

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO CIÊNCIA E TECNOLOGIA  
DE MINAS GERAIS - *CAMPUS* SÃO JOÃO EVANGELISTA  
BACHARELADO EM AGRONOMIA

Fernando Figueiredo Cunha

**SUBSTRATOS ALTERNATIVOS APLICADOS À PRODUÇÃO DE MUDAS DE  
ALFACE**

São João Evangelista

2025

FERNANDO FIGUEIREDO CUNHA

**SUBSTRATOS ALTERNATIVOS APLICADOS À PRODUÇÃO DE MUDAS DE  
ALFACE**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao  
Curso de Bacharelado em Agronomia do Instituto  
Federal de Minas Gerais – *Campus* São João  
Evangelista para obtenção do grau de bacharel em  
Agronomia.

Orientador: Alisson José Eufrásio de Carvalho.

São João Evangelista

2025

---

C972s Cunha, Fernando Figueiredo.  
Substratos alternativos aplicados à produção de mudas de alface/  
Fernando Figueiredo Cunha– 2025.  
30f.: il.

Orientador: Dr. Alisson José Eufrásio de Carvalho.  
Trabalho de Conclusão de Curso (bacharelado em Agronomia) –  
Instituto Federal Minas Gerais. *Campus* São João Evangelista, 2025.

1. Hortaliça. 2. *Lactuca sativa* L. 3. Mudas de qualidade. 4.  
Sustentabilidade. I. Cunha, Fernando Figueiredo. II. Instituto Federal  
de Minas Gerais *Campus* SJE. III. Título.

CDD 631.4

---

Catálogo: Esther Soares Cunha - CRB-6/4333


Fernando Figueiredo Cunha

**SUBSTRATOS ALTERNATIVOS APLICADOS À PRODUÇÃO DE MUDAS DE  
ALFACE**


Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao  
Curso de Bacharelado em Agronomia do Instituto  
Federal de Minas Gerais – *Campus* São João  
Evangelista para obtenção do grau de bacharel em  
Agronomia.

Orientador: Alisson José Eufrásio de Carvalho.


Aprovada em 03/11/ 2025 pela banca examinadora:

Documento assinado digitalmente  
 ALISSON JOSE EUFRASIO DE CARVALHO  
Data: 11/11/2025 19:41:30-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Alisson José Eufrásio de Carvalho – IFMG (Orientador)

Documento assinado digitalmente  
 RAFAEL CARLOS DOS SANTOS  
Data: 14/11/2025 15:21:48-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Dr. Rafael Carlos dos Santos

Documento assinado digitalmente  
 RICARDO GOMES DE OLIVEIRA  
Data: 13/11/2025 08:23:55-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Me. Ricardo Gomes de Oliveira

## AGRADECIMENTOS

Agradeço, antes de tudo, a Deus, pela vida, pela saúde e pela força que me sustentou nos momentos de dúvida e cansaço. É ele quem me guia e me inspira a seguir em frente.

Aos meus pais, por todo amor, dedicação e por nunca medirem esforços para que eu pudesse chegar até aqui. Tudo o que sou e conquistei é reflexo dos valores, exemplos e ensinamentos que recebi de vocês.

À minha irmã, por acreditar em mim, pelo apoio e pelo companheirismo de sempre.

À minha namorada, meu porto seguro, agradeço a paciência, pelas palavras de incentivo e por me acompanhar em cada desafio. Seu amor foi essencial para que eu não desistisse.

Aos meus familiares e amigos, que estiveram presentes com palavras de carinho, apoio e incentivo, tornando esta caminhada mais leve e especial.

Aos professores, pela dedicação, paciência e por compartilharem conhecimento com tanto comprometimento.

Agradeço ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais – *Campus* São João Evangelista, pelo apoio institucional, infraestrutura e recursos disponibilizados para a realização deste trabalho.

A todos que, de alguma forma, fizeram parte desta jornada, deixo aqui minha mais sincera gratidão.

## RESUMO

A alface é uma das hortaliças mais consumidas nacionalmente, sendo em grande escala, advinda da agricultura familiar. Os substratos comerciais representam um dos insumos que mais agregam valor no custo de produção de alface. Assim, é crucial o estudo de substratos alternativos, visando reduzir a dependência de materiais comerciais e maximizar a sustentabilidade produtiva. Neste sentido, este trabalho objetivou avaliar o efeito de diferentes substratos de resíduos vegetais na produção de mudas de alface. O experimento foi conduzido no setor de horticultura do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais - *Campus São João Evangelista*, município de São João Evangelista, Minas Gerais (Latitude: 18° 32' 46" S, Longitude: 42° 45' 35" W). Foram utilizadas sete formulações de substratos à base de bainha caulinar de bambu, casca de café e casca de eucalipto, em diferentes combinações, na produção de mudas de alface cultivar jade. Como testemunha, foi utilizado solo com histórico de cultivo de alface e outras hortaliças. Adotou-se o delineamento de blocos casualizados, com quatro repetições. Aos 30 dias, foram avaliadas as características: massa fresca de folhas, massa fresca de raízes, massa seca de folhas, massa seca das raízes e número de folhas. Os dados foram submetidos à análise de variância ( $p \leq 0,05$ ) e às médias comparadas pelo teste de Tukey, usando o software SISVAR. Os resultados evidenciaram que a casca de café in natura, não deve ser utilizada na composição de substratos para a produção de mudas de alface. A bainha caulinar de bambu, mesmo resultando em menor número de folhas, apresentou acúmulo de matéria seca equivalente ao substrato testemunha, demonstrando seu potencial como componente alternativo e sustentável para a produção de mudas de alface.

**Palavras-chave:** Hortaliça. *Lactuca sativa* L. Mudas de qualidade. Sustentabilidade

## ABSTRACT

Lettuce is one of the most widely consumed vegetables in Brazil, with a significant portion of its production originating from family farming. Commercial substrates represent one of the costliest inputs in lettuce seedling production. Therefore, studying alternative substrates is crucial to reducing reliance on commercial materials and enhancing production sustainability. In this context, the objective of this study was to evaluate the effect of different plant residue-based substrates on lettuce seedling production. The experiment was carried out in the horticulture sector of the Federal Institute of Education, Science and Technology of Minas Gerais – São João Evangelista *Campus*, located in the municipality of São João Evangelista, Minas Gerais (Latitude: 18° 32' 46" S, Longitude: 42° 45' 35" W). Seven substrate formulations were used, composed of bamboo stem sheath, coffee husk, and eucalyptus bark, in different combinations, for the production of lettuce seedlings of the cultivar Jade. As a control, soil with a history of lettuce and other vegetable cultivation was used. The experimental design was a randomized block design with four replications. At 30 days, the following traits were evaluated: fresh shoot mass, fresh root mass, shoot dry mass, root dry mass, and number of leaves. Data were analyzed using analysis of variance ( $p \leq 0.05$ ), and means were compared using Tukey's test in SISVAR. Results showed that raw coffee husk should not be used in the composition of substrates for lettuce seedling production. Bamboo stem sheath, despite yielding fewer leaves, promoted dry matter accumulation equivalent to that of the control substrate, demonstrating its potential as an alternative, sustainable component for lettuce seedling production.

**Keywords:** Vegetable. *Lactuca sativa* L. Quality plantlets. Sustainability.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Local de condução do experimento .....	17
Figura 2 - Esquema da disposição dos tratamentos nas bandejas.....	19
Figura 3 - Teste de médias referentes ao número de folhas em mudas de alface cultivadas em diferentes substratos alternativos .....	21
Figura 4 - Teste de médias referentes a massa fresca da raiz e de folhas de mudas de alface cultivadas em diferentes substratos alternativos.....	22
Figura 5 - Teste de médias referentes a massa seca da raiz e de folhas de mudas de alface cultivadas em diferentes substratos alternativos.....	23

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Substratos utilizados no experimento e suas respectivas combinações .....	18
Tabela 2- Composição química da camada arável (0 - 20cm) do solo utilizado no experimento .....	18
Tabela 3 - Resumo da análise de variância para as características matéria fresca de raiz (MFR), matéria fresca de folhas (MFF), número de folhas (NF), matéria seca de raiz (MSR) e matéria seca de folhas (MSF) .....	20

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO.....</b>	<b>10</b>
<b>2 REFERENCIAL TEÓRICO .....</b>	<b>12</b>
<b>2.1 A cultura do Alface .....</b>	<b>12</b>
<b>2.2 Produção de mudas de alface.....</b>	<b>13</b>
<b>2.3 Substratos para produção de mudas .....</b>	<b>14</b>
<b>3 MATERIAL E MÉTODOS .....</b>	<b>17</b>
<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>20</b>
<b>5 CONCLUSÕES.....</b>	<b>25</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>26</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A alface (*Lactuca sativa* L.) é a hortaliça folhosa mais consumida no país, incluindo todas as suas diferentes variedades. A China é a maior produtora mundial, com uma produção de 23,6 milhões de toneladas. No Brasil, foram produzidas no último ano cerca de 908 mil toneladas de alface (CONAB, 2024). Uma etapa crucial no sistema produtivo da alface é a produção de mudas de alta qualidade. Essa etapa reflete no desempenho final das plantas, impactando aspectos como o estado nutricional, o tempo necessário para o desenvolvimento e, conseqüentemente, o número de ciclos produtivos viáveis ao longo do ano (OLIVEIRA *et al.*, 2024). Nesse contexto, o substrato destaca-se como um insumo fundamental, devido à sua ampla aplicação na produção de mudas.

Os substratos de qualidade devem reunir uma série de atributos, entre os quais se destacam: viabilidade econômica, ampla disponibilidade, níveis adequados de nutrientes, boa capacidade de troca de cátions, ausência de contaminantes biológicos, porosidade suficiente para garantir a aeração, capacidade de retenção hídrica, aderência às raízes e uniformidade em sua composição (MOTA *et al.*, 2023). Um dos principais desafios na cadeia produtiva da alface é o alto custo da produção, em grande parte devido à utilização de substratos comerciais na produção de mudas (OLIVEIRA *et al.*, 2024). No Brasil, a maior parte da produção de alface é proveniente da agricultura familiar, o que confere à cultura grande importância socioeconômica (SILVA *et al.*, 2023).

Com o intuito de reduzir os custos, maximizar a viabilidade produtiva e a sustentabilidade da cadeia, são potencialmente emergentes os estudos acerca da utilização de substratos alternativos. Na literatura são apresentados como alternativas, substratos a base de casca de coco, palhas de gramíneas, casca de arroz, bagaço de cana-de-açúcar, torta de filtro e outros, variando conforme a disponibilidade local (RODRIGUES *et al.*, 2023). Os autores consideram que a formulação própria de substratos pode representar uma alternativa vantajosa para os agricultores (BRITO *et al.*, 2024; ROMO *et al.*, 2024).

Nesse estudo, propõe-se a utilização de substratos a base de bainha caulinar de bambu, casca de café e casca de eucalipto, em diferentes formulações. A bainha caulinar de bambu apresenta estrutura leve, porosa e com boa capacidade de retenção de água, além de baixa densidade e teor reduzido de cinzas e lignina, o que favorece sua utilização em substratos após tratamento adequado (DUAN *et al.*, 2024).

A casca de café é rica em matéria orgânica e em nutrientes como potássio e cálcio, além de apresentar boa porosidade. No entanto, seu uso direto pode causar efeitos alelopáticos

devido à presença de cafeína, compostos fenólicos e alta condutividade elétrica. Por isso, é recomendada a compostagem ou outro tipo de tratamento antes do uso como substrato (FARIA *et al.*, 2018).

A casca de eucalipto, por sua vez, apresenta propriedades físicas que corroboram a sua utilização como substrato, no entanto, pode apresentar compostos alelopáticos. Alguns resultados evidenciam que tratamentos como lixiviação ou aquecimento a 70 °C por 70 minutos são eficazes para reduzir esses compostos e viabilizar seu uso como substituto parcial de substratos comerciais (ESCOBAR-AVELLO *et al.*, 2023).

Ademais, os substratos de fontes orgânicas são responsáveis pela maior retenção de umidade nos recipientes e pelo fornecimento da maior parte dos nutrientes essenciais para o crescimento das plântulas (ROMO *et al.*, 2024). Substratos alternativos oferecem aos agricultores familiares novas possibilidades de manejo, promovendo maior aproveitamento da matéria orgânica e melhores rendimentos em comparação ao sistema convencional. Diante disso, este trabalho objetivou avaliar o efeito de diferentes substratos de resíduos vegetais na produção de mudas de alface.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 A cultura do Alface

A alface (*Lactuca sativa* L.), pertencente à família Asteraceae, tem origem asiática e foi introduzida no Brasil pelos colonizadores portugueses no século XVI. Atualmente, destaca-se como a hortaliça folhosa mais consumida no país, sendo uma importante fonte de vitaminas A e C, além de conter minerais como ferro e fósforo. Dentre as variedades disponíveis no mercado, a alface do tipo crespa lidera a preferência dos consumidores, seguida pelas variedades americana, lisa e romana (RESENDE, 2018). No Brasil, a maior parte da produção de alface é proveniente da agricultura familiar, o que confere à cultura grande importância socioeconômica (KIST e BELING, 2023).

A alface é uma espécie herbácea de ciclo anual, caracterizada por possuir um caule curto, do qual partem folhas dispostas em forma de roseta. Dependendo do grupo varietal, essas folhas podem apresentar superfície lisa ou crespa, formar cabeças compactas ou não, e exibir colorações que variam entre diferentes tons de verde e roxo. O sistema radicular tende a ser superficial e altamente ramificado, especialmente quando as mudas são produzidas em bandejas (SILVA *et al.*, 2023). Por outro lado, em condições de semeadura direta, prática menos comum, a planta pode desenvolver raiz principal (pivotante) que atinge profundidades de até 60 cm (GOMES e BORÉM, 2019).

O ciclo da alface, em condições gerais, pode variar entre 130 e 230 dias, englobando diferentes estágios de desenvolvimento. A fase de produção de mudas ocorre entre 30 e 35 dias após a semeadura (DAS). Em seguida, inicia-se o crescimento vegetativo, que se estende de 38 até 90 DAS. O florescimento é estimulado pela exposição a longos períodos de luz diária, característica que classifica a alface como uma espécie de dias longos (AHMED *et al.*, 2020). Como a parte comercializável são as folhas e não as sementes, o ciclo para a obtenção do produto testemunha é mais curto, de 50 a 90 dias (GOMES e BORÉM, 2019).

As cultivares de alface disponíveis no mercado são classificadas principalmente com base nas características morfológicas das folhas e na presença ou ausência de formação de cabeças compactas. Essa tipificação permite organizar as variedades em seis grupos distintos: crespa, lisa, americana (de folhas crespas e cabeça fechada), manteiga (com folhas lisas e cabeça formada), mimosa e romana (CEASA, 2023). Na alface crespa, as folhas são soltas, crespas, consistentes, recortadas, não formando cabeça. É o grupo varietal mais plantado no Brasil, principalmente devido ao seu maior tempo de prateleira (SHI *et al.*, 2022).

A obtenção de folhas de elevado padrão fitossanitário, bom valor nutricional e tamanho expressivo é um dos principais objetivos no cultivo de alface. Devido ao seu ciclo fenológico reduzido e rápido padrão de crescimento, a espécie apresenta elevada demanda por recursos hídricos e nutricionais, além de necessitar de condições edafoclimáticas que promovam um desenvolvimento acelerado e vigoroso da parte aérea (MALDONADE *et al.*, 2014).

A cultura se desenvolve bem sob temperaturas amenas, entre 15 e 18°C, com máximas entre 21 e 24°C e mínimo de 7°C. Para o êxito no cultivo da alface, especialmente durante o verão ou em locais com fotoperíodo prolongado, é fundamental selecionar cultivares com tolerância ao pendoamento precoce. A indução floral antecipada compromete o desenvolvimento vegetativo e a qualidade testemunha das folhas. Além da influência direta do fotoperíodo e da temperatura, variáveis ambientais como a umidade relativa do ar e a intensidade da radiação solar exercem impacto significativo sobre o desempenho fisiológico e agrônômico da cultura (GOMES e BORÉM, 2019; FILGUEIRA, 2008; SHI *et al.*, 2022).

Os altos níveis de produtividade e qualidade em cultivos de alface dependem de condições edáficas adequadas, com solo bem estruturado fisicamente, quimicamente equilibrado e biologicamente ativo, além de suprimento hídrico eficiente. O ciclo da planta varia substancialmente de acordo com as características genotípicas da cultivar e as condições edafoclimáticas do ambiente de cultivo (SHI *et al.*, 2022). Ressalta-se também, a qualidade no desenvolvimento das mudas, que estão diretamente atreladas ao padrão do cultivo.

## **2.2 Produção de mudas de alface**

A cultura da alface adapta-se a diferentes sistemas de produção, podendo ser conduzida em cultivo convencional ou orgânico, em ambiente protegido ou a céu aberto, por meio de hidroponia ou em canteiros tradicionais (SANTOS *et al.*, 2024). Os tratos culturais mais comumente adotados para a cultura da alface são: preparo das mudas, preparo do solo, adubação de plantio e de cobertura, cobertura do solo, irrigação, controle de plantas daninhas, pragas e doenças e colheita e tratos culturais pós-colheita (GOMES e BORÉM, 2019).

A produção de mudas de alface pode ser realizada principalmente por três métodos: em bandejas com substrato, em sistemas hidropônicos e diretamente em canteiros no solo (FILGUEIRA, 2008; SANTOS *et al.*, 2021). A produção direta em canteiros é um método mais tradicional, porém com maior risco de perdas por pragas e variações climáticas.

A produção hidropônica utiliza suportes inertes e o controle da solução nutritiva para promover crescimento rápido e uniforme, sendo comum em ambientes protegidos. O

cultivo hidropônico é uma técnica de produção vegetal sem o uso de solo, na qual as plantas recebem todos os nutrientes minerais essenciais diretamente através de uma solução nutritiva balanceada (SOUZA *et al.*, 2022). Essa solução é composta por macronutrientes – nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg) e enxofre (S) – e micronutrientes – boro (B), cloro (Cl), cobre (Cu), ferro (Fe), manganês (Mn), molibdênio (Mo) e zinco (Zn) (OLIVEIRA *et al.*, 2023) Os cultivos hidropônico e protegido são técnicas que favorecem o rápido crescimento das plantas, mesmo em regiões onde as condições edafoclimáticas não são favoráveis (BASTOS, 2018).

Nas bandejas, as sementes são semeadas em substratos que garantem boa aeração e retenção de água, permitindo mudas uniformes e vigorosas. O uso de bandejas economiza substrato e espaço dentro da casa de vegetação e produz mudas de boa qualidade com alto índice de pegamento após o transplante (JORGE *et al.*, 2019). Ainda se comentam sobre a maior facilidade de manuseio, transporte e limpeza; redução dos gastos com mão de obra, sementes e com a reutilização das bandejas. As mudas são consideradas prontas para o transplântio quando apresentam de quatro a seis folhas definitivas (GOMES e BORÉM, 2019). Cada método deve ser escolhido conforme a infraestrutura disponível e o objetivo produtivo.

A definição do volume do recipiente e a seleção do substrato são etapas iniciais e decisivas na produção de mudas de qualidade. O volume influencia diretamente o espaço disponível para o desenvolvimento radicular, afetando a capacidade da muda de absorver água e nutrientes. Por sua vez, o tipo de substrato tem forte impacto na conformação das raízes, na nutrição da planta e na sua estabilidade fisiológica, refletindo diretamente no vigor e no desempenho das mudas após o transplântio (MOREIRA, 2024).

### **2.3 Substratos para produção de mudas**

O substrato representa um insumo fundamental na formação de mudas, visto que alterações em sua composição podem comprometer o seu estabelecimento. Essas variações podem resultar em plântulas anormais, germinação desuniforme e sintomas relacionados a desequilíbrios nutricionais, como deficiências ou toxidez de certos elementos (VIEGAS e MARAN, 2019).

Os substratos para produção de mudas podem ser orgânicos, inorgânicos ou mistos. Entre os orgânicos, destacam-se a turfa, a fibra de coco, a casca de pinus e o composto orgânico, sendo valorizados por sua boa retenção de água e aporte de matéria orgânica. Os inorgânicos, como vermiculita, perlita e areia lavada, contribuem para a aeração e drenagem. Já os substratos

mistos combinam esses materiais para equilibrar propriedades físicas e químicas, visando maior eficiência no desenvolvimento das mudas (JESUS, 2017). A escolha do substrato deve considerar fatores como disponibilidade, custo, sustentabilidade e exigências da cultura (VIEGAS e MARAN, 2019).

A turfa, material orgânico proveniente de áreas úmidas, é tradicionalmente utilizada como principal componente de substratos nos Estados Unidos, no Canadá e na União Europeia. Contudo, devido às restrições ambientais e ao fechamento de turfeiras, sua utilização tem diminuído, especialmente na Europa, onde se discute o banimento total até 2028 (GLOBALDATA, 2024).

Nesse contexto, a fibra de coco tem se destacado como uma alternativa sustentável, com estrutura física adequada, boa retenção de água e excelente aeração (Maximize Market Research, 2024). Atualmente, representa cerca de 35% do mercado global de substratos (IMARC, 2024), sendo amplamente adotada também no Brasil, favorecida pela disponibilidade da matéria-prima e pelo incentivo a práticas agrícolas mais sustentáveis. Assim, a substituição da turfa por fibra de coco tende a promover mudanças significativas na qualidade e sustentabilidade dos substratos utilizados na produção vegetal (FERREIRA *et al.*, 2020).

Diante da necessidade de tornar a produção agrícola mais sustentável e acessível, a busca por substratos alternativos tem ganhado destaque devido ao impacto ambiental e à escassez da turfa (GLOBALDATA, 2024). Na literatura, são relatos a utilização de pó de coco, casca de coco verde ou maduro, sisal, bio sólido, casca de pinus, acícula de pinus, compostagem, bagaço de cana-de-açúcar, resíduo de mineração de areia, torta de mamona, tungue, engaço de bananeira, agave tequilero, casca de castanha-do-Brasil moída, biochar, entre outros, como substratos alternativos para produção de mudas (KLEIN *et al.*, 2015, MOTA *et al.*, 2023, SILVA *et al.*, 2020).

O substrato empregado deve ser amplamente disponível, garantir fornecimento contínuo a longo prazo e não gerar impactos ambientais negativos significativos. Segundo Rodrigues *et al.* (2023), a caracterização dos materiais disponíveis nas diferentes regiões do país é essencial para a redução dos custos de produção de hortaliças em substrato. Nesse contexto, torna-se necessário avaliar diferentes tipos de substratos em função das exigências específicas de cada cultura.

A alfaca é uma espécie que pode ser conduzida por meio da produção de mudas em bandejas e apresenta alta demanda por nitrogênio. Por isso, é essencial que esse nutriente esteja presente no substrato utilizado, a fim de atender às exigências nutricionais da cultura desde as fases iniciais (YURI *et al.*, 2016). No que se refere às propriedades químicas dos substratos, é

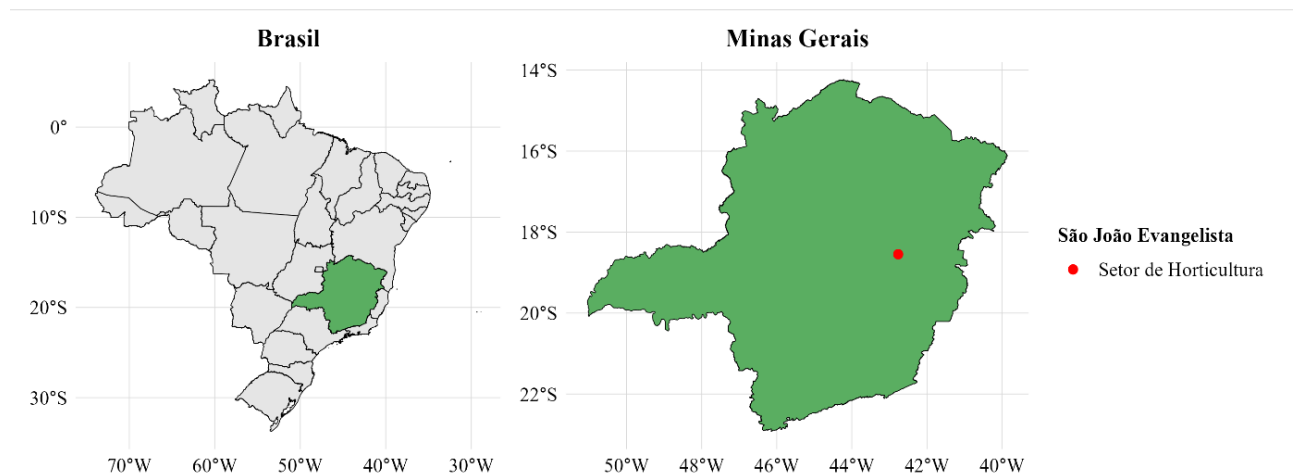
fundamental avaliar parâmetros como a capacidade de troca catiônica (CTC), o pH, o teor de matéria orgânica e o nível de salinidade (STEWART, 2024). Embora o intervalo ideal de pH possa variar conforme a espécie cultivada, de forma geral, valores entre 5,5 e 6,5 são considerados adequados, pois favorecem a disponibilidade da maioria dos nutrientes essenciais às plantas.

A pesquisa visando alternativas aos substratos comerciais é de suma importância, fomentando práticas mais sustentáveis na produção agrícola. No entanto, é importante que esses substratos sejam adaptados às condições locais, utilizando resíduos e matérias-primas disponíveis em cada região (KLEIN *et al.*, 2015, SILVA *et al.*, 2020).

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi conduzido no setor de horticultura do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais - *CAMPUS* São João Evangelista (IFMG – SJE), município de São João Evangelista – MG (Latitude: 18° 32' 46" S, Longitude: 42° 45' 35" W) (IBGE, 2018) (Figura 1). Segundo a classificação de Köppen, o clima da região é definido como *Cwa* – clima temperado chuvoso (mesotérmico) com inverno seco e verão chuvoso e quente. A temperatura média máxima anual de 26°C e mínima de 15°C. A precipitação pluviométrica média anual é de 1.180 mm e a altitude média é de 690 m (SILVA, 2013).

Figura 1 - Local de condução do experimento



Fonte: Elaborado pelo autor, 2025

Os tratamentos foram dispostos em delineamento de blocos casualizados (DBC), com oito tratamentos e quatro repetições. Os materiais utilizados como substrato alternativos são apresentados na Tabela 1.

O critério de escolha dos materiais foi baseado em sua disponibilidade no *Campus* constituição. Como testemunha foi utilizado solo do canteiro da horta, de textura média (29 % de argila), com longo histórico de cultivo (Tabela 2).

Tabela 1- Substratos utilizados no experimento e suas respectivas combinações

Tratamento	Material	Formulação
B+CC	Bainha caulinar de bambu + casca de café	1:1
B+CE	Bainha caulinar de bambu + casca de eucalipto	1:1
CC+CE	Casca de café + casca de eucalipto	1:1
B+CC+CE	Bainha caulinar de bambu + casca de café + casca de eucalipto	1:1:1
B	Bainha caulinar de bambu <sup>1</sup>	1
CC	Casca de café <sup>2</sup>	1
CE	Casca de eucalipto <sup>3</sup>	1
Testemunha	Solo de área de cultivo de hortaliças	1

<sup>1</sup>*Dendrocalamus giganteus*; <sup>2</sup>*Coffea arabica*; <sup>3</sup>*Eucalyptus spp.*

Fonte: Elaborado pelo autor, 2025

Tabela 2- Composição química da camada arável (0 - 20cm) do solo utilizado no experimento

pH	P	K	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	AL <sup>3+</sup>	H+AL	SB	(t)	(T)	V	m	MO	P.rem
H <sub>2</sub> O	- mg/dm-						cmolc/dm-----			----- % ----		dag/kg	Mg/L
6,1	886,9	350	7,73	1,66	0,00	1,56	10,29	10,29	11,84	86,87	0,00	3,99	37,3

pH (H<sub>2</sub>O) relação 1:2,5 (solo: água); P e K: Mehlich-1; Ca, Mg e Al trocáveis: KCl 1 mol L<sup>-1</sup>; H + Al: Extrator: SMP; t: capacidade de troca de cátions (CTC) efetiva; T: CTC pH 7,0; m: saturação de alumínio; V: saturação por bases; MO: Mat. Org. – Oxidação: Na<sub>2</sub> Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub> 4N + H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 10 N; P-rem: Fósforo Remanescente.

Fonte: Elaborado pelo autor, 2025

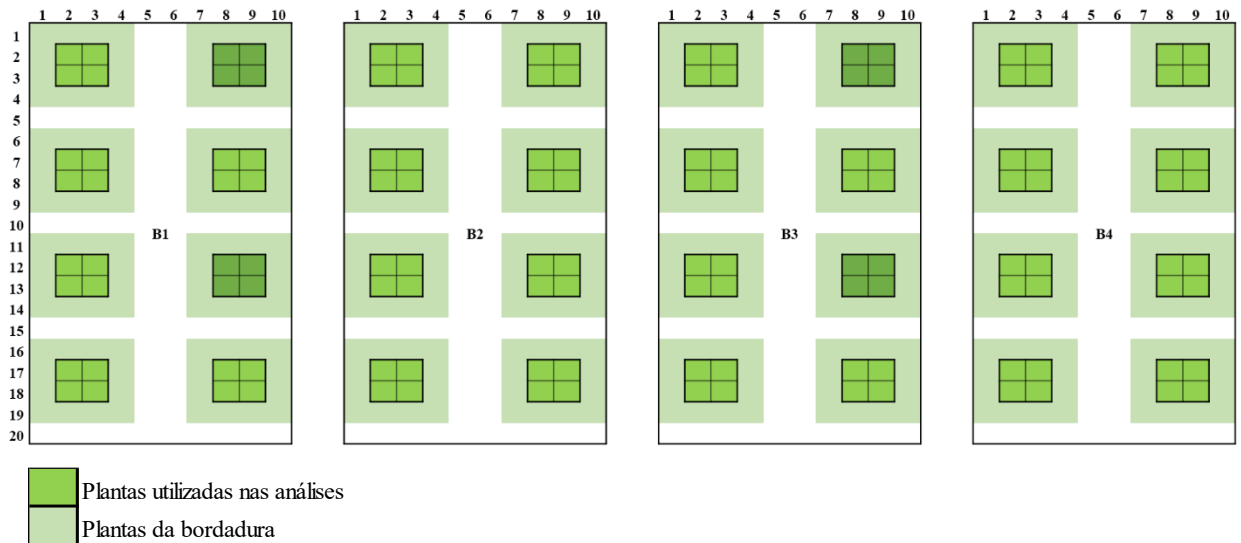
Os materiais foram processados em desintegrador na peneira de 8 mm e posteriormente triturados em moinho de facas na peneira de 5 mm. Foram utilizadas sementes peletizadas de alface tipo crespa, cultivar Jade, apresentando comercialmente 99,99% de pureza e 95% de germinação. A cultivar apresenta precocidade, alto rendimento e ampla adaptabilidade ao clima quente, sendo resistente a *Bremia lactucae* - míldio (raças 1 a 6, 18 a 24 e 31) e ao *Pythium spp.* Além disso, pode ser cultivada o ano todo, tanto em campo aberto como em sistema hidropônico (SAKATA, 2023).

Para a produção das mudas foram utilizadas bandejas de polietileno, contendo 200 células. Foi utilizada uma única semente por célula, semeada manualmente logo abaixo da superfície do substrato. Dessa maneira, considerando a capacidade da bandeja em 200 células, foi possível alocar os 8 tratamentos por bandeja, sendo necessárias 4 bandejas para a constituição dos quatro blocos, isto é, cada bloco foi constituído por uma bandeja (Figura 2).

Após a semeadura, o substrato foi umedecido uniformemente para favorecer a germinação. As bandejas foram mantidas em estufa do tipo capela e irrigadas diariamente por aspersão, realizada quatro vezes ao dia por 30 segundos.

Aos 30 dias após o plantio, foram avaliadas as variáveis: matéria fresca de raiz (MFR), matéria fresca de folhas (MFF), número de folhas (NF), matéria seca de raiz (MSR) e matéria seca de folhas (MSF). A matéria fresca da parte aérea e das raízes foi pesada em balança de precisão, em seguida, foi levada para estufa de ventilação forçada a 60°C durante 72 horas, obtendo-se a matéria seca, expressa em miligramas.

Figura 2 - Esquema da disposição dos tratamentos nas bandejas



Fonte: Elaborado pelo autor, 2025

Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA), e as médias, quando significativas, comparadas segundo o Teste de Tukey, a 5% de probabilidade ( $p \leq 0,05$ ). As análises foram realizadas no programa SISVAR (FERREIRA, 2011).

#### 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Observa-se diferença significativa ( $p \leq 0,05$ ) entre os substratos para as variáveis MFR, MFF, MSF, MSR e NF (Tabela 3). Esses resultados indicam que a composição dos substratos influencia diretamente o crescimento e o desenvolvimento inicial das mudas de alface, denotando a importância da escolha adequada do material para a produção de mudas de qualidade.

Tabela 3 - Resumo da análise de variância para as características matéria fresca de raiz (MFR), matéria fresca de folhas (MFF), número de folhas (NF), matéria seca de raiz (MSR) e matéria seca de folhas (MSF)

FV	GL	Pr > Fc				
		MFR	MFF	MSR	MSF	NF
Bloco	3	0,2546	0,2737	0,1574	0,2978	0,0588
Trat	7	0,000*	0,000*	0,000*	0,0268*	0,0000*
Erro	21					
CV (%)		52.6	59.79	36.03	151.26	15.17

ns: não significativo pelo teste F a 5 %; significativo pelo teste F a 5%.

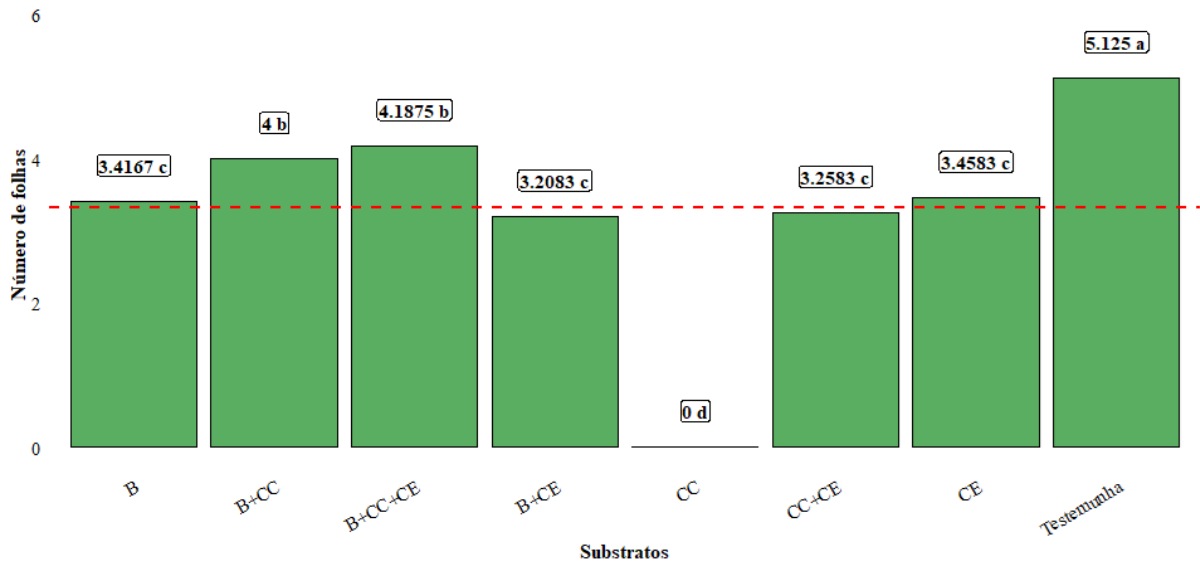
Elaborado pelo autor, 2025

Para a variável NF, houve a formação de quatro grupos de médias (Figura 3). O substrato testemunha proporcionou o maior número de folhas nas mudas de alface.

No entanto, os dois melhores substratos alternativos (bainha caulinar de bambu + casca de café; bainha caulinar de bambu + casca de café + casca de eucalipto) apresentaram desempenho semelhante, com diferença de apenas uma folha, em média, em relação ao substrato testemunha (Figura 3). A formulação à base exclusivamente de casca de eucalipto foi um dos constituintes do grupo com os menores valores de número de folhas.

A pesquisa tem se concentrado em agregar valor à casca de eucalipto avaliando sua composição química e potencial de fibra, introduzindo soluções de uma perspectiva de economia circular (CHEMETOVA *et al.*, 2018). Apesar de apresentar boa porosidade e retenção de água, contém compostos fenólicos que podem ser fitotóxicos (VILLASMIL *et al.*, 2024). Com tratamento térmico ou lixiviação, esses compostos são reduzidos, tornando a casca segura para uso (ESCOBAR-AVELLO *et al.*, 2023). Misturas com turfa ou fibra de coco têm mostrado bons resultados, comparáveis a substratos comerciais. Seu uso reduz custos e contribui para a sustentabilidade, ao reaproveitar resíduos florestais (VILLASMIL *et al.*, 2024).

Figura 3 - Teste de médias referentes ao número de folhas em mudas de alface cultivadas em diferentes substratos alternativos



B (Bainha culinária de bambu), CC (Casca de café), CE (Casca de eucalipto). Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p \leq 0,05$ ). A linha em vermelho corresponde à média geral dos tratamentos para cada variável.

Fonte: Elaborado pelo autor, 2025

Os autores Escobar-Avello *et al.* (2023) consideraram reduzir a fitotoxicidade da casca do eucalipto conduzindo um processo de extração de água e misturando casca de eucalipto e pinheiro durante a extração. Os resultados evidenciaram que a casca de eucalipto tratada a 70 °C por 70 minutos pode substituir até 75% dos substratos comerciais, como fibra de coco e turfa, na germinação e no crescimento de sementes de espécies hortícolas, como rabanete (*Raphanus sativus*) e couve-chinesa (*Brassica rapa*).

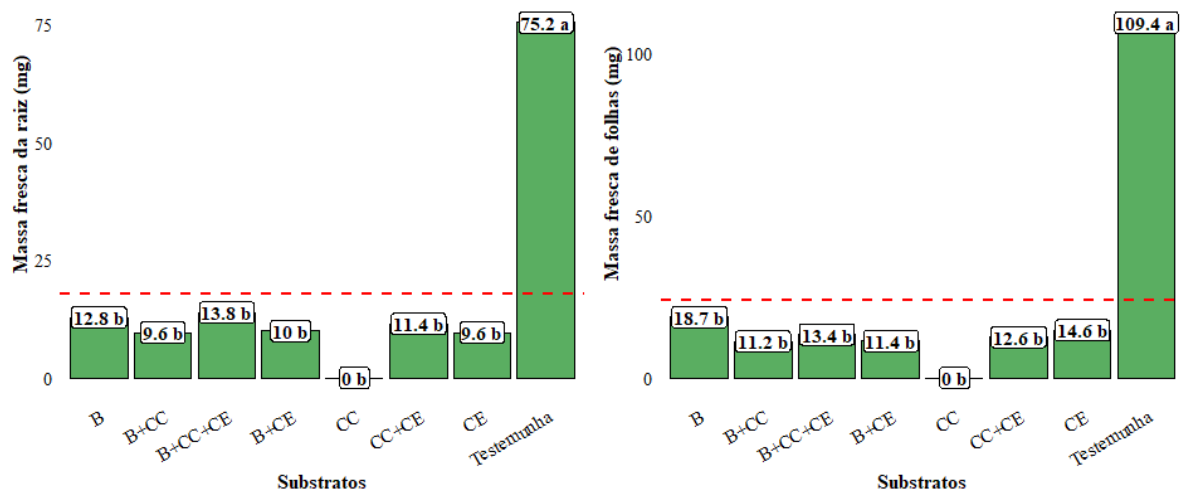
O substrato testemunha promoveu maior produção de matéria fresca de raiz (Figura 4), com os demais substratos apresentando estimativa da média abaixo da média geral. Para essas mesmas variáveis, os substratos alternativos não se difeririam entre si (Figura 4). Contudo, deve-se enfatizar o baixo potencial do substrato à base exclusiva de casca de café. Para a massa fresca de folhas, apenas a testemunha diferiu dos demais substratos, não havendo diferença entre os substratos alternativos (Figura 4).

A ausência de germinação das sementes no substrato exclusivo de casca de café pode estar atrelada a composição do material. A casca de café apresenta potencial para uso como substrato na produção de mudas, por ser rica em matéria orgânica, ter boa porosidade e conter nutrientes como potássio e cálcio (PAULA *et al.*, 2015). No entanto, a sua utilização direta como substrato pode promover efeitos alelopáticos. Isso se deve à presença de compostos como

caféina e fenólicos, sendo recomendada a compostagem antes do uso (SHEMEKITE *et al.*, 2014; FARIA *et al.*, 2018).

No estudo de Faria *et al.* (2020), com o objetivo de avaliar a casca de café carbonizada e decomposta como componente do substrato para a produção de mudas de Ingá (*Ingá spp.*), obtiveram menor crescimento das mudas sem a compostagem. Os resultados evidenciaram que a compostagem da casca de café carbonizada melhorou significativamente a qualidade das mudas.

Figura 4 - Teste de médias referentes a massa fresca da raiz e de folhas de mudas de alface cultivadas em diferentes substratos alternativos



(Bainha caulinar de bambu), CC (Casca de café), CE (Casca de eucalipto). Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p \leq 0,05$ ). A linha em vermelho corresponde à média geral dos tratamentos para cada variável.

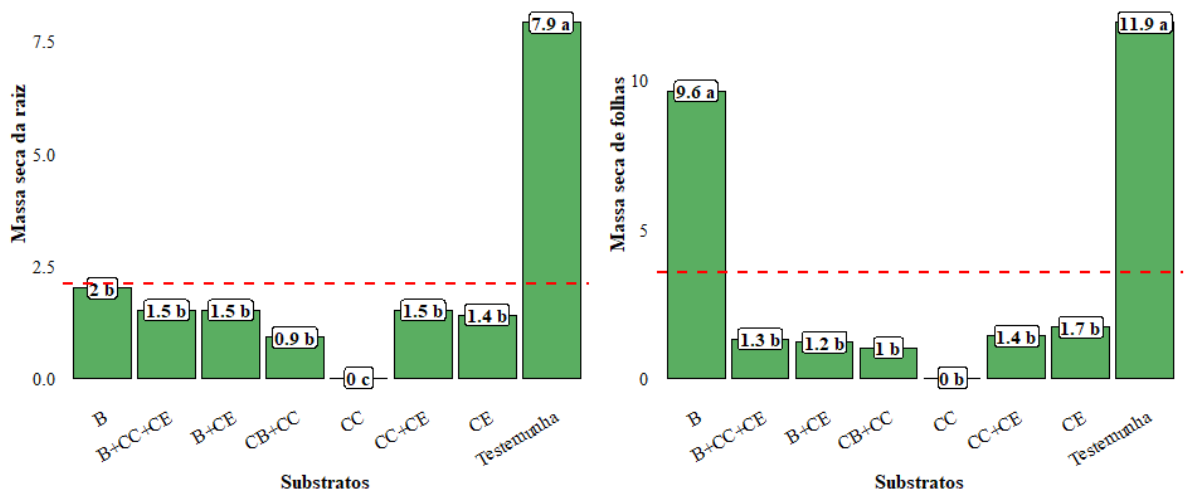
Fonte: Elaborado pelo autor, 2025

Deve-se ressaltar que a relação entre matéria fresca e matéria seca é particularmente importante em hortaliças, pois estas apresentam alto teor de água, o que pode mascarar a real produção de biomassa quando se avalia apenas a massa fresca (GOMES, 1996; HUANG *et al.*, 2019). A quantidade de matéria seca reflete de forma mais precisa o acúmulo de nutrientes e a eficiência fotossintética, sendo útil para comparar cultivares, tratamentos nutricionais ou sistemas de cultivo. Além disso, a porcentagem de matéria seca tem impacto direto na conservação pós-colheita, textura e valor testemunha das hortaliças. Em programas de melhoramento, a matéria seca é usada como critério de seleção para cultivares com melhor

rendimento real por área, enquanto na produção de mudas, auxilia na avaliação do estado nutricional e vigor das plantas (SILVA, 2024).

O substrato testemunha promoveu maior incremento em MSR (Figura 5). A matéria seca da raiz em alface é um indicador fundamental da qualidade e do vigor das mudas, pois reflete o acúmulo de biomassa essencial para a absorção eficiente de água e nutrientes. Raízes mais desenvolvidas aumentam a capacidade da planta de se estabelecer após o transplante, promovendo maior sobrevivência e crescimento no campo. Avaliar a matéria seca da raiz é crucial para garantir mudas fisiologicamente equilibradas e com alto potencial produtivo, sendo um parâmetro essencial na avaliação de substratos e manejos na produção de alface (DAN TATAGIBA *et al.*, 2024).

Figura 5 - Teste de médias referentes a massa seca da raiz e de folhas de mudas de alface cultivadas em diferentes substratos alternativos



B (Bainha caulinar de bambu), CC (Casca de café), CE (Casca de eucalipto). Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p \leq 0,05$ ). A linha em vermelho corresponde à média geral dos tratamentos para cada variável.

Fonte: Elaborado pelo autor, 2025

Contudo, tanto o substrato testemunha como o substrato alternativo à base de bainha caulinar de bambu evidenciaram maior produção de matéria seca de folhas (Figura 5). A bainha caulinar do bambu-gigante é um resíduo abundante após o crescimento do colmo e apresenta características anatômicas e químicas que favorecem seu aproveitamento em substratos. As bainhas contêm fibras de tamanho médio, com baixo conteúdo de cinzas e lignina. Essas propriedades indicam sua adequação como componente de substrato, especialmente após

compostagem ou tratamento, uma vez que oferecem boa estrutura física, arejamento e retenção de água (DUAN *et al.*, 2024).

O bambu é um acumulador de silício eficiente com diversos morfotipos e composições de fitólitos (DUAN *et al.*, 2024). No estudo de Gonzaga *et al.* (2020), com o objetivo de avaliar o efeito de diferentes doses de silício na produção de mudas de alface, os resultados evidenciaram que doses de 31,5 a 39,8 g kg<sup>-1</sup> de silício no substrato são adequadas a maior produção de matéria fresca e seca da parte aérea e raízes, de mudas de alface da cultivar Rafaela. Contudo, é importante destacar que não foi realizada nenhuma análise química dos substratos utilizados. Dessa forma, não é possível estimar os teores de silício presentes nos materiais. Essa limitação impede conclusões sobre possíveis efeitos nutricionais associados ao elemento.

Um ponto importante a ser destacado é que todas as formulações contendo casca de eucalipto ou de café apresentaram médias inferiores no desempenho das mudas. Esse resultado reforça a necessidade de submeter esses materiais a tratamentos prévios. A presença de compostos fenólicos (COLPAS *et al.*, 2003), cafeína (PEREIRA, 2022) e taninos (MAGALHÃES *et al.*, 1997) pode exercer efeitos fitotóxicos, prejudicando o crescimento inicial. Processos como compostagem ou tratamento térmico são recomendados para reduzir sua toxicidade. Assim, a utilização desses resíduos sem tratamento prévio pode comprometer a qualidade das mudas produzidas (SILVA *et al.*, 2020).

Outro ponto que merece destaque é que, embora as mudas cultivadas no substrato à base de bainha caulinar de bambu tenham apresentado, em média, duas folhas a menos em comparação àquelas crescidas no substrato testemunha, ambas foram estatisticamente iguais quanto à matéria seca. Esse resultado indica que, apesar da diferença no número de folhas, comumente associado ao desenvolvimento vegetativo, o acúmulo de biomassa não foi comprometido, sugerindo que o substrato com bambu pode ser uma alternativa viável na produção de mudas de alface (ZANELATTO, 2024).

No entanto, na comercialização de alface, o número de folhas é o critério mais valorizado, pois indica visualmente vigor. E as mudas tendem a apresentar melhor desempenho inicial no campo. As plantas de alface com mais folhas, geralmente, são mais atrativas ao consumidor. A matéria seca, embora importante, é uma variável técnica menos considerada comercialmente, pois não é visível e exige avaliação laboratorial. No entanto, indica o acúmulo real de biomassa e qualidade fisiológica da muda. Assim, para fins comerciais, prioriza-se o número de folhas, mas o ideal é aliar ambos os parâmetros (DEMIR *et al.*, 2024).

## **5 CONCLUSÕES**

A casca de café e a casca de eucalipto devem ser submetidas a tratamentos prévios para reduzir compostos fitotóxicos, garantindo sua viabilidade como substrato para a produção de mudas de alface.

A bainha caulinar de bambu, demonstrou potencial como componente alternativo e sustentável para a produção de mudas de alface.

## REFERÊNCIAS

- AHMED, H. A.; YU-XIN, T.; QI-CHANG, Y. Optimal control of environmental conditions affecting lettuce plant growth in a controlled environment with artificial lighting: A review. **Suid-Afrikaanse tydskrif vir plantkunde [South African journal of botany]**, v. 130, p. 75–89, 2020. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.sajb.2019.12.018>. Acesso em: 23 nov. 2025.
- BASTOS, A. L. **Eficiência da produção hidropônica das cultivares de alface fertilizadas com diferentes doses de silício**. 2018. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Agrônômica) - Instituto Federal Goiano, Urutaí, 2018. Disponível em: [https://repositorio.ifgoiano.edu.br/bitstream/prefix/2717/3/tcc\\_Adryelle%20Lima%20Bastos.pdf](https://repositorio.ifgoiano.edu.br/bitstream/prefix/2717/3/tcc_Adryelle%20Lima%20Bastos.pdf). Acesso em: 23 nov. 2025.
- BRITO, W. R. de O.; OLIVEIRA, C. N. de M.; MORAES, R. P. Utilização de substrato preparado com compostagem para produção de mudas: uma revisão sistemática de literatura. **Revista JRG de Estudos Acadêmicos**, v. 7, n. 14, p. e141009, 2024. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.55892/jrg.v7i14.1009>. Acesso em: 23 nov. 2025.
- CENTRAIS DE ABASTECIMENTO, S.A (Ceasa). Disponível em: <https://www.ceasaminas.com.br/>. Acesso em: 01 dez. 2025
- CHEMETOVA, C.; FABIÃO, A.; GOMINHO, J.; RIBEIRO, H. Range analysis of Eucalyptus globulus bark low-temperature hydrothermal treatment to produce a new component for growing media industry. **Waste management (New York, N.Y.)**, v. 79, p. 1–7, 2018. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.wasman.2018.07.019>. Acesso em: 23 nov. 2025.
- COCO COIR MARKET: Global Industry Trends, Share, Size, Growth, Opportunity and Forecast 2024-2032. Disponível em: <https://www.expertmarketresearch.com/reports/coco-coir-market>. Acesso em: 23 nov. 2025.
- COLPAS, F. T.; ONO, E. O.; RODRIGUES, J. D.; PASSOS, J. R. de S. Effects of some phenolic compounds on soybean seed germination and on seed-borne fungi. **Brazilian archives of biology and technology**, v. 46, n. 2, p. 155–161, 2003. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/s1516-89132003000200003>. Acesso em: 23 nov. 2025.
- COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO (Conab). Disponível em: <https://www.gov.br/conab/pt-br>. Acesso em: 23 nov. 2025.
- DAN TATAGIBA, S.; RIGO, H.; SARMENTO, E. C.; *et al.* Benefício da adubação silicatada no crescimento de plantas de alface. **Scientific Electronic Archives**, v. 17, n. 5, 2024. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.36560/17520241971>. Acesso em: 23 nov. 2025.
- DEMIR, H.; SAKA, A. K.; UÇAN, U.; AKGÜN, İ. H.; YALÇI, H. K. Impact of effective micro-organisms (EM) on the yield, growth, and bio-chemical properties of lettuce when applied to soil and leaves. **BMC plant biology**, v. 24, n. 1, p. 1189, 2024. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1186/s12870-024-05980-y>. Acesso em: 23 nov. 2025.

DUAN, S.; LI, M.; XIE, D.; *et al.* Silicon deposition and phytolith morphological variation in culm sheaths of *Dendrocalamus brandisii* at different growth stages. **Plants**, v. 14, n. 6, 2025. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.3390/plants14060841>. Acesso em: 23 nov. 2025.

ESCOBAR-AVELLO, D.; FERRER, V.; BRAVO-ARREPOL, G.; *et al.* Pretreated *Eucalyptus Globulus* and *Pinus Radiata* Barks: Potential Substrates to Improve Seed Germination for a Sustainable Horticulture. **Forests**, v. 14, 2023. Disponível em: <https://www.mdpi.com/1999-4907/14/5/991>. Acesso em: 23 nov. 2025.

FARIA, J. C. T.; PINTO, V. M. de O.; GONÇALVES, D. S.; *et al.* A compostagem da casca de café carbonizada favorece a produção de mudas de ingá. **Nativa**, v. 8, n. 2, p. 224–230, 2020. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.31413/nativa.v8i2.9119>. Acesso em: 23 nov. 2025.

FARIA, R. T. de; STEGANI, V.; BERTONCELLI, D. J.; ALVES, G. A. C.; ASSIS, A. M. de. Substratos para o cultivo de orquídeas epífitas. **Semina. Ciências agrárias**, v. 39, n. 6, p. 2851, 2018. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.5433/1679-0359.2018v39n6p2851>. Acesso em: 23 nov. 2025.

FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 35, n. 6, p. 1039–1042, 2011. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/s1413-70542011000600001>. Acesso em: 23 nov. 2025.

FERREIRA, P. H. F.; BARRETTO, V. C. de M.; TOMAZ, R. S.; *et al.* Vermicomposto e fibra de coco como substratos sustentáveis na produção de mudas de *corymbia citriodora* / vermicompost and coconut fiber as sustainable substrates in the production of seedlings from *corymbia citriodora*. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 9, p. 70274–70286, 2020. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.34117/bjdv6n9-469>. Acesso em: 23 nov. 2025.

FERRER-VILLASMIL, V.; FUENTEALBA, C.; REYES-CONTRERAS, P.; *et al.* Extracted *Eucalyptus globulus* Bark Fiber as a Potential Substrate for *Pinus radiata* and *Quillaja saponaria* Germination. **Plants**, v. 13, n. 6, p. 789, 2024. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.3390/plants13060789>. Acesso em: 23 nov. 2025.

FILGUEIRA, F. A. R. **Novo manual de olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças**. Viçosa: UFV, 2008.

GLOBALDATA, U. K. Time running out for packaging companies, as EUDR set to come into force at the end of the year, observes GlobalData. Disponível em: [https://www.globaldata.com/media/packaging/time-running-packaging-companies-eudr-set-come-force-end-year-observes-globaldata/?utm\\_source=chatgpt.com](https://www.globaldata.com/media/packaging/time-running-packaging-companies-eudr-set-come-force-end-year-observes-globaldata/?utm_source=chatgpt.com). Acesso em: 23 nov. 2025.

GOMES, C. N.; E BORÉM, A. **Alface: do plantio a colheita**. Viçosa: UFV, 2018.

GOMES, M. S. O. **Conservação pós colheita: Frutas e Hortaliças**. Brasília: Embrapa, 1996. Disponível em: <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/114121>. Acesso em: 23 nov. 2025.

GONZAGA, T. O. D.; ARAÚJO, C.; ANDRADE, A. L.; *et al.* Produção de mudas de alface (*Lactuca sativa*) submetidas a diferentes doses de Silício. **Scientific Electronic Archives**, v.13, n.1, p-1-7, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.36560/1312020863>. Acesso em: 23 nov. 2025.

HUANG, W.; RATKOWSKY, D. A.; HUI, C.; *et al.* Leaf fresh weight versus dry weight: Which is better for describing the scaling relationship between leaf biomass and leaf area for broad-leaved plants? **Forests**, v. 10, n. 3, p. 256, 2019. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.3390/f10030256>. Acesso em: 23 nov. 2025.

IMARC GROUP. Peat market evolution fueled by innovations in sustainable extraction and soilless cultivation as per maximize research. Disponível em: <https://www.westerneuropa.com/peat-market-evolution-fueled-by-innovations-in-sustainable-extraction-and-soilless-cultivation-as-per-maximize-research>. Acesso em: 23 nov. 2025.

JESUS, H. I. **Desenvolvimento de mudas de hortaliças em diferentes substratos oriundos de resíduos orgânico**. 2017. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Agrônômica) - Universidade Federal Rural da Amazônia, Amazônia, 2017. Disponível em: <https://bdta.ufra.edu.br/jspui/bitstream/123456789/1567/1/Desenvolvimento%20de%20mudas%20de%20hortali%C3%A7as%20em%20diferentes%20substratos%20oriundos%20de%20res%C3%ADduos%20org%C3%A2nicos..pdf>. Acesso em: 23 nov. 2025.

JORGE, M. H. A.; de CASTRO E MELO, R. A.; HABER, L. L.; *et al.* **Recomendações técnicas para utilização de bandejas multicelulares na produção de mudas de hortaliças**. Brasília: EMBRAPA, 2019. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1110312/1/DOC164FINAL.pdf>. Acesso em: 23 nov. 2025.

KIST, B. B.; BELING, R. R. **Anuário brasileiro de horti&fruti 2023**. Santa Cruz, 2023. Disponível em: <https://www.editoragazeta.com.br/produto/anuario-brasileiro-de-horti-fruti-2023/>. Acesso em: 23 nov. 2025.

KLEIN, C. Substratos alternativos para produção de mudas. **Revista Brasileira de Energias Renováveis**, 2015. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/rber/article/view/40742/26662>. Acesso em: 23 nov. 2025.

MAGALHÃES, PC; RODRIGUES, WA; DURÃES, FOM. **Tanino no grão de sorgo bases fisiológicas e métodos de determinação**. Sete Lagoas: 1997. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/478850/1/circ-27.pdf>. Acesso em: 23 nov. 2025.

MALDONADE, I. R.; MATTOS, L.; MORETTI, C. L. Manual de boas práticas na produção de alface. **Embrapa Hortaliças: Brasília**, v. 44, 2014. Disponível em: <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/1009227>. Acesso em: 23 nov. 2025.

MOREIRA, M. K. S. **Avaliação agrônômica da influência de diferentes substratos e volumes de recipientes na qualidade de mudas de alface**. 2018. Trabalho de conclusão de agronomia (Bacharelado em Agronomia) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais, Colorado do Oeste, 2018. Disponível em: <https://repositorio.ifro.edu.br/items/8b6da8e5-6fb6-4258-9d65-ac930b8f5449>. Acesso em: 23 nov. 2025.

MOTA, S. E.; COSTA, D. P. da; BARROS, J. A. de; *et al.* Biochar from different waste sources as alternative substrates for lettuce and tomato seedling production: biochar de diferentes fontes de resíduos como substrato alternativo para produção de mudas de alface e

tomate. *Revista Brasileira de Geografia Física*, v. 16, n. 6, p. 3445–3453, 2023. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.26848/rbgf.v16.6.p3445-3453>. Acesso em: 23 nov. 2025.

NASCIMENTO, M. H. da S. M. S. DE L. A. B. F. R. B. S. M. M. Cultivo de alface utilizando substratos alternativos. *Scientia Naturalis*, p. 819–827, 2020. Disponível: <https://periodicos.ufac.br/index.php/SciNat/article/view/4249>. Acesso em: 23 nov. 2025.

OLIVEIRA, F. de A. de; SANTANA, F. C. G.; OLIVEIRA, M. K. T. de; *et al.* Efficiency of the floating system in the production of lettuce seedlings using different trays and concentrations of nutrient solution. *Horticultura brasileira*, v. 42, 2024. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/s0102-0536-2024-e2610>. Acesso em: 23 nov. 2025.

OLIVEIRA, J. C. V. de; FERNANDES, B. J. L.; COSTA, E. da S.; SILVA, M. de O.; COSTA, K. D. de S. Produção de mudas de alface em diferentes substratos e níveis de solução nutritiva. *Revista Caderno Pedagógico*, v. 21, n. 12, p. e10293, 2024. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.54033/cadpedv21n12-047>. Acesso em: 23 nov. 2025.

OLIVEIRA, T. M. L. de; FRANCO, J. da S.; SOUSA, A. K. L. de; *et al.* Manejo nutricional em sistema de hidroponia de *Lactuca sativa* L. *Contribuciones a las ciencias sociales*, v. 17, n. 5, p. e6968, 2024. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.55905/revconv.17n.5-201>. Acesso em: 23 nov. 2025.

PAULA, D.W; MANTOVANIL, J.R; AUGUSTO, H.S; REIS, R.A; MOREIRA, J.L.A. No plantio do cafeeiro é melhor aplicar a palha de café na superfície ou incorporá-la? **SBICAFE** 2015. Disponível em: [http://www.sbicafe.ufv.br/bitstream/handle/123456789/7451/192\\_41-CBPC2015.pdf?sequence=1](http://www.sbicafe.ufv.br/bitstream/handle/123456789/7451/192_41-CBPC2015.pdf?sequence=1). Acesso em: 23 nov. 2025.

PEREIRA, C. E.; VON PINHO, É. V. R.; OLIVEIRA, D. F.; KIKUTI, A. L. P. Determinação de inibidores da germinação no espermoderma de sementes de café (*Coffea arabica* L.). *Revista brasileira de sementes [Brazilian seed journal]*, v. 24, n. 1, p. 306–311, 2002. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/s0101-31222002000100042>. Acesso em: 23 nov. 2025.

RESENDE, G. M. de; YURI, J. E.; COSTA, N. D. **Cultivo de alface-crespa no Submédio do Vale do São Francisco. - Portal Embrapa**. 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: 25 nov. 2025.

RODRIGUES, K. F.; WINHELMANN, M. C.; GASTMANN, J.; *et al.* *Baccharis vulneraria* (Asteraceae) cuttings in different substrates. *Rodriguésia*, v. 74, p. e00772022, 2023. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rod/a/Fpkk8LpJ7JLLWgMbfzZ74dG/>. Acesso em: 23 nov. 2025.

ROMO, J. M.; SMITH, I. N.; GALLOWAY, M.; CUTHBERTSON, T. J. The optimal formulation of a readily compostable horticultural growing substrate for vertical farming was determined using design of experiments. *Scientific reports*, v. 14, n. 1, p. 29229, 2024. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1038/s41598-024-80650-5>. Acesso em: 23 nov. 2025.

SANTOS, G. de M.; MARQUES, J. de C. O.; SILVA, R. DE S.; *et al.* Frequência de manejo da solução nutritiva no cultivo de alface hidropônico em região quente. *Observatório de la economía latinoamericana*, v. 22, n. 5, p. e4593, 2024. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.55905/oelv22n5-080>. Acesso em: 23 nov. 2025.

- SANTOS, M. A. Produção de mudas de alface hidropônica via NFT: aspectos técnicos e agronômicos. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, , n. 10, p. 681–687, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1806-66902011000200009>. Acesso em: 23 nov. 2025.
- SHEMEKITE, F.; GÓMEZ-BRANDÓN, M.; FRANKE-WHITTLE, I. H.; *et al.* Coffee husk composting: an investigation of the process using molecular and non-molecular tools. **Waste management (New York, N.Y.)**, v. 34, n. 3, p. 642–652, 2014. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.wasman.2013.11.010>. Acesso em: 23 nov. 2025.
- SHI, M.; GU, J.; WU, H.; *et al.* Nutrition, Metabolism, Bioavailability, and Health Benefits in Lettuce - A Comprehensive Review. **Antioxidants**, v. 11, 1158. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/35740055/>. Acesso em: 23 nov. 2025.
- SILVA, M. F.; ASSUNÇÃO, C. T.; CONDÉ, S. A.; *et al.* Manejo e tratos culturais na cultura da alface. **Ciências Agrárias: limites e potencialidades em pesquisa**, v. 3. p.87–99, 2023. Editora Científica Digital. Disponível em: <https://downloads.editoracientifica.com.br/articles/230914568.pdf>. Acesso em: 23 nov. 2025.
- SILVA, O. M. das C.; HERNÁNDEZ, M. M.; ARAUJO, G. D. C. R.; *et al.* Potencial uso da casca de café como constituinte de substrato para produção de mudas de espécies florestais. **Ciencia Florestal**, v. 30, n. 4, p. 1161–1175, 2020. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.5902/1980509842500>. Acesso em: 23 nov. 2025.
- SILVA, T. P. de P.; FLORÊNCIO, R. R.; SANTOS, A. E. O. Qualidade pós-colheita de hortaliças Biofortificadas: Revisão bibliográfica. **Revista Ouricuri**, v. 14, n. 1, p. 03–20, 2024. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.59360/ouricuri.vol14.il.a19764>. Acesso em: 22 nov. 2025.
- STEWART, R. D. Gold standards for substrate physico-chemical characterization. **Acta horticulturae**, n. 1389, p. 201–214, 2024. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.17660/actahortic.2024.1389.23>. Acesso em: 22 nov. 2025.
- SUDAMERICA, S. S. Hortaliças: Jade alface. Disponível em: <https://www.sakata.com.br/hortalicas/folhosas/alface/crespa/jade>. Acesso em: 22 nov. 2025.
- VIEGAS, F. C.; MARAN, J. L. O. **Produção de mudas de alface americana e crespa em diferentes substratos**. 2019. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Agronomia) – Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados, 2019. Disponível em: <http://repositorio.ufgd.edu.br/jspui/handle/prefix/2265>. Acesso em: 22 nov. 2025.
- YURI, J. E.; MOTA, J. H.; RESENDE, G. M. de; SOUZA, R. J. DE. **Exigências nutricionais; Calagem; Adubação orgânica; Adubação química**. Jaboticabal: Jaboticabal: FCAV/CAPES, 2016. Disponível em: <http://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/1044447>. Acesso em: 23 nov. 2025.
- ZANELATTO, L. C. **Desenvolvimento de substrato à base de lodo de esgoto e resíduos da indústria do bambu**. 2024. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Agronomia) – Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2024. Disponível em: <http://https://repositorio.unesp.br/entities/publication/b3f21f95-047b-45cf-9027-51bf6dbc5775>. Acesso em: 22 nov. 2025.