



**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIAS E TECNOLOGIA DO
TOCANTINS - *CAMPUS* LAGOA DA CONFUSÃO
CURSO SUPERIOR DE ENGENHARIA AGRONÔMICA**

LUANDER DE SOUZA GOMES

**EFEITOS DA OMISSÃO DE MACRONUTRIENTES NO DESENVOLVIMENTO
DA ALFACE AMERICANA (*Lactuca sativa* L. var. capitata) EM SISTEMA
SEMI-HIDROPÔNICO**

**LAGOA DA CONFUSÃO
2025**

LUANDER DE SOUZA GOMES

**EFEITOS DA OMISSÃO DE MACRONUTRIENTES NO DESENVOLVIMENTO
DA ALFACE AMERICANA (*Lactuca sativa* L. var. capitata) EM SISTEMA
SEMI-HIDROPÔNICO**

Trabalho de conclusão de curso
apresentado à coordenação de Curso
Superior de Engenharia Agrônômica,
Campus Lagoa da Confusão, do
Instituto Federal do Tocantins, como
exigência à obtenção do título em
Engenharia Agrônômica.

Orientadora: Me. Franscianne Batista
de Araujo

LAGOA DA CONFUSÃO
2025

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Bibliotecas do Instituto Federal do Tocantins

G633e Gomes, Luander de Souza
Efeitos da omissão de macronutrientes no desenvolvimento da
alface americana (*Lactuca sativa* L. var. capitata) em sistema semi-
hidropônico / Luander de Souza Gomes. – Lagoa da Confusão, TO,
2025.
26 f.

Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia
Agrônoma) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia
do Tocantins, Campus Lagoa da Confusão, Lagoa da Confusão, TO,
2025.

Orientadora: Ma. Franscianne Batista de Araujo

1. Semi-hidroponico. 2. Alface. 3. Macronutrientes. I. Araujo,
Franscianne Batista de. II. Título.

CDD 630

A reprodução total ou parcial, de qualquer forma ou por qualquer meio, deste documento é autorizada para fins
de estudo e pesquisa, desde que citada a fonte.

Elaborado pelo sistema de geração automática de ficha catalográfica do IFTO com os dados fornecidos
pelo(a) autor(a).



Ministério da Educação
Secretaria de Educação Profissional e Tecnológica
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Tocantins
Reitoria
Campus Avançado Lagoa da Confusão
Coordenação do Curso Superior em Engenharia Agrônômica

FOLHA DE APROVAÇÃO

TÍTULO: “Efeitos da Omissão de Macronutrientes no Desenvolvimento da Alface Americana (*Lactuca sativa* L. var. *capitata*) em Sistema Semihidropônico”

AUTOR: Luander de Souza Gomes

ORIENTADORA: Me. Franscianne Batista de Araujo

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Tocantins, *Campus* Lagoa da Confusão, como parte das exigências para a conclusão do Curso de Bacharelado em Engenharia Agrônômica.

Professora Me. Franscianne Batista de Araujo
Orientadora

Dra. Kiahra Antonella
Avaliadora1

Dr. João Paulo de Oliveira Santos
Avaliador 2

Aprovado em 06 de Agosto de 2025.



Documento assinado eletronicamente por **Kiahra Antonella Coelho Pereira, Servidora**, em 06/08/2025, às 15:10, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **FRANSCIANNE BATISTA DE ARAUJO, Servidora**, em 06/08/2025, às 15:10, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **João Paulo de Oliveira Santos, Usuário Externo**, em 06/08/2025, às 15:11, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site http://sei.iftto.edu.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **2833664** e o código CRC **BEE85449**.

Rua 02, Quadra 05A, Lote 01, Setor Lagoa da Ilha — CEP 77.493-000 — Lagoa da Confusão/TO
portal.iftto.edu.br — reitoria@iftto.edu.br

Referência: Processo nº 23235.014807/2025-38

SEI nº 2833664

RESUMO

A alface (*Lactuca sativa* L.), pertencente à família Asteraceae, tem sua origem na Ásia sendo trazida para o Brasil pelos portugueses no século 16. É a hortaliça folhosa de maior consumo no país, apresentando bons teores em vitaminas A e C, e minerais como o ferro e o fósforo. O presente trabalho tem como objetivo identificar os efeitos da omissão dos macronutrientes no desenvolvimento da alface americana (*Lactuca sativa* L. var. capitata) cultivada em sistema semi-hidropônico. O experimento será conduzido na casa de vegetação no IFTO – Campus Lagoa da Confusão, Tocantins, Brasil. Será feito 7 tratamentos com 4 repetições, sendo eles: 1- solução nutritiva completa (N, P, K, Ca, Mg, S, B, Cl, Cu, Fe, Mn, Mo e Zn); 2- omissão de nitrogênio (-N); 3- omissão de fósforo (-P); 4- omissão de potássio (-K); 5- omissão de cálcio (-Ca); 6- omissão de magnésio (-Mg); 7- omissão de enxofre (-S). Com a realização desse experimento, espera-se a obtenção de dados que auxiliem na avaliação mais precisa dos efeitos que a deficiência nutricional específica de cada um dos macros causa no desenvolvimento da cultura da alface americana (*Lactuca sativa* L. var. capitata).

Palavras-chave: Alface; semi-hidropônico; omissão; *Lactuca sativa* L;

ABSTRACT

Lettuce (*Lactuca sativa* L.), belonging to the Asteraceae family, originated in Asia and was brought to Brazil by the Portuguese in the 16th century. It is the most widely consumed leafy vegetable in the country, with high levels of vitamins A and C, and minerals such as iron and phosphorus. The objective of this study is to identify the effects of macronutrient omission on the development of iceberg lettuce (*Lactuca sativa* L. var. capitata) grown in a semi-hydroponic system. The experiment will be conducted in the greenhouse at IFTO – Lagoa da Confusão Campus, Tocantins, Brazil. Seven treatments with four replicates will be performed, namely: 1- complete nutrient solution (N, P, K, Ca, Mg, S, B, Cl, Cu, Fe, Mn, Mo, and Zn); 2- omission of nitrogen (-N); 3- omission of phosphorus (-P); 4- omission of potassium (-K); 5- omission of calcium (-Ca); 6- omission of magnesium (-Mg); 7- omission of sulfur (-S). This experiment is expected to yield data that will aid in a more accurate assessment of the effects that the specific nutritional deficiency of each of the macronutrients causes on the development of iceberg lettuce (*Lactuca sativa* L. var. capitata).

Keywords: Lettuce; semi-hydroponic; omission; *Lactuca sativa* L;

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

N	Nitrogênio
P	Fosforo
K	Potássio
Ca	Calcio
Mg	Magnésio
S	Enxofre
B	Boro
Cl	Cloro
Cu	Cobre
Fe	Ferro
Mn	Manganês
Mo	Molibdênio
Zn	Zinco
DIC	Delineamento Inteiramente Casualizado
Mol L ⁻¹	Unidade de medida para a concentração molar

SUMÁRIO

1.INTRODUÇÃO.....	9
2.PROBLEMATIZAÇÃO.....	11
3.JUSTIFICATIVA.....	12
4.OBJETIVOS.....	13
4.1. Geral.....	13
4.2. Específicos.....	13
5.FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	13
5.1. Nutrição na alface.....	13
5.2. Sistema semi-hidropônico.....	14
5.3. Diagnóstico foliar.....	15
5.4. Deficiência Nutricional.....	16
6.METODOLOGIA DE EXECUÇÃO.....	17
6.1. Tratamento e delineamento experimental.....	17
6.2. Análises a serem realizadas.....	19
6.3. Análises estatísticas.....	19
7.RESULTADOS ESPERADOS.....	19
8.ORÇAMENTO.....	20
9.CRONOGRAMA.....	21
REFERÊNCIAS	21

1. INTRODUÇÃO

A alface (*Lactuca sativa* L.), pertencente à família Asteraceae, originária da Ásia foi trazida para o Brasil pelos portugueses no século XVI. É a hortaliça folhosa de maior consumo no país, devido seus teores de vitaminas A e C, e minerais como o ferro e o fósforo (Resende, 2015).

Essa hortaliça tem sido amplamente produzida no mundo todo, sendo uma cultura de ciclo rápido¹ e bastante explorada comercialmente (Silva *et al.*, 2023). Nos Estados Unidos e na Europa o modelo de produção de alface adotado depende da região, das condições climáticas e da disponibilidade de água e nutrientes, esses países apresentam características favoráveis de logística. Como no Brasil tais vantagens não são observadas, é necessário a produção próxima aos centros consumidores (Reis *et al.*, 2013).

A alface é consumida principalmente *in natura*, na forma de saladas cruas e ainda frescas, de modo que essa folhosa tem destaque no ponto de vista social, sendo cultivada tradicionalmente por pequenos produtores. (Resende *et al.*, 2018). Dentre as cultivares de alface produzidas atualmente, destaca-se a alface americana (*Lactuca sativa* L. var. capitata), que busca atender principalmente as redes de fast foods (Yuri *et al.*, 2017). Essa cultivar apresenta vantagens em relação às outras, principalmente na pós-colheita, uma vez que apresenta maior resistência ao transporte e manuseio, garantindo uma melhor conservação (Embrapa, 2009).

Plantio em sistema solo, semi-hidropônico e hidropônico são as três formas de produção da alface, sendo que o primeiro pode estar presente em céu aberto ou cultivo protegido (Chesini, 2023). Das hortaliças vendidas para o mercado consumidor, grande parte vem de cultivos realizados em campo aberto, por meio de técnicas tradicionais. O plantio pode ser feito no solo, contando com estruturas de proteção como telas de sombreamento.

A hidroponia consiste em um sistema de cultivo, em que as plantas não utilizam o solo, e a nutrição é feita por meio de uma solução aquosa que contém os nutrientes essenciais para o seu crescimento (Maia, 2014). A solução nutritiva é um fator fundamental para o sucesso do cultivo hidropônico, a sua escolha deve ser formulada de acordo com o requerimento nutricional da espécie que se

¹ O ciclo da alface pode variar de 45 a 90 dias dependendo das condições de cultivo.

deseja produzir, ou seja, conter em proporções adequadas, todos os nutrientes essenciais para o seu crescimento (Faquim *et al.*, 1996).

No cultivo semi-hidropônico, também chamado de cultivo em substrato, geralmente se utilizam soluções nutritivas completas, típicas da hidroponia, para fornecer todos os nutrientes necessários ao desenvolvimento das plantas, com o auxílio de substratos inerentes (fibra de coco, vermiculita, perlita, casca de arroz carbonizada, areia etc.), geralmente considera-se que o substrato não fornece quantidade significativa de nutrientes, atuando somente como sustentação e reserva de água (Ilha, 2013). As vantagens da utilização desse sistema, assim como da hidroponia está relacionado ao controle detalhado das condições de desenvolvimento das plantas, permitindo monitorar os fatores que mais influenciam seu crescimento (Tellez, 2023).

Em hortaliças folhosas, como a alface, a absorção de nutrientes é lenta durante a primeira metade do ciclo de cultivo, os índices de absorção de nutrientes aceleram conforme se aproxima a fase final, à colheita (Papadopoulos, 1999). Atender às exigências nutricionais da alface é fator fundamental para a produção, tanto no que se refere à quantidade quanto à sua qualidade. (Bernardi *et al.*, 2005). A quantidade de nutrientes disponíveis para o cultivo da alface é um fator que apresenta uma grande influência na qualidade do produto, essa disponibilidade afeta a produção de sementes e a concentração desses nutrientes na produção de matéria seca (Kano; Cardoso; Bôas, 2010).

Com relação a nutrição mineral da alface, um dos elementos essenciais exigidos pela planta é o potássio (K), a assimilação adequada desse nutriente aumenta a produtividade e melhora a qualidade da produção (IPI, 2013). Outro nutriente extremamente importante para o cultivo da alface é o magnésio (Mg), a deficiência de magnésio não afeta apenas a qualidade da produção, mas também reduz a absorção de íons, comprometendo as sementes. A falta de magnésio pode ser problemática desde as fases iniciais de produção (Geng *et al.* 2021).

O presente trabalho tem como objetivo avaliar os efeitos da omissão de macronutrientes no desenvolvimento da cultura da alface americana (*Lactuca sativa* L. var. capitata) cultivada em sistema semi-hidropônico.

2. PROBLEMATIZAÇÃO

No Brasil, o setor produtivo da alface encontra diversos desafios para o cultivo, que variam de acordo com a região, condições ambientais e práticas para o estabelecimento da cultura. Entre os fatores que dificultam a produção da alface no país destacam-se a suscetibilidade à pragas e doenças, a fertilidade do solo, a falta de manejo adequado, o custo da produção, o rendimento da cultura, a variação do preço no mercado, problemas com o armazenamento e o transporte, além da dificuldade para a adoção de novas tecnologias que podem auxiliar na incorporação da cultura.

Grande parte da produção da alface no país vem de pequenos agricultores da agricultura familiar, que utilizam a cultura como forma de renda, esses também enfrentam algumas dificuldades para o estabelecimento e a manutenção da cultura em suas propriedades, obstáculos como a desinformação sobre novos métodos de cultivo, às limitações sobre uso de novas tecnologias, dificuldades no manejo do solo, falta de acesso à semente e insumos de qualidade, falta de infraestrutura e a dificuldade de acesso às políticas públicas, interferem diretamente na forma em que esses pequenos produtores lidam com a produção da alface.

Dentre esses pontos, destaca-se a necessidade nutricional da cultura, visto que para garantir que a planta receba esses nutrientes da forma e na quantidade adequada, é necessária a realização da análise do solo, identificando assim a necessidade de calagem e adubação. Assim como descreve Fonseca, Neto e Lang (2025), a cultura da alface demanda uma quantidade significativa de nutrientes (N, P, Ca e Mg), por conta do seu ciclo curto, tornando essencial a aplicação de adubos capazes de atender às necessidades nutricionais da planta.

Ter o conhecimento da quantidade de nutrientes acumulados na planta, em cada estágio do seu desenvolvimento, fornece informações importantes que podem auxiliar na recomendação de adubação da cultura. Levando em consideração o fato de que as curvas de absorção refletem o que a planta necessita, e não o que deveria ser aplicado, uma vez que a eficiência de aproveitamento dos nutrientes é variável segundo as condições climáticas, o tipo de solo, o sistema de irrigação, o sistema de manejo, entre outros fatores. Essas curvas auxiliam recomendação de adubação, principalmente na quantidade dos

nutrientes que devem ser aplicados nos distintos estádios fisiológicos da cultura (Villas, 2001).

A compreensão da nutrição, o comportamento durante o crescimento e o desenvolvimento dessa cultura é fundamental para recomendar a aplicação dos nutrientes de maneira eficaz, buscando atingir sua máxima capacidade produtiva.

3. JUSTIFICATIVA

A deficiência nutricional na alface (*Lactuca sativa* L.) afeta o seu desenvolvimento e a sua produtividade, o que acarreta no aumento do custo final de produção e distribuição. A identificação da causa dessa deficiência se faz importante para o aconselhamento ao produtor de quais passos deve-se seguir para que o produto final esteja apto à comercialização e ao consumo.

O conhecimento dos efeitos causados pela falta de nutrientes específicos na cultura da alface traz benefícios para o cultivo, permitindo que o agricultor utilize o manejo de forma mais eficiente. A redução dos insumos utilizados durante o estabelecimento da cultura, como fertilizantes, defensivos e maquinários é um dos fatores que reduz perdas de produção, além disso a compreensão das consequências causada pela carência de qualquer um dos macronutrientes válida a redução desses insumos.

Fazer a identificação dos sintomas por meio da diagnose foliar é recomendável pois dependendo da época de detecção é possível revertê-la ou corrigi-la, equilibrando as condições nutricionais da planta e minimizando o prejuízo. Na diagnose foliar, as folhas são coletadas e passam por análises laboratoriais para determinar as necessidades e ajustes que deverão ser realizados. Esse processo é necessário pois indica quais os nutrientes a planta estão conseguindo absorver.

O princípio do sistema hidropônico é o desenvolvimento de plantas sem o uso do solo, de modo que o crescimento da planta ocorra com o uso de uma solução nutritiva em contato direto com as raízes. A utilização desse sistema é comum hortaliças e leguminosas, e vantajoso pois permite driblar as mudanças climáticas e a degradação do solo, além de permitir um uso mais racional da água que pode ser reaproveitada. O sistema hidropônico permite um cultivo em

larga escala, mas também permite que pequenos espaços se tornem aptos para cultivo.

O cultivo da alface na região do Tocantins, assim como nos demais Estados está entrelaçado com a agricultura familiar. A distribuição da alface no Estado se faz por meio de pequenas hortas que abastecem os mercados, bancas e feiras. Isso gera emprego e renda para pequenos produtores. O estudo de técnicas de manejo mais eficiente se faz necessário para auxiliar esses produtores na hora do cultivo da alface.

4. OBJETIVOS

4. 1. Geral

Identificar os efeitos da omissão dos macronutrientes no desenvolvimento da cultura da alface americana (*Lactuca sativa* L. var. capitata) cultivada em sistema semi-hidropônico.

4. 2. Específicos

1. Analisar os sintomas causados pela deficiência de nutrientes específicos na cultura;
2. Avaliar os efeitos causados pela omissão dos macronutrientes em parâmetros como crescimento de planta, número de folhas e diâmetro de planta;
3. Comparar as diferenças apresentadas entre as plantas com deficiência dos nutrientes e plantas com o manejo ideal;

5 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

5.1 Nutrição da Alface

Para a disponibilização correta dos nutrientes, o conhecimento sobre a nutrição, o comportamento durante o crescimento e o desenvolvimento da alface são de suma importância para garantir a máxima capacidade produtiva (Guimrães *et al.*, 2019). Levando em consideração o fato de que o excesso e a

deficiência de nutrientes podem causar danos graves e a perda de produtividade, um diagnóstico seguro do estado nutricional é essencial para o manejo da cultura (Silva, 2021).

Um diagnóstico preciso do estado nutricional da planta pode não apenas impedir essa perda, como também servir de base para o uso racional de suplementos nutricionais. Como resultado, o desperdício de recursos é evitado e os impactos ambientais são reduzidos (Barbedo, 2019). Em relação aos nutrientes necessários a alface, fertilizante químicos, organominerais e biofertilizantes são os mais recomendáveis dentre diversas matérias primas. O fertilizante mineral apresenta alta solubilidade e, conseqüentemente, liberação rápida de nutrientes às plantas, motivo pelo qual vem sendo amplamente utilizado (Silva *et al.*, 2020).

Potenciais perdas de Nitrogênio (N) por lixiviação e volatilização; Fosforo (P) por fixação e adsorção e Potássio (K) por lixiviação são reduzidas pela liberação mais lenta desses nutrientes, o que por sua vez potencializa o crescimento das plantas perante o fornecimento eficiente dos nutrientes (Silva *et al.*, 2020). Alguns estudos mostram que a utilização desses fertilizantes resulta em uma alface mais vigorosa, com maior teor de clorofila e melhor conservação pós-colheita, aspectos estes que são fundamentais para o mercado consumidor (Fernandes *et al.*, 2020).

5.2 Sistema semi-hidropônico

O sistema semi-hidropônico pode ser definido como uma técnica de cultivo que não utiliza o solo como meio de desenvolvimento para as plantas. Com isso, pequenas quantidades de substrato são depositadas em lonas, tubos de polímeros ou outras estruturas que são internamente ou superficialmente irrigadas de forma que a água circule por todas as plantas. Essas estruturas ficam suspensas em suportes de madeira ou metais, possibilitando que os vegetais fiquem longe do solo, o que traz diversos benefícios, principalmente na prevenção de pragas e doenças (Abreu *et al.*, 2023).

A nutrição das plantas fica por conta de soluções que contém os nutrientes necessários para o desenvolvimento. Esse sistema apresenta algumas vantagens, como maior produtividade, melhor uso do espaço, maior qualidade do produto, melhor planejamento da produção, encurtamento dos ciclos de cultivo e eliminação das perdas de nutrientes. Já as desvantagens incluem o alto custo de implantação e a exigência de nível tecnológico maior (Martinez, 2021).

Grande parte das orientações para a formulação de soluções nutritivas traz como fonte de nitrogênio preferencial o nitrato (NO_3^-), pois diferente do que ocorre no solo, na hidroponia a nitrificação do amônio (NH_4^+) se caracteriza como insignificante devido à menor presença de microrganismos nitrificadores. O resultado dessa condição é uma elevada taxa de NH_4^+ , que pode causar toxicidade nas plantas (Martinez, 2021). De acordo com Oliveira *et al.*, (2022), a inoculação de plantas com microrganismos como fungos e bactérias pode melhorar a produtividade, e a nutrição reduzindo a concentração do nitrato nas folhas das plantas cultivadas em sistemas hidropônicos ou semi-hidropônicos.

No solo ocorre um equilíbrio entre as fases sólida e líquida devida a uma frequente troca de íons dos colóides entre elas. Assim à medida que o solo libera íons da fase sólida para a líquida, as plantas absorvem os minerais. Já nos sistemas hidropônicos, isso não acontece, pois os minerais são acrescentados na solução pelos adubos solúveis e a reposição é feita conforme a condutividade. Nesse caso, faz-se necessário o monitoramento e ajuste frequente do pH e da condutividade elétrica da solução nutritiva em cultivos hidropônicos (Martinez, 2021).

5.3 Diagnóstico foliar

Uma das formas mais eficientes de avaliar o estado nutricional de uma planta é através do monitoramento por métodos padronizados de coleta de partes das plantas que representam o seu estado nutricional, permitindo maior intervenções no manejo, sem perdas na produção. O uso adequado desse modelo de análise requer a compreensão das relações entre o crescimento vegetal e a concentração de minerais nas amostras de tecido da planta (Taiz *et al.*, 2017).

O referido procedimento, intitulado de diagnose vegetal, tem o objetivo de identificar o estado nutricional da planta, através da análise química de um tecido vegetal mais sensível em demonstrar as variações dos nutrientes, ou seja, na maioria das vezes é a folha (Brasil *et al.*, 2020).

Para identificarmos se a planta está ou não bem nutrida fazemos o uso da análise foliar, que análise consiste na determinação dos níveis dos diferentes nutrientes em tecidos vegetais, principalmente na parte aérea recém-formada. Visto que estes órgãos refletem melhor o estado nutricional da planta em determinada condição de solo, clima e manejo para a cultura, identificando casos de deficiência e toxicidade. A análise permite ainda distinguir sintomas provocados por agentes patogênicos, daqueles decorrentes por nutrição inadequada. Ou seja, ela corrobora a análise química do solo (Guedes *et al.*, 2025).

O estudo da diagnose foliar se utiliza de amostragens foliares com procedimentos para coleta e análises que seguem metodologias padronizadas, com a lavagem das folhas para retirar os particulados presentes na superfície foliar (Costa *et al.*, 2022).

Para a realização da análise visual se faz necessária uma análise criteriosa de fatores bióticos e abióticos que possam alterar o estado nutricional da planta ou induzir padrões de danos similares à deficiência e toxidez de nutrientes. Sendo assim, variações bruscas de temperatura, textura do solo, reações entre misturas de produtos fitossanitários, ataque de pragas e doenças etc., devem ser considerados na análise de diagnose visual (Mello E Mendonça, 2017).

O diagnóstico visual é de grande importância prática porque pode ser utilizado como uma ferramenta adicional para o manejo da adubação, considerando que ela reflete os desequilíbrios nutricionais (Teixeira *et al.*, 2021). É importante atender a demanda nutricional da cultura para que haja uma melhora na qualidade visual e nutricional, o sabor dos vegetais (Prado, 2020).

5.4 Deficiência nutricional

De acordo com Filho (2020), diversos fatores influenciam a disponibilidade de nutrientes para as plantas, refletindo na sua composição mineral. Alguns desses são inerentes à planta, como espécie vegetal, órgão amostrado, idade fisiológica e potencial de produção. Outros por sua vez são de natureza ambiental, relacionados a parâmetros de solo, clima, manejo nutricional e de cultivo, pragas e doenças. Na ocorrência de desequilíbrio nutricional no solo, a planta apresenta de imediato, por meio de respostas bioquímicas e fisiológicas, sintomas visuais, principalmente em folhas.

Os sintomas de deficiências nutricionais tendem a ficar localizados em três padrões principais: folhas jovens, folhas mais maduras ou ao longo de toda a planta. As funções dos nutrientes no metabolismo são as mesmas em todas as plantas, sendo elas cultivadas ou não. Desta forma, a carência ou excesso de um determinado nutriente induz o aparecimento de sintomas visuais, com padrões básicos para todas as plantas, porém com características específicas para cada espécie vegetal (Filho, 2020).

6 METODOLOGIA DE EXECUÇÃO

O experimento será conduzido na casa de vegetação no IFTO – *Campus* Lagoa da Confusão, Tocantins, Brasil, entres os meses de junho a setembro, onde de acordo com a classificação de Koeppen, o clima local é Aw (clima tropical, com inverno seco);

6.1 Tratamento e delineamento experimental

Os tratamentos serão constituídos pelo fornecimento da solução de Hoagland e Arnon (1950), solução nutritiva completa (N, P, K, Ca, Mg, S, B, Cl, Cu, Fe, Mn, Mo e Zn); omissão de nitrogênio (-N); omissão de fósforo (-P); omissão de potássio (-K); omissão de cálcio (-Ca); omissão de magnésio (-Mg); omissão de enxofre (-S), como observado na Tabela 1. O delineamento experimental utilizado será o delineamento inteiramente casualizado (DIC), com quatro repetições.

Tabela 1: Composição da solução nutritiva completa (SC) e das soluções nutritivas com omissão (-) individual de nitrogênio (-N), fósforo (-P), potássio (-K), cálcio (-Ca), magnésio (Mg) e enxofres (S) a ser usada no experimento.

Nutriente	CS	-N	-P	-K	-Ca	-Mg	-S
	----- $\mu\text{mol L}^{-1}$ -----						
N	15	-	15	15	15	15	15
P	1	1	-	1	1	1	1
K	6	6	6	-	6	6	6
Ca	5	5	5	5	-	5	5
Mg	2	2	2	2	2	-	2
S	2	2	2	2	2	2	-

Concentração para 100% de força iônica. Fontes usadas para o fornecimento dos nutrientes: N: KNO_3 , $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ e NH_4NO_3 ; P: KH_2PO_4 ; K = KH_2PO_4 , KNO_3 e KCl ; Ca: $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ e CaCl_2 ; Mg e S: $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$; Mn: MnCl_2 ; B: H_3BO_3 ; Zn: ZnCl_2 ; Cu: CuCl_2 ; Fe: EDDHMA/Fe (6% Fe); Mo: $\text{H}_2\text{MoO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$.

Para o plantio, serão utilizadas sementes de alface americana brancas, sem nenhum tipo de tratamento. O plantio será feito em placas de espuma fenólica e com 7 a 10 dias após a semeadura as plantas serão transplantadas para potes de plástico de 700ml preenchidos com perlita.

Os potes terão orifícios no fundo e serão colocados em bandeja de plástico contendo solução nutritiva, e por capilaridade, a solução atingirá as raízes das plantas. A capilaridade nas raízes das plantas funciona devido às forças de adesão e coesão da água, que permitem que esta suba através dos finos vasos condutores do xilema, presentes nas raízes e transportando a seiva bruta contra a gravidade para o resto da planta.

Após o transplante, as plantas serão cultivadas com a solução completa contendo todos os nutrientes por um período de 14 dias. Após esse período de adaptação, às omissões dos nutrientes serão impostas e as plantas serão cultivadas até o surgimento dos sintomas de deficiência característicos de cada nutriente.

A fonte de ferro será modificada sendo utilizada a forma quelatizada (Fe-EDDHMA), assim, o ferro permanece em uma forma solúvel podendo ser facilmente absorvida pela planta. A concentração dos nutrientes da solução

nutritiva será mantida em 10% durante a primeira semana de cultivo, sendo a cada semana aumentada em 10% até uma concentração de 50% da quarta semana até o final do experimento. O valor pH da solução nutritiva será ajustado para $5,5 \pm 0,2$ usando soluções de ácido clorídrico ou hidróxido de sódio, ambos a $1,0 \text{ mol L}^{-1}$, a medição do pH será feita periodicamente com o auxílio de um medidor de pH eletrônico.

6.2 Análises a serem realizadas

As análises feitas nas plantas de alface envolverão o número de folhas, colmo da planta medido por paquímetro, massa fresca da parte aérea e massa seca da parte aérea, assim como características visuais como cor, formato e textura das folhas.

A massa seca da parte aérea será obtida em estufa de circulação a 60 graus Célsius, com duração de 24 horas até o peso constante (Serafim *et al.*, 2023).

6.3 Análises estatísticas

Os dados serão submetidos à análise de variância pelo teste F e comparação de médias pelo teste Tukey². Os testes estatísticos serão realizados utilizando o ambiente de software livre R.

7 RESULTADOS ESPERADOS

Com a realização desse experimento espera-se a obtenção de dados que auxiliem na avaliação mais precisa dos efeitos que a deficiência nutricional específica de cada um dos macros causa no desenvolvimento da cultura da alface americana (*Lactuca sativa* L. var. capitata), assim também como quais são os defeitos visuais causados pela falta dos nutrientes necessários para o

² O Teste de Tukey é usado em estatística para realizar comparações múltiplas entre médias de grupos, especificamente após a análise de variância (ANOVA) indicar que existem diferenças significativas entre pelo menos três grupos.

desenvolvimento. Com isso, espera-se que os resultados dessa pesquisa colaborem para a instalação de hortas de alface com uma maior qualidade nutricional, e que os dados obtidos se tornem vantajosos para os pequenos produtores no desenvolvimento da cultura.

8 ORÇAMENTO

A estimativa de gastos, referente a esse experimento, abrange desde a aquisição das sementes até as etapas de manutenção e avaliações, os materiais não especificados no orçamento como bandejas e estruturas de suporte serão cedidos pelo instituto.

Tabela 2: Orçamento do projeto.

Descrição	Natureza	Quantidade	Valor unitário (R\$)	Valor Total (R\$)
Semente de alface americana Grandes Lagos Feltrin Golden 5g	Pct	3	6,25	18,75
Espuma Fenólica Hidroponia 1,9x1,9x2	Cx	1	199,9	199,9
Perlita Expandida Para Cultivo	Pct	1	49,99	49,99
Pote de plástico Redondo 700ml	Kit	2	28,53	57,06
Medidor de pH eletrônico - Breja Box	Und	1	309,90	309,90
Nitrato de potássio (KNO_3)	Pct	1	390	390
Nitrato de cálcio ($Ca(NO_3)_2$)	Und	5	60,78	303,9
Nitrato de amônio (NH_4NO_3)	Pct	2	93,9	187,8
Fosfato de potássio (KH_2PO_4)	Und	2	47,96	95,92
Cloreto de cálcio ($CaCl_2$)	Und	2	32	64
Cloreto de potássio (KCl)	Und	2	102	204
Cloreto de zinco ($ZnCl_2$)	Und	1	42,39	42,39
Cloreto de cobre ($CuCl_2$)	Und	1	160,1	160,1
Cloreto de manganês ($MnCl_2$)	Und	1	119,46	119,46
Sulfato de magnésio ($MgSO_4$)	Und	2	38,7	77,4
Ácido bórico (H_3BO_3)	Pct	1	23,5	23,5
Ácido clorídrico (HCL)	Und	1	34,92	34,92
ácido molíbdico monoidratado ($H_2MoO_4.H_2O$)	Und	1	227,84	227,84

Fe quelatado (Fe- EDDHMA)	Pct	2	90	180
TOTAL				2.746,83

Fonte: Autor, 2025.

9 CRONOGRAMA

Quadro 1: Cronograma de execução.

ATIVIDADES	Ano 2025					
	IV	V	VI	VII	VIII	IX
Definição do tema para pesquisa	X					
Revisão da literatura	X	X	X	X	X	X
Elaboração do projeto de pesquisa	X	X				
Apresentação do projeto de pesquisa para banca avaliadora			X			
Instalação do projeto			X			
Desenvolvimento do projeto			X	X	X	X
Análise dos dados e resultados				X	X	X

Fonte: Autor, 2025.

REFERÊNCIAS

ABREU, F.F de *et al.* Construção de sistema semi hidropônico e composteira em comunidade rural do sertão paraibano. **Revista Práxis: saberes da extensão**. João Pessoa, v. 11, n. 23, p. 24-36, 2023. DOI:10.18265/2318-23692023v11n23p24-36 Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/376934889_CONSTRUCAO_DE_SISTEMA_SEMI_HIDROPONICO_E_COMPOSTEIRA_EM_COMUNIDADE_RURAL_DO_SERTAO_PARAIBANO. Acesso em: 12/07/2025.

BARBEDO, J.G.A. Detection of nutrition deficiencies in plants using proximal images and machine learning: A review. **Computers and Electronics in Agriculture**, v. 162, p. 482-492. review2019. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/332819792_Detection_of_nutrition_de

ficiencias_in_plants_using_proximal_images_and_machine_learning_A_. Acesso em: 20/07/2025.

BERNARDI, A. C. C.; BERNARDI, M. R. V.; WERNECK, C. G.; HAIM, P. G.; MONTE, A. B. M. **Avaliação quantitativa e qualitativa de alface cultivada em sistema zeopônico**. Circular Técnica 23. Rio de Janeiro: EMBRAPA, p. 1-11, 2005. Disponível em: <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/338515>. Acesso em: 13/07/2025.

BRASIL, EC; Cravo, M.S & Viégas, I.J.M. **Recomendações de calagem e adubação para o estado do Pará**. 2. ed. Brasília, DF: Embrapa. 2020. 419p. Disponível em: <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/1125022>. Acesso em: 25/07/2025.

CHESINI, L.S. **Diferentes sistemas de cultivo na cultura da alface**. IFRS, Bento Gonçalves. 2023.

COSTA, A. *et al.* Fertilidade de solos de cinturão verde em ambientes industriais. 2022. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/359606720_FERTILIDADE_DE_Solos_DE_CINTURAO_VERDE_EM_AMBIENTES_INDUSTRIAIS. Acesso em: 15/06/2025.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA- Embrapa. **Tipos de alface cultivados no Brasil**. Brasília, DF: Embrapa Hortaliças, 2009. 7p. Disponível em: <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/783588> Acesso em: 12/07/2025.

FAQUIN, V; FURTINI NETO, A.E.; VILELA, L.A.A. Produção de alface em hidroponia. Lavras: UFLA, 1996. 50 p. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbeaa/a/mQbYtvMXRCMTp9wgkh3vMRR/?lang=pt>. Acesso em: 10/07/2025.

FERNANDES, P. H, *et al.* Uso de fertilizantes organominerais fosfatados no cultivo da alface e de milho em sucessão. **Brazilian Journal of Development**, 6, (6), 1-14, 2020. Disponível em: <https://ojs.brazilianjournals.com.br/ojs/index.php/BRJD/article/view/11735>. Acesso em: 16/07/2025.

FILHO, O.F.L. **Desordens nutricionais em plantas**. Dourados, MS. Embrapa Agropecuária Oeste, abril, 2020. 20p. Disponível em: <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/1122027>. Acesso em: 16/07/2025.

FONSECA, J.P.C.A; NETO, J.M.C; LANG, M.C. desenvolvimento da cultura do alface sob diferentes doses de adubo organomineral. **Revista Scientia Rural**, v. 28, n. 2, p. 13, 2025. Disponível em:

<https://revistas.icesp.br/index.php/Real/article/view/5171>. Acesso em: 20/07/2025.

GENG, G. et al. Effect of magnesium fertilization on seed yield, seed quality, carbon assimilation and nutrient uptake of rapeseed plants. **Field Crops Research**, v. 264. p. 108082, 2021. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/349111055_Effect_of_magnesium_fertilization_on_seed_yield_seed_quality_carbon_assimilation_and_nutrient_uptake_of_rapeseed_plants. Acesso em: 19/07/2025.

GUEDES, Ítalo Morais Rocha *et al.* Embrapa. “**diagnose foliar**”. 2022. Disponível em: <https://www.embrapa.br/agencia-de-informacaotecnologica/cul%20tivos/cenoura/producao/manejo-do-solo/analise-do-solo/adubacao-enutricao/dia%20gnose-foliar>. Acesso em: 30 de julho de 2025.

GUIMARÃES NR, *et al.* Adubação Nitrogenada Na Produção De Rúcula. **Ipê Agronomic Journal** 3: 44-55, 2019. Disponível em: <https://anais.unievangelica.edu.br/index.php/ipeagronomicjournal/article/view/5471>. Acesso em: 16/07/2025.

HOANGLAND, D.R. & Arnon, D.I. **The water-culture method for growing plants without soil**. The College of Agriculture University of California, Berkeley, 1950. Disponível em: <https://www.scirp.org/reference/referencespapers?referenceid=1850958>. Acesso em: 11/07/2025.

ILHA, L. H. **Produção de morango semi-hidropônico**. In: SEMINÁRIO BRASILEIRO SOBRE PEQUENAS FRUTAS, 7., Vacaria, 2013. Curso. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/>. Acesso em: 22/07/2025.

KANO, Cristiaini; CARDOSO, Antonio Ismael Inácio; BÔAS, Roberto L Villas. Influencia de doses de potássio nos teores de macronutrientes em plantas e sementes de alface. **Horticultura Brasileira**, v. 28, n. 3, p.387-391, ago. 2010. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/hb/a/vkSkQDKxwHS9tTY3kdzp83B/?format=html&lang=pt>. Acesso em: 16/07/2025.

MAIA, J. T. L. S. *et al.* Plantas medicinais em hidroponia: uma revisão de literatura. **Revista Bionorte**, v. 3, n. 1, 2014. Disponível em: <https://revistabionorte.com.br/>. Acesso em: 13/07/2025.

MARTINEZ, H.E.P. **Manual Prático de Hidroponia**. 4. ed. Viçosa: Aprenda Fácil, 294 p. 2021. Disponível em: <https://livraria.funep.org.br/product/manual-pratico-de-hidroponia-4a-edicao/>. Acesso em: 17/07/2025.

MELLO, S da C; MENDONÇA, J.A. **Nutrição de Olerícolas**. Curitiba: SENAR-PR. – 80 p. 2017. Disponível em: <https://www.sistемаfaep.org.br/>. Acesso em: 12/07/2025.

OLIVEIRA, C.E da S, et. Leaf inoculation of *Azospirillum brasilense* and *Trichoderma harzianum* in hydroponic arugula improve productive components and plant nutrition and reduce leaf nitrate. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 52, n. 1, p. 1-11, ago. 2022. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/pat/a/zHFFcfMjyzJYNzRNH7pXnWC/?format=html&lang=en>. Acesso em: 22/07/2025.

PAPADOPOULOS I. **Tendências da fertirrigação**. In: FOLEGATTI MV. (coord). *Fertirrigação: citrus, flores e hortaliças*. Guaíba: Agropecuária. 1999 p. 11-155. Disponível em: <https://repositorio.usp.br/item/001055692>. Acesso em: 14/07/2025.

PRADO, R. de M. **Nutrição de Plantas**, 2a ed. Unesp. São Paulo. 2020. Disponível em: <https://editoraunesp.com.br/catalogo/9788539308248,nutricao-de-plantas-2-edicao>. Acesso em: 06/07/2025.

REIS, A. M . *et al.* **Competição de cultivares de alface crespa**. JORNADA CIENTÍFICA DA EMBRAPA HORTALIÇAS, 3., Brasília, DF: Embrapa Hortaliças, 2013. Disponível em: <http://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/974916>. Acesso em: 08/07/2025.

RESENDE, G. M.; YURI, J. E.; COSTA, N. D. **Cultivo de alface-crespa no Submédio do Vale do São Francisco**. Instruções Técnicas da Embrapa Semiárido, Petrolina, 2018. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1092024/cultivo-de-alface-crespa-no-submedio-do-vale-do-sao-francisco>. Acesso em: 06/07/2025.

RESENDE, G. M. de. *et al.* **Alface**: qual cultivar?. Embrapa Semiárido. v. 13, n. 90, p. 9-11, 2015. Disponível em: <http://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/1013085> Acesso em: 22/07/2025.

SERAFIM, V. C.; MARTINS, D. C.; dos S. Avaliação do desenvolvimento de cultivares de alface nas diferentes estações do ano no município de Santa Fé do Sul–São Paulo. **Brazilian Journal of Development**, v. 9, n. 9, p., 2023. Disponível em: <https://ojs.brazilianjournals.com.br/ojs/index.php/BRJD/article/view/62698>. Acesso em: 27/07/2025.

SILVA, M. F. de. *et al.* Manejo e tratos culturais na cultura do alface. In: Melo, Júlio Onésio Ferreira. **CIÊNCIAS AGRÁRIAS: limites e potencialidades em pesquisa**. ed. 1: **Científica digital**. vol. 3, cap 6, 87-99. 2023. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/375056452_MANEJO_E_TRATOS_CULTURAIS_NA_CULTURA_DA_ALFACE. Acesso em: 23/07/2025.

SILVA, P. H. S. **Diagnóstico nutricional da rúcula para nitrogênio com processamento digital de imagens**. Tese (Doutorado em Agronomia) -

Universidade Estadual Paulista *Câmpus* de Jaboticabal. São Paulo. p. 70.
2021. Disponível em: Acesso em:

SILVA, R. C. D. da, *et al.* Phosphate Organomineral Fertilizer Usage Compared to Mineral Phosphate in Corn Cultivation. **Journal Of Agricultural Science**, [S.L.], v. 12, n. 7, p. 92, 2020. Disponível em:
https://www.researchgate.net/publication/342273756_Phosphate_Organomineral_Fertilizer_Usage_Compared_to_Mineral_Phosphate_in_Corn_Cultivation.
Acesso em: 22/07/2025.

TAIZ L, *et al.* **Plant physiology and development**. 6. ed. Oxford University Press. Massachusetts. 2017. Disponível em:
https://sirsyedcollege.ac.in/crm/public/uploads/download_image/H8aTDrHeKuTogISO7SE1r80gjP2dmU.pdf. Acesso em: 15/07/2025.

TEIXEIRA, G.C.M., *et al.* Nutritional deficiency in scarlet eggplant limits its growth by modifying the absorption and use efficiency of macronutrients, Plos One 16(6): e0252866. 2021DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0252866>.
Disponível em:
<https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0252866>. em: 21/07/2025.

TELLEZ, Hayver Olaya; PUTTI, Fernando Ferrari; BÔAS, Roberto Lyra Villas. Concentração de nutrientes na cultura da alface hidropônica tratada com pulsos elétricos de baixa frequência. **IRRIGA**, Botucatu, v. 28, n. 2, p. 427-438, 2023. DOI: <http://dx.doi.org/10.15809/irriga.2023v28n2p427-438>. Disponível em: <https://revistas.fca.unesp.br/index.php/irriga/article/view/4680>. Acesso em: 22/07/2025

YURI, JE; *et al.* Desempenho agronômico de genótipos de alface americana no Submédio do Vale do São Francisco. **Horticultura Brasileira** 35: 292-297. 2017. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-053620170222>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/hb/a/W6pk9TvpXDr47GT3GYJCtss/?lang=pt>. Acesso em: 24/07/2025.