tipos de soluções nutritivas. A comparação entre os sistemas mineral e orgânico é essencial para o avanço de tecnologias que aliem produtividade e sustentabilidade no cultivo hidropônico da alface crespa.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 Local do experimento

O ensaio foi conduzido na estufa do Laboratório de Biotecnologia Vegetal do Campus de Engenharias e Ciências Agrárias (CECA) da Universidade Federal de Alagoas (UFAL), localizada no município de Rio Largo, no estado de Alagoas. O cultivo foi conduzido entre os meses de fevereiro e abril de 2025.

3.2 Montagem dos sistemas hidropônicos

Foram utilizados dois sistemas hidropônicos independentes, cada um constituído por quatro tubos de PVC de 75 mm de diâmetro. Cada tubo possuía 11 orifícios de 50mm de diâmetro em sua parte superior para o posicionamento das plantas (Figura 1A). Os tubos foram instalados com inclinação de 15° para permitir o escoamento da solução nutritiva.

Os tubos foram elevados e fixados com suportes de cerâmica (Figura 2) para prover a inclinação necessária ao escoamento das soluções para o sistema de captação e a conseqüente recirculação da solução nutritiva. Ao final de cada linha, tubos de 100 mm de diâmetro (Figura 3) captavam as soluções e direcionavam o líquido por tubos de 32 mm (Figura 4) até reservatórios de 20 L (Figura 5) posicionados no solo. Ao lado de cada balde uma bomba adaptada de máquina de lavar roupa (Figura 6) conectada a mangueiras bombeava a solução de volta para os tubos superiores. O sistema também contava com torneiras para controle de fluxo (Figura 7). A parte inferior da estrutura foi coberta com um telhado de PVC, para proteger os equipamentos dos aspersores da estufa, o qual funcionava das 7h às 16h, com ciclos de 10 minutos.

As mudas de alface tipo cressa, produzidas em bandejas de poliestireno de 200 células e, substrato comercial, pelo viveiro de produção de mudas de Arapiraca, foram adquiridas de um fornecedor da CEASA (Central de Abastecimento) de Maceió – AL. As mudas de aproximadamente 15 dias após a semeadura, crescimento uniforme, no estágio de 3 e 4 folhas verdadeiras, tiveram seu sistema radicular lavados em água corrente, para remoção do substrato original e foram transplantadas em copos plásticos descartáveis de 200 mL com orifícios na base, que serviram para dar suporte e mantê-las fixas na estrutura evitando que fossem deslocadas pelo fluxo da solução nutritiva durante o crescimento inicial (Figura 8).



Figura 1 - Montagem do sistema hidropônico com tubos de 75 mm utilizados sobre bancada para cultivo da alface crespa; Figura 2 - Suporte utilizado para auxiliar na declividade da estrutura; Figura 3 - Tubos de 100 mm para a captação das soluções. Fonte: Organizadoras da pesquisa (2024)



Figura 4 - Tubos auxiliares de 32 mm para direcionamento das soluções para os containers e posterior recirculação; Figura 5 - Containers utilizados na captação final e recirculação das soluções nos sistemas hidropônicos; Figura 6 - Bombas utilizadas no sistema para circulação da água. Fonte: Organizadoras da pesquisa (2024)



Figura 7 - Torneiras utilizadas para controle do fluxo das soluções nos sistemas hidropônicos; Figura 8 - Copos auxiliares para suporte das mudas. Fonte: Organizadoras da pesquisa (2024)

3.3 Soluções nutritivas aplicadas

Inicialmente, por um período de 15 dias, todas as mudas foram cultivadas com solução mineral composta pelos produtos comerciais Flex Vermelho (Figura 9), composta pelos macro e microelementos nitrogênio, fósforo, potássio, enxofre, magnésio, ferro, boro, cobre, zinco, molibdênio, níquel e cobalto, e o Flex Azul (Figura 10), composta pelos elementos nitrogênio, cálcio e magnésio. Após este período, as soluções foram aplicadas conforme o delineamento experimental.

3.3.1 Preparo e aplicação das soluções

As soluções foram preparadas adicionando-se 20 g de cada produto à água dos containers, mantendo-se a condutividade elétrica em 1500 ppm e o pH ajustado para 6,5, com uso de HCl ou diluição da solução com água diariamente.

A solução orgânica foi preparada à base de extrato de algas (Figura 11), com a aplicação de 20 ml diluídos em 20 L no recipiente correspondente, havendo reaplicação do produto quando níveis de pH e condutividade elétrica estavam em desequilíbrio.

Em conjunto com a aplicação do extrato de algas, foram utilizados 10 ml de composto enraizador. A solução foi preparada de forma corretiva, movida pela observação de escurecimento das raízes das plantas da bancada, o que indicava possível deficiência na oxigenação ou absorção de nutrientes.

3.3.2 Ocorrência de Fitopatógeno e manejo corretivo

Após o início do cultivo nas soluções, as plantas apresentaram sintomas de ataque de fungo (Figura 12), diagnosticado pelo laboratório de Nematologia, da clínica Fitossanitária, do CECA como pertencente ao gênero *Microdochium* (Figura 13). Para o controle, foi aplicado fungicida à base de casugamicina - Kasumim (250 mL/L + espalhante adesivo) em pulverização (Figuras 14, 15 e 16).



Figura 9 - Fertilizante mineral Flex Vermelho componente da solução nutritiva mineral; Figura 10 - Fertilizante mineral Flex Azul componente da solução nutritiva mineral; Figura 11 - Fertilizante orgânico à base de extrato de algas. Fonte: Organizadoras da pesquisa (2025)

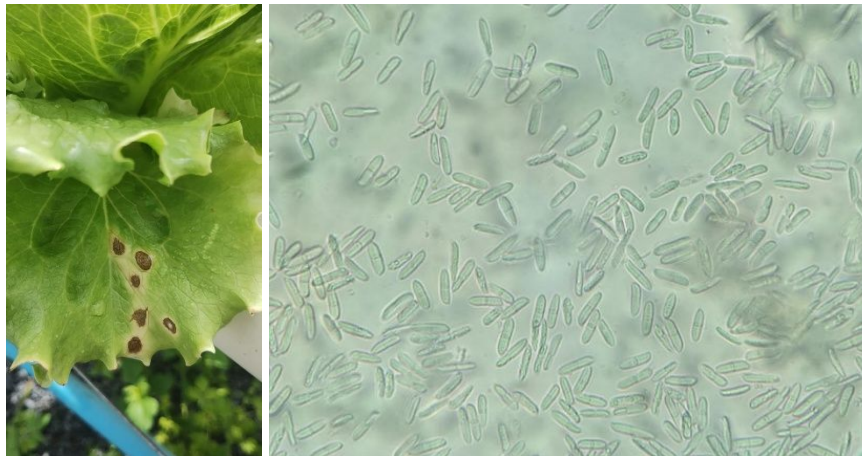


Figura 12 - Sintomas de ataque de fungo *Microdochium* em folha de alface crespa; Figura 13 – Estruturas do fungo. Fonte: Dados da pesquisa (2025)



Figura 14 - Fungicida Casugamicina utilizado no controle de *Microdochium* em folhas de alface crespa; Figura 15 - Adesivo fixador utilizado junto com o fungicida; Figura 16 - Aplicação da solução fungicida em alface hidropônica. Fonte: Organizadoras da pesquisa (2025)

3.4 Delineamento experimental

O experimento constituiu em dois tratamentos principais:

- T1: solução orgânica (extrato de algas)
- T2: solução mineral (Flex azul + Flex vermelho)



Figura 17 - Bancada do experimento: T1 à esquerda e T2 à direita. Fonte: Organizadoras da pesquisa (2025)

Em ambos os tratamentos, parte das plantas recebeu aplicação de fungicida e parte não, totalizando quatro grupos experimentais:

- Alfaves com fungicidas (bancada solução orgânica)

- Alfaces sem fungicidas (bancada solução orgânica)
- Alfaces com fungicidas (bancada solução mineral)
- Alfaces sem fungicidas (bancada solução mineral)

A colheita foi realizada no dia 16 de abril, cerca de 45 dias após a instalação do experimento, com seleção aleatória de 10 plantas de cada sistema, para avaliação.



Figura 18 - Colheita da alface com solução orgânica (esquerda) e mineral (direita). Fonte: Organizadoras da pesquisa (2025)

3.5 Variáveis avaliadas

As avaliações realizadas após colheita foram:

- Número de folhas por planta (NFP)
- Altura total da planta com raiz (APR)
- Altura planta sem raiz (AP)
- Diâmetro da planta (DP)
- Peso da matéria fresca da planta (MF)
- Peso da matéria seca da planta (MS)
- Número de folhas com sintomas fúngicos (NFF)

3.6 Análise estatística

Os dados obtidos foram organizados em tabelas, separando os grupos de acordo com o tipo de solução utilizada e a aplicação ou não de fungicida. As análises de estatística descritiva (erro padrão da média) foram realizadas com base em médias comparativas entre os tratamentos, considerando os diferentes parâmetros de desenvolvimento avaliados.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Crescimento vegetativo

O tratamento com solução mineral, sem aplicação de fungicida, apresentou os melhores resultados para o número de folhas ($26,8 \pm 1,8$ folhas), altura da planta ($25,6 \pm 1,3$ cm sem raiz e $38,8 \pm 2,4$ cm com raiz) (Figura 19).

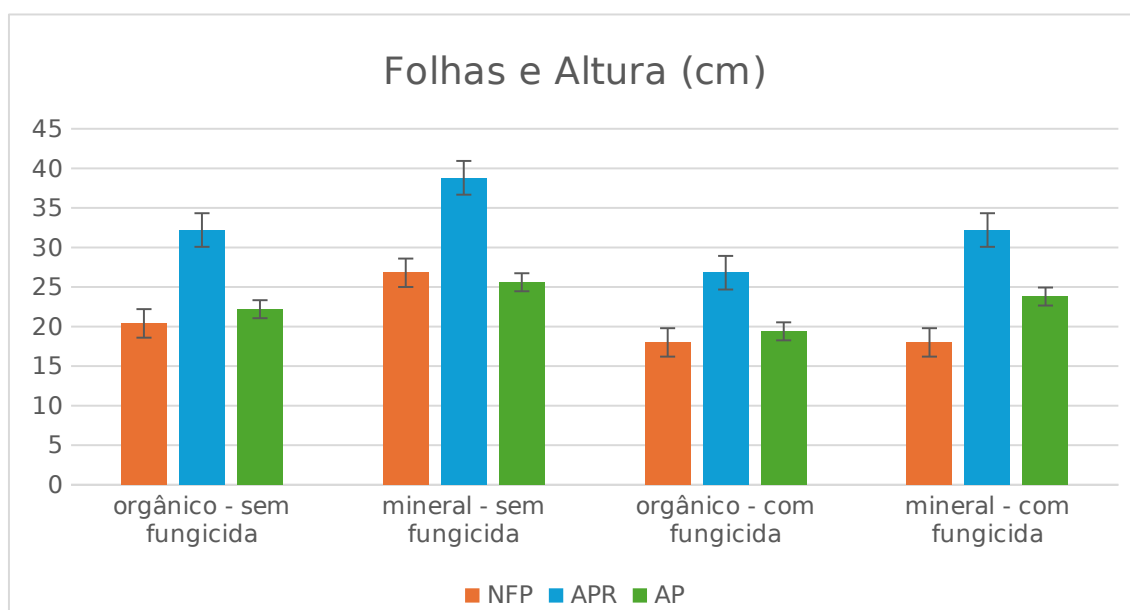


Figura 19 - Número de folhas (NFP) e altura da planta com raízes (APR) e altura da planta sem raiz (AP) nos diferentes tratamentos. Fonte: Autora (2025)

Em seguida, destaca-se o tratamento orgânico sem fungicida ($20,4 \pm 1,8$ folhas), que superou os grupos que receberam fungicida. Os tratamentos mineral com fungicida

($18,0 \pm 1,5$ folhas) e orgânico com fungicida ($18,0 \pm 1,8$ folhas) registraram os menores valores para o número de folhas.

O desempenho superior das plantas em solução mineral pode ser atribuído à maior disponibilidade de nutrientes essenciais em forma prontamente assimilável, como relatado por Furlani (1999), que destaca a eficiência de soluções minerais completas no cultivo hidropônico.

4.2 Massa da matéria fresca e seca

O peso da matéria fresca foi significativamente superior nas plantas cultivadas com solução mineral sem fungicida ($0,213 \pm 0,023$ kg), seguido pela mesma solução com fungicida ($0,123 \pm 0,016$ kg). O grupo orgânico com fungicida apresentou o menor valor médio de peso úmido ($0,096 \pm 0,015$ kg). O peso da matéria seca seguiu a mesma tendência dos dados de massa fresca, sendo também mais elevado no tratamento mineral sem fungicida ($0,0096 \pm 0,0011$ kg) (Figura 20).

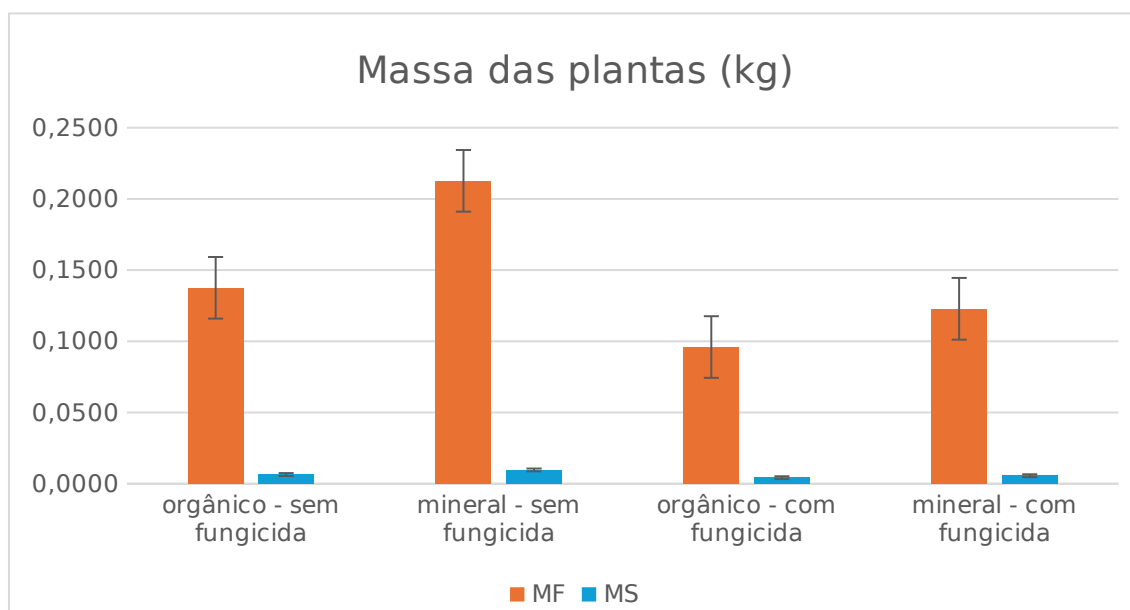


Figura 20 - Peso da matéria fresca (MF) e peso da matéria seca (MS) das plantas nos diferentes tratamentos. Fonte: Autora (2025)

Esse resultado reforça o desempenho superior do sistema com solução mineral, provavelmente devido ao fornecimento equilibrado de macro e micronutrientes essenciais às plantas (Monteiro Filho et al., 2017).

4.3 Diâmetro da planta

O diâmetro das plantas apresentou pequena variação entre os grupos. O maior valor foi obtido no tratamento mineral sem fungicida, com média de $26,2 \pm 2,3$ cm. Em seguida, apareceram o tratamento mineral com fungicida ($24,4 \pm 1,4$ cm) e o orgânico sem fungicida ($24,4 \pm 1,2$ cm), ambos com valores semelhantes. O menor diâmetro foi registrado no grupo “orgânico com fungicida”, com média de $22,2 \pm 0,8$ cm (Figura 21).

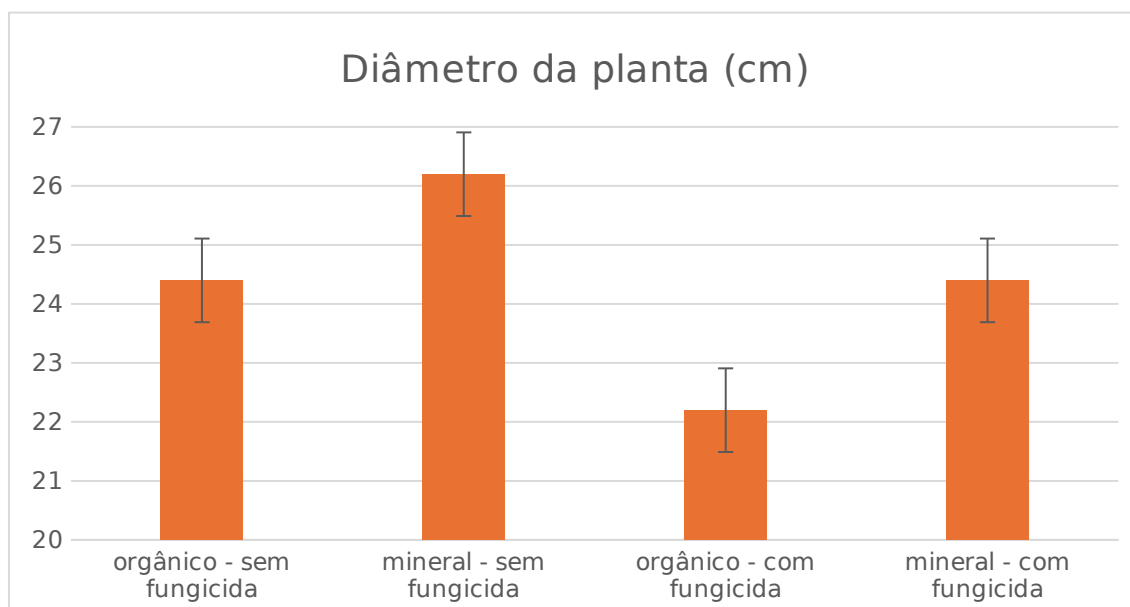


Figura 21 - Diâmetro médio das plantas nos diferentes tratamentos. Fonte: Autora (2025)

Esses resultados indicam que, embora o diâmetro da planta tenha sido levemente superior no tratamento mineral sem fungicida, essa variável apresentou menor sensibilidade às mudanças de solução nutritiva ou à aplicação do fungicida, quando comparada a outros parâmetros como número de folhas e peso da parte aérea.

4.4 Ocorrência de fungos

A ocorrência de fungos foi mais evidente nas plantas tratadas com solução mineral sem fungicida, que apresentaram em média $7,4 \pm 1,0$ folhas com sintomas (Figura 22). Isso pode ser explicado pelo fato de que, mesmo apresentando maior desenvolvimento, as plantas estavam mais expostas à umidade gerada pelo sistema e ao ambiente favorável à proliferação fúngica.

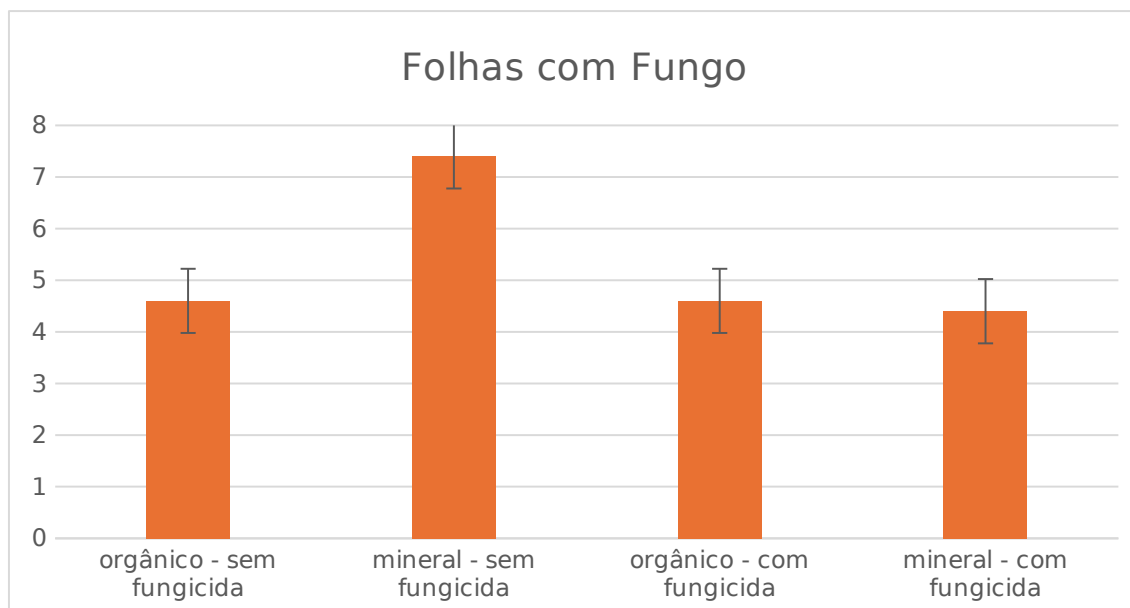


Figura 22 - Número médio de folhas com fungo por tratamento. Fonte: Dados da pesquisa (2025)

Já nos tratamentos com aplicação de fungicida, especialmente na solução mineral, houve redução significativa da presença de fungos, indicando a eficácia do produto utilizado no controle do patógeno identificado (*Microdochium* spp.).

5 CONCLUSÃO

Diante dos resultados obtidos, conclui-se que a solução mineral continua sendo a mais eficiente para o cultivo hidropônico da alface crespa, especialmente em ambientes controlados, como o da estufa. No entanto, a utilização de soluções orgânicas, associadas a um manejo adequado, representa uma alternativa viável e promissora, principalmente considerando os aspectos de sustentabilidade ambiental.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O experimento evidenciou o potencial da hidroponia como ferramenta de produção sustentável e comparou, de forma prática, a eficiência de soluções minerais e orgânicas no cultivo da alface crespa. A solução mineral apresentou maior eficiência em termos de produtividade, enquanto a solução orgânica demandou ajustes de manejo.

Essas observações reforçam a importância da experimentação acadêmica como base para o aprimoramento de técnicas agrícolas. Além disso, o estudo contribui com informações úteis para os produtores, especialmente no contexto de sistemas alternativos de cultivo.

Sugere-se, para trabalhos futuros, o aprofundamento da análise da composição da solução orgânica, o monitoramento contínuo da saúde radicular das plantas e a avaliação de diferentes formulações de biofertilizantes e produtos naturais de controle fitopatológico.

REFERÊNCIAS

CARDOSO, A. P. N.; SOUZA, E. C.; OLIVEIRA, R. A. O desenvolvimento de hortaliças em cultivo hidropônico comparado ao cultivo tradicional. **Revista Novos Desafios**, [s. l.], v. 5, n. 1, p. 42-51, 2025. Disponível em: <https://novosdesafios.inf.br/index.php/revista/article/view/130>. Acesso em: 30 out. 2025.

COSTA, K. P.; SILVA, J. C. R. L.; FERNANDES, T. O. M.; FONSECA, F. S. A.; MAIA, J. T. L. S.; MARTINS, E. R. Teor de nitrato em alface produzida em sistema hidropônico vertical com substrato e NFT. **Caderno de Ciências Agrárias**, Montes Claros, v. 10, n. 1, p. 24-28, 2018. Disponível em: <https://repositorio.ufmg.br/bitstreams/fcec6349-6286-4efb-a07d-b570544bcb86/download>). Acesso em: 30 out. 2025.

FURLANI, P. R. Instruções para o cultivo de hortaliças de folhas pela técnica de hidroponia: solução nutritiva. **Campinas: Instituto Agrônomo de Campinas – IAC**, 1998. 30 p. (Boletim Técnico, 168).

LIMA, A. A.; SEDIYAMA, M. A. N.; LIMA, L. A.; MELO, L. S.; ARAÚJO, R. A. C. Produção de alface em hidroponia com solução nutritiva mineral e biofertilizantes líquidos. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 25, n. 2, p. 84–89, 2021. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbeaa/a/4Vg8XqBfdsnYmSxfY4XWTYB/?lang=pt>. Acesso em: 04 ago. 2025.

MONTEIRO FILHO, A. F.; AZEVEDO, M. R. Q. A.; AZEVEDO, C. A. V.; SANTOS, A. N.; SANTOS, A. C. dos. Growth of hydroponic lettuce with optimized mineral and organomineral nutrient solutions. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 21, n. 3, p. 191–196, mar. 2017. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbeaa/a/Z8j4RbtbbfBQYLRgptwxfJL/?lang=en>. Acesso em: 04 ago. 2025.

OLIVEIRA, F. L.; CARVALHO, D. F.; SILVA, L. S.; LIMA, L. A. Eficiência de biofertilizantes na produção de alface em sistema hidropônico. **Horticultura Brasileira**, v. 37, n. 3, p. 293–298, 2019. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/hb/a/7Z7XnwcDzCmk4jRVc348yLk/?lang=pt>. Acesso em: 04 ago. 2025.

SANTOS, A. M.; VIEIRA, G. N.; LOPES, P. C.; NASCIMENTO, J. P. Comparação entre solução nutritiva mineral e composta por biofertilizante na produção hidropônica de alface. **Horticultura Brasileira**, v. 40, n. 1, p. 91–96, 2022. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/hb/a/tCvRpg7xxKrHqK7DD94FdFw/?lang=pt>. Acesso em: 04 ago. 2025.

SANTOS, R. S. S.; DIAS, N. S.; SOUSA NETO, O. N.; GURGEL, M. T. Uso do rejeito da dessalinização de água salobra no cultivo da alface (*Lactuca sativa* L.) em sistema hidropônico NFT. **Cadernos de Agricultura Tropical**, Cuiabá, v. 2, n. 1, p. 45–53, 2021. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/cagro/a/yWFxpHjV7j3fVCDxFSdjphD/>. Acesso em: 30 out. 2025.

SILVA, M. T.; ARAÚJO, L. P.; LIMA, L. A.; ARAÚJO, R. A. C.; SILVA, D. R. G. Cultivo hidropônico de alface sob diferentes soluções orgânicas. **Horticultura Brasileira**, v. 39, n. 3, p. 330–336, 2021. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/hb/a/yS7KZfBYWGn5kpKdSs4MJpb/?lang=en>. Acesso em: 04 ago. 2025.

SOUZA, S. V.; ALMEIDA, M. G.; OLIVEIRA, L. E. N.; SABBAG, O. J. Análise do crescimento de alface sob diferentes sistemas de cultivo. **Agricultura Familiar: Pesquisa, Formação e Desenvolvimento**, Dourados/MS, [s. l.], 2021. Disponível em: <https://periodicos.ufpa.br/index.php/agriculturafamiliar/article/view/8282>. Acesso em: 30 out. 2025.

ZEN, H. D.; BRANDÃO, J. B.; BREITENBACH, R. O sistema de inovação tecnológica da hidroponia no Brasil: uma revisão de literatura. **Extensão Rural**, v. 30, n. 1, p. 1-22, 2023. DOI: 10.5902/2318179666372.