

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE MINAS
GERAIS – *CAMPUS* BAMBUÍ
BACHARELADO EM AGRONOMIA

Isabelly Avelar Santos

**UTILIZAÇÃO DE CASCAS DE CAFÉ E ARROZ CARBONIZADAS COMO
CONSTITUINTES DE SUBSTRATO PARA PRODUÇÃO DE MUDAS DE ALFACE
(*Lactuca sativa* L.)**

ISABELLY AVELAR SANTOS

**UTILIZAÇÃO DE CASCAS DE CAFÉ E ARROZ CARBONIZADAS COMO
CONSTITUINTES DE SUBSTRATO PARA PRODUÇÃO DE MUDAS DE ALFACE
(*Lactuca sativa* L.)**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Curso de Bacharelado em Agronomia do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais - *Campus* Bambuí como requisito parcial para a obtenção do grau de bacharela em Agronomia.

Orientadora: Prof^ª. Me. Érika Soares Reis

Catálogo na Fonte Biblioteca IFMG - Campus Bambuí

S237u Santos, Isabelly Avelar.
Utilização de cascas de café e arroz carbonizadas como constituintes de substrato para produção de mudas de alface (*Lactuca sativa* L.). / Isabelly Avelar Santos. – 2025.
32 f.; il.: color.

Orientadora: Profa. Me. Érika Soares Reis.
Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais – Campus Bambuí, MG, Curso Bacharelado em Agronomia, 2025.

1. Substrato alternativo. 2. Sustentabilidade. 3. Biochar. I. Reis, Érika Soares. II. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais – Campus Bambuí, MG. III. Título.

CDD 681.81



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE MINAS GERAIS
Campus Bambuí
Diretoria de Ensino
Departamento de Ciências Agrárias
Faz. Varginha - Rodovia Bambuí/Medeiros - Km 05 - Caixa Postal 05 - CEP 38900-000 - Bambuí - MG
37 3431 4900 - www.ifmg.edu.br

Isabelly Avelar Santos

**UTILIZAÇÃO DE CASCAS DE CAFÉ E ARROZ CARBONIZADAS COMO
CONSTITUINTES DE SUBSTRATO PARA PRODUÇÃO DE MUDAS DE ALFACE
(*Lactuca sativa* L.)**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Curso de Bacharelado em Agronomia do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais - *Campus* Bambuí como requisito parcial para a obtenção do grau de bacharela em Agronomia.

Aprovado em 24 de julho de 2025.

Prof^ª. Érika Soares Reis
(Orientadora – IFMG/*Campus* Bambuí)

Prof. Fábio Pereira Dias

Prof. Ricardo Monteiro Correa

BambuÍ, 24 de julho de 2025.



Documento assinado eletronicamente por **Erika Soares Reis, Professora**, em 24/07/2025, às 14:32, conforme Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020.



Documento assinado eletronicamente por **Fabio Pereira Dias, Professor**, em 25/07/2025, às 07:18, conforme Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020.



Documento assinado eletronicamente por **Ricardo Monteiro Correa, Professor**, em 25/07/2025, às 09:56, conforme Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020.



A autenticidade do documento pode ser conferida no site <https://sei.ifmg.edu.br/consultadocs> informando o código verificador **2395108** e o código CRC **1CA8E4E8**.

AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente, a Deus por ter guiado os meus passos até aqui, por sempre me provar que, por maior que sejam os meus sonhos, os Dele são maiores.

À minha mãe, Sueli, meu maior exemplo de amor, coragem e dedicação, por todo apoio incondicional, pelas orações e pelo incentivo constante em cada etapa da minha vida.

Aos meus amigos, que estiveram ao meu lado nos momentos bons e difíceis, com palavras de incentivo, risadas, conselhos e companhia verdadeira ao longo dessa jornada.

À minha orientadora, Érika Soares, pelo conhecimento compartilhado, pela paciência e pelas contribuições fundamentais para a realização deste trabalho. Agradeço, também, ao professor Fábio Dias por sua atenção, apoio técnico e palavras motivadoras ao longo do curso.

Ao meu namorado, Gustavo, que esteve comigo em cada etapa; vivemos juntos essa jornada, compartilhamos risos e lágrimas. Sua parceria foi essencial nessa caminhada.

E, por fim, agradeço a mim mesma a coragem e a força, por não ter desistido, mesmo diante das dificuldades, por não ter duvidado dos dias de sol, mesmo quando parecia cinza, por ter acreditado nos meus sonhos e na minha capacidade de realizá-los.

RESUMO

A produção de mudas de hortaliças, especialmente da alface (*Lactuca sativa* L.), requer substratos com boas propriedades físicas, químicas e biológicas, que garantam o desenvolvimento adequado das plântulas. Com o objetivo de buscar alternativas sustentáveis e de baixo custo para a agricultura, este trabalho avaliou o potencial das cascas de café e arroz carbonizadas como componentes de substratos para a produção de mudas de alface. O estudo foi conduzido em casa de vegetação no IFMG - *Campus* Bambuí, utilizando-se nove formulações diferentes de substratos, compostos por diferentes proporções de casca de arroz carbonizada (CAC), casca de café carbonizada (CCC) e substrato comercial (SB). Foram realizadas análises físicas e químicas dos substratos (pH, densidade, porosidade, capacidade de retenção de água), bem como avaliações agronômicas das mudas: altura da parte aérea, número de folhas verdadeiras, comprimento da raiz, massas fresca e seca da parte aérea e das raízes. Os resultados demonstraram que os tratamentos com até 50% de CCC ou CAC apresentaram desempenho agronômico igual ou superior ao do substrato comercial puro, com destaque para os tratamentos T3, T4 e T9. Conclui-se que é possível substituir até 50% do substrato comercial por casca de café carbonizada, mantendo a qualidade das mudas e promovendo uma alternativa sustentável, técnica e economicamente viável.

Palavras-chave: Substrato Alternativo. Sustentabilidade. Biochar. Horticultura. Resíduos Agrícolas.

ABSTRACT

The production of vegetable seedlings, especially lettuce (*Lactuca sativa* L.), requires substrates with good physical, chemical, and biological properties to ensure proper seedling development. Aiming to find sustainable and low-cost alternatives for agriculture, this study evaluated the potential of carbonized coffee husks (CCC) and carbonized rice husks (CAC) as substrate components for lettuce seedling production. The study was conducted in a greenhouse at IFMG – *Campus* Bambuí, using nine different substrate formulations composed of varying proportions of CAC, CCC, and commercial substrate (SB). Physical and chemical analyses of the substrates were carried out (pH, density, porosity, water retention capacity), as well as agronomic evaluations of the seedlings: shoot height, number of true leaves, root length, fresh and dry mass of shoots and roots. The results showed that treatments with up to 50% CCC or CAC performed as well as or better than the pure commercial substrate, with treatments T3, T4, and T9 standing out. It was concluded that up to 50% of the commercial substrate can be replaced with carbonized coffee husk, maintaining seedling quality while offering a sustainable, technically and economically viable alternative.

Keywords: Alternative Substrate. Sustainability. Biochar. Horticulture. Agricultural Waste.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	8
2	OBJETIVOS.....	9
2.1	Objetivo geral	9
2.2	Objetivos específicos	9
3	REFERENCIAL TEÓRICO.....	9
3.1	Origem e importância social e econômica da alface.....	9
3.2	Produção de mudas	10
3.3	Substratos.....	11
3.4	Carbonização de resíduos agrícolas.....	13
4	MATERIAIS E MÉTODOS.....	14
4.1	Localização	14
4.2	Obtenção e preparo dos constituintes do substrato	14
4.3	Delineamento experimental	16
4.4	Análises químicas e físicas dos substratos.....	17
4.5	Processo de produção das mudas.....	18
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	20
5.1	Análises das propriedades químicas e físicas dos substratos.....	20
5.2	Análises das características agronômicas	21
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS	30
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	31

1 INTRODUÇÃO

A alface (*Lactuca sativa*) é uma hortaliça de grande relevância econômica, destacando-se como a mais consumida no Brasil e no mundo (REVISTA CULTIVAR, 2015). Além de ser um alimento essencial na dieta de milhões de pessoas, o cultivo da alface também é uma atividade importante para a agricultura familiar, gerando, em média, cinco empregos diretos por hectare (SILVÉRIO, 2008). Com sua produção disseminada por diversas regiões do País, a alface contribui significativamente para a economia local e para a geração de renda, refletindo sua importância no mercado interno.

Neste contexto, a obtenção de mudas de qualidade torna-se uma etapa importante e essencial para o sucesso da produção. Existem fatores importantes que devem ser levados em consideração durante esse processo, dentre eles, o substrato destaca-se como um dos principais, devendo apresentar características que forneçam condições ideais para o desenvolvimento pleno das mudas.

Um substrato de qualidade deve apresentar consistência, boa estrutura, alta capacidade de retenção de água e alta porosidade. O material não deve se expandir, contrair ou apresentar substâncias tóxicas, devendo ser disponível e padronizado (WINCKLER, 2013), considerando-se, também, o custo-benefício, a disponibilidade na região e o fácil manuseio (REVISTA ÁRVORE, 2013). Os materiais alternativos na composição do substrato têm sido cada vez mais utilizados por produtores, pois são uma maneira de diminuir custos mantendo-se a qualidade do produto, além de influenciarem no valor final das mudas (ESPÍNDOLA, 2007).

A casca de café resultante do beneficiamento deste tem se apresentado como potencial alternativa para utilização no substrato e também como uma boa opção de fertilizante orgânico (WINCKLER, 2013). Do mesmo modo, a casca de arroz, nos últimos anos, tem sido bastante utilizada na produção de mudas por apresentar características interessantes para o desenvolvimento das plantas, como alta capacidade de retenção de água, drenagem rápida e eficiente, relativa estabilidade de estrutura, baixa densidade e pH próximo à neutralidade (TRIGUEIRO; GUERRINI, 2003. SOARES, 2012).

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

O objetivo deste trabalho foi avaliar o potencial das cascas de café e arroz carbonizadas como componentes do substrato para a produção de mudas de alface.

2.2 Objetivos específicos

- Analisar a composição físico-química das cascas de café e arroz carbonizadas;
- Analisar a influência das cascas de café e arroz carbonizadas na qualidade das mudas de alface, considerando parâmetros como altura e número de folhas;
- Avaliar biomassas fresca e seca da parte aérea;
- Avaliar biomassas fresca e seca da raiz.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 Origem e importância social e econômica da alface

A alface (*Lactuca sativa* L.), pertencente à família Asteraceae, é considerada uma das hortaliças folhosas mais antigas cultivadas pelo homem. Sua origem é atribuída à região do Mediterrâneo e do Oriente Próximo, onde já era utilizada tanto na alimentação quanto na medicina tradicional por egípcios, gregos e romanos (FILGUEIRA, 2013).

Segundo Lorenzi *et al.* (2006), a planta foi domesticada há mais de dois mil anos, e seu cultivo se espalhou para diversas partes do mundo através das rotas comerciais. De acordo com Purquerio *et al.* (2005), a ampla adaptação climática da alface contribuiu para sua rápida disseminação, permitindo que hoje ela seja cultivada em praticamente todas as regiões do Brasil.

A produção de alface tem grande relevância social, especialmente no contexto da agricultura familiar, que é responsável por cerca de 70% dos alimentos que chegam à mesa dos brasileiros (IBGE, 2023). Por ser uma hortaliça de fácil cultivo e rápido ciclo de produção, a alface representa uma alternativa viável para geração de renda em pequenas propriedades rurais (RESENDE *et al.*, 2019).

Além disso, seu consumo está fortemente associado a hábitos alimentares

saudáveis. Segundo a Organização Mundial da Saúde (OMS, 2021), o aumento do consumo de hortaliças, como a alface, está diretamente ligado à prevenção de doenças crônicas não transmissíveis, como diabetes e hipertensão. Assim, além de sua importância econômica, a alface também exerce um papel fundamental na segurança alimentar e nutricional da população.

Do ponto de vista econômico, a alface está entre as hortaliças mais produzidas e comercializadas no Brasil. Conforme dados do IBGE (2023), a cultura movimenta milhões de reais por ano, sendo destaque nos cinturões verdes das grandes cidades.

A diversidade de sistemas de cultivo, como a produção em campo aberto, em estufas e em sistemas hidropônicos, tem permitido ganhos de produtividade e qualidade (PURQUERIO *et al.*, 2005).

De acordo com Filgueira (2013), o constante aprimoramento das técnicas de cultivo e a seleção de variedades adaptadas às diferentes regiões do País têm ampliado a competitividade da cultura no mercado. Ademais, a cadeia produtiva da alface envolve um grande número de atores, desde viveiristas e produtores até distribuidores e comerciantes, reforçando sua importância econômica dentro do setor hortícola.

3.2 Produção de mudas

A produção de mudas de hortaliças é uma etapa essencial para o sucesso das lavouras, pois influencia diretamente o vigor inicial das plantas, a uniformidade do plantio e o potencial produtivo da cultura. Segundo Purquerio *et al.* (2005), a utilização de mudas bem desenvolvidas e sadias contribui para o estabelecimento adequado da lavoura, reduzindo perdas e promovendo maior eficiência no manejo agrícola. Com o avanço das tecnologias, a produção de mudas vem sendo aprimorada, passando do cultivo direto no solo para métodos protegidos e mais controlados, como bandejas de poliestireno expandido em ambiente protegido.

A alface (*Lactuca sativa* L.) é uma das hortaliças que mais dependem de mudas de qualidade para garantir produtividade e sanidade na lavoura. Por ser uma planta sensível ao estresse hídrico e nutricional, a fase de produção de mudas torna-se crítica. Segundo Filgueira (2013), a muda ideal de alface deve apresentar de quatro a seis folhas verdadeiras, raiz bem desenvolvida e caule curto, fatores que favorecem o pagamento rápido no campo. O uso de substratos específicos, enriquecidos com matéria orgânica e nutrientes, é essencial para o desenvolvimento adequado das plântulas (RESENDE *et al.*, 2019).

As condições ambientais durante a fase de produção das mudas, como temperatura, luminosidade, ventilação e umidade, devem ser cuidadosamente controladas. De acordo com

Maluf *et al.* (2007), o ambiente protegido, como estufas e viveiros telados, reduz o risco de pragas e doenças, além de favorecer o crescimento uniforme das mudas. A irrigação também deve ser bem manejada, evitando o encharcamento ou a deficiência hídrica, que podem comprometer o sistema radicular das plântulas e resultar em mudas frágeis ou inviáveis para o transplante.

Outro aspecto relevante é a escolha de sementes de qualidade, preferencialmente certificadas, que garantam maior taxa de germinação e pureza genética. A adoção de técnicas como a semeadura em bandejas com células individuais permite melhor aproveitamento do espaço, redução de perdas e menor competição entre plantas. Além disso, a produção em bandejas facilita o transporte e o manejo das mudas, promovendo maior eficiência nas operações agrícolas (TIVELLI *et al.*, 2011). Assim, a produção de mudas de alface, quando realizada com técnicas adequadas, torna-se um fator determinante para a sustentabilidade e a rentabilidade da horticultura moderna.

A nutrição das mudas é outro fator essencial durante sua formação. A aplicação equilibrada de nutrientes, por meio de adubação no substrato ou fertirrigação, contribui para o desenvolvimento adequado das estruturas vegetativas da planta. Segundo Trani *et al.* (2010), os nutrientes mais exigidos pela alface na fase de muda são nitrogênio, fósforo e potássio, os quais atuam diretamente na formação das folhas, no enraizamento e na resistência ao estresse. A deficiência ou o excesso desses elementos pode comprometer a qualidade das mudas e, por consequência, afetar a produtividade final da cultura.

Além disso, a sanidade vegetal deve ser constantemente monitorada, sobretudo, porque as mudas jovens são mais vulneráveis a patógenos como *Pythium*, *Rhizoctonia* e *Fusarium*, além de pragas como mosca-minadora e pulgões (RESENDE *et al.*, 2019). A adoção de boas práticas fitossanitárias, como o uso de substratos esterilizados, rotação de bandejas e controle biológico, contribui para a redução de perdas e para a produção de mudas mais saudáveis.

3.3 Substratos

A escolha do substrato adequado é um dos fatores mais críticos na produção de mudas de hortaliças, especialmente no cultivo de alface, uma das espécies mais sensíveis durante a fase inicial de desenvolvimento. O substrato deve fornecer suporte físico, reter água e nutrientes em quantidade suficiente e permitir aeração adequada para o bom crescimento do sistema radicular (KÄMPF, 2000). Além disso, deve apresentar características como

estabilidade química, ausência de patógenos e boa capacidade de troca de cátions, garantindo o desenvolvimento saudável das plântulas até o momento do transplântio.

No caso da alface, a qualidade do substrato influencia diretamente a uniformidade das mudas, o tempo de permanência no viveiro e o sucesso do pegamento no campo. Segundo Purquerio *et al.* (2005), substratos com textura adequada e boa capacidade de drenagem evitam problemas como a compactação, o excesso de umidade e o apodrecimento de raízes.

A composição ideal do substrato, geralmente, inclui materiais orgânicos e inorgânicos que proporcionam equilíbrio entre retenção de água e aeração. Entre os componentes amplamente utilizados, destacam-se a casca de arroz carbonizada, a fibra de coco, a turfa, o húmus de minhoca, a vermiculita e a perlita (TIVELLI *et al.*, 2011).

A casca de arroz carbonizada é um material bastante promissor, principalmente por sua elevada porosidade, leveza e boa drenagem, sendo recomendada na formulação de substratos para mudas de alface. Ela contribui significativamente para a aeração do sistema radicular, além de possuir baixo custo e ampla disponibilidade em regiões produtoras de arroz (FERMINO, 2014).

A casca de café resultante do seu beneficiamento tem se apresentado como potencial alternativa para utilização no substrato e também como uma boa opção de fertilizante orgânico (WINCKLER, 2013). Esse material apresenta boa porosidade, baixa densidade e contribui para a aeração e drenagem do substrato, características fundamentais para o desenvolvimento radicular saudável. Além disso, seu reaproveitamento representa uma prática sustentável, especialmente em regiões onde há disponibilidade do resíduo agroindustrial. Segundo Souza *et al.* (2021), quando devidamente tratada, a casca de café carbonizada pode substituir parcialmente outros componentes comerciais, promovendo redução de custos e valorização de resíduos agrícolas.

A fibra de coco também é amplamente valorizada na composição de substratos, principalmente por sua estrutura fibrosa, que mantém um bom equilíbrio entre retenção de água e aeração. Estudos mostram que substratos com até 50% de fibra de coco, misturados com vermiculita ou composto orgânico, promovem excelente desenvolvimento de mudas de alface, aumentando a área foliar e a massa seca das plantas (FERMINO *et al.*, 2010).

A composição física e química do substrato deve ser monitorada, pois materiais muito finos podem reter água em excesso, dificultando a oxigenação das raízes, enquanto substratos com partículas muito grossas comprometem a retenção de umidade (FILGUEIRA, 2013).

3.4 Carbonização de resíduos agrícolas

A crescente preocupação com a sustentabilidade na agricultura tem incentivado o desenvolvimento de tecnologias voltadas ao aproveitamento de resíduos agroindustriais. Entre essas tecnologias, a carbonização de biomassa destaca-se por transformar resíduos orgânicos, como casca de arroz e casca de café, em produtos de valor agregado. Esse processo térmico, realizado em condições de baixa ou ausência de oxigênio, resulta na formação do biocarvão (biochar), um material com alta estabilidade química, porosidade significativa e potencial de aplicação como componente de substratos para produção vegetal (NOVOTNY *et al.*, 2015).

A casca de arroz é um dos principais resíduos da cadeia orizícola e, após a carbonização, origina um material com elevado teor de sílica, o que lhe confere propriedades físicas favoráveis à aeração e drenagem em substratos hortícolas. Estudos indicam que sua inclusão em substratos pode melhorar a estrutura física e a capacidade de retenção de água, além de promover maior desenvolvimento radicular (SOUZA *et al.*, 2011).

De forma semelhante, a casca de café, resíduo amplamente disponível em regiões produtoras, apresenta composição rica em lignina e compostos fenólicos. Quando submetida à pirólise, resulta em um biochar com elevada capacidade de retenção de nutrientes e estímulo à atividade microbiana do solo (OLIVEIRA *et al.*, 2019).

A incorporação de biochar à base desses resíduos em substratos agrícolas apresenta impactos positivos sobre as propriedades físicas e químicas do meio de cultivo.

Segundo Lima *et al.* (2015), a aplicação de biocarvão oriundo da casca de arroz resultou em melhoria na taxa de germinação e no crescimento inicial de plântulas, devido ao aumento na retenção hídrica e ao equilíbrio na aeração.

Santos *et al.* (2020) observaram que o uso de biochar de casca de café promoveu incremento na biomassa aérea de mudas e na fertilidade do substrato, evidenciando seu potencial como condicionador físico e químico.

Além dos benefícios agronômicos, o uso de resíduos carbonizados em substratos se insere no contexto da economia circular e do manejo sustentável dos recursos naturais. A valorização de subprodutos agrícolas reduz a pressão sobre recursos não renováveis, diminui os custos de produção e contribui para a mitigação das emissões de gases de efeito estufa por meio do sequestro de carbono estável no solo (FREITAS *et al.*, 2021). Nesse sentido, a casca de arroz e a casca de café carbonizadas representam soluções promissoras, técnicas e ambientalmente viáveis para a formulação de substratos agrícolas de alto desempenho.

3.5 Potencial das cascas carbonizadas como componentes de substratos

A utilização de resíduos agrícolas carbonizados como componentes de substratos tem ganhado destaque na produção de mudas, especialmente devido às suas características físicas e químicas favoráveis. A casca de arroz carbonizada (CAC) apresenta excelente estabilidade física, elevada porosidade e boa retenção de água, contribuindo para o desenvolvimento radicular das plantas. Por sua vez, a casca de café carbonizada (CCC) é rica em matéria orgânica e possui elevada capacidade de troca catiônica (CTC), sendo uma fonte potencial de nutrientes para as plantas.

Segundo Silva *et al.* (2022), o uso de CAC em até 50% da composição do substrato promoveu maior emergência e crescimento de mudas de alface (*Lactuca sativa* L.) quando comparado ao substrato comercial, destacando-se como alternativa viável ao cultivo convencional.

Oliveira *et al.* (2021) observaram que substratos formulados com 30% de CCC e 70% de terra apresentaram desempenho superior ao do tratamento controle, promovendo um aumento significativo na biomassa aérea e no vigor das mudas de alface. Esses resultados indicam que as cascas carbonizadas contribuem não apenas para a estrutura física do substrato, mas também para sua qualidade nutricional.

Martins *et al.* (2023) relatam que o uso de CAC como principal componente do substrato reduziu em até 40% o custo de produção de mudas de alface em viveiros de pequeno porte, sem comprometer a qualidade final das mudas.

4 MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 Localização

Para realização deste trabalho, foi utilizada uma casa de vegetação localizada no Instituto Federal de Minas Gerais - *Campus* Bambuí. O município, localizado no centro-oeste mineiro, tem uma área total de 1453,99 km², altitude de 725,9 m e, em geral, temperaturas que variam de 13 °C a 32 °C.

4.2 Obtenção e preparo dos constituintes do substrato

Os substratos empregados na produção das mudas foram formulados com três tipos

de constituintes: casca de café carbonizada, casca de arroz carbonizada e substrato comercial.

As cascas de café foram disponibilizadas pelo setor de cafeicultura do *campus*, e já tinham passado pela carbonização, ao passo que as cascas de arroz foram doadas pelo setor de olericultura. Para a realização do experimento, as cascas de café foram previamente limpas, e as de arroz, submetidas ao processo de carbonização em um recipiente metálico com aberturas laterais, como apresentado na Figura 1.

Figura 1: Cascas de arroz sendo submetidas ao processo de carbonização



Fonte: arquivo próprio, 2024.

O substrato utilizado para o cultivo das mudas de alface foi composto por cascas de café e arroz carbonizadas em diferentes proporções, combinadas com o substrato comercial que, em sua composição, apresenta cascas de pinus e de arroz, cinzas, fosfato natural, NPK e calcário dolomítico. As sementes utilizadas foram de alface crespada Jade (SAKATA) com 95% de germinação e 99,99% de pureza física.

Posteriormente, foram quantificadas as proporções de cada constituinte e realizada a mistura manual dos tratamentos. No total, foram 9 tratamentos, medidos em baldes de 3 litros (Figura 2).

Figura 2: Mistura dos materiais para obtenção dos substratos

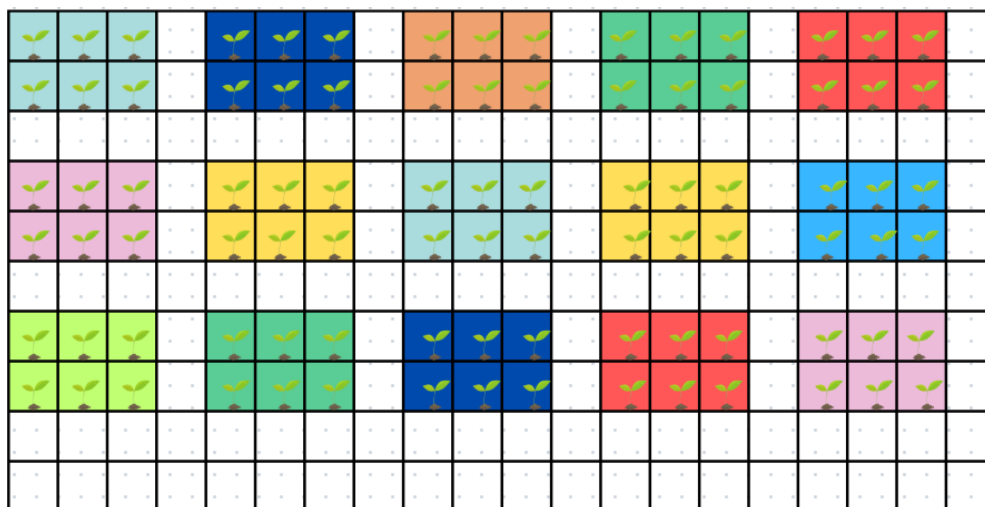


Fonte: arquivo próprio, 2024.

4.3 Delineamento experimental

O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado (DIC), constituído por nove tratamentos, com cinco repetições e 6 plantas por repetição, como demonstrado na Figura 3. Os dados foram analisados pelo programa Sisvar (FERREIRA, 2000), e as médias dos dados foram comparadas por meio do teste de Scott-Knott, para determinação das diferenças entre os tratamentos com um intervalo de 5% de probabilidade. As descrições dos tratamentos estão dispostas na Tabela 1.

Figura 3: Demonstração da área experimental.



Fonte: autor próprio, 2025.

Tabela 1 – Proporções volumétricas (%) dos constituintes utilizados na formulação dos substratos para a produção de mudas de alface (*Lactuca sativa*)

Tratamentos	SB	CAC	CCC
T1	-	-	100
T2	25	-	75
T3	50	-	50
T4	75	-	25
T5	100	-	-
T6	-	100	-
T7	25	75	-
T8	50	50	-
T9	75	25	-

Fonte: autor próprio, 2025.

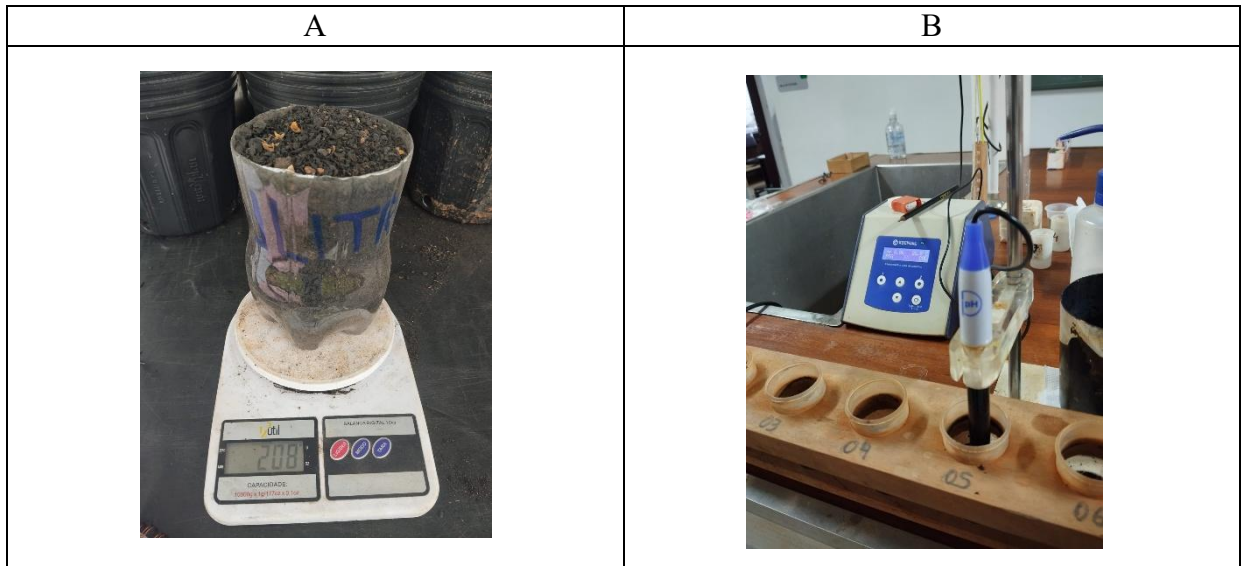
Em que: SB - Substrato comercial; CAC - Casca de arroz carbonizada; CCC - Casca de café carbonizada.

4.4 Análises químicas e físicas dos substratos

Com a finalidade de realizar a caracterização física e química, as amostras dos substratos formulados foram submetidas a avaliações. Na caracterização química dos substratos, foram medidos os potenciais hidrogeniônicos (pH). Para medição, foram coletados 100 ml de cada tratamento e levados ao Laboratório de Análise de Solos do IFMG - Bambuí, onde passaram pelo processo de secagem e determinação de pH.

Para as análises físicas, foram avaliados o volume dos sólidos e dos poros, a consistência da amostra úmida e a densidade e a capacidade de retenção de água. As avaliações foram efetuadas no Laboratório de Solos do IFMG - *Campus* Bambuí, sendo que, para as análises físicas, utilizaram-se balança, bandejas plásticas, baldes e amostras de todos os tratamentos (Figura 4 A-B).

Figura 4 A-B: Análises das propriedades físicas e químicas do substrato



Fonte: arquivo próprio, (2025)

4.5 Processo de produção das mudas

A semeadura foi realizada no dia 12/05/2025 em bandejas de isopor previamente higienizadas, dispostas em bancadas suspensas, com uma semente por célula. As irrigações foram efetuadas diariamente, 3 vezes ao dia. Após 7 dias de semeadura, as adubações foram iniciadas por fertirrigação, realizadas 2 vezes por semana, aplicadas via seringa, célula por célula. Para obtenção da solução, utilizou-se o nitrato de cálcio com concentração de 4g/litro, sendo que o pH e a condutividade elétrica da solução foram medidos, alcançando-se os valores de 4,9 e 4,56, respectivamente.

Com 23 dias após a emergência, foi realizada a primeira avaliação do desempenho das mudas, considerando-se a altura da parte aérea e o número de folhas verdadeiras (Figura 5).

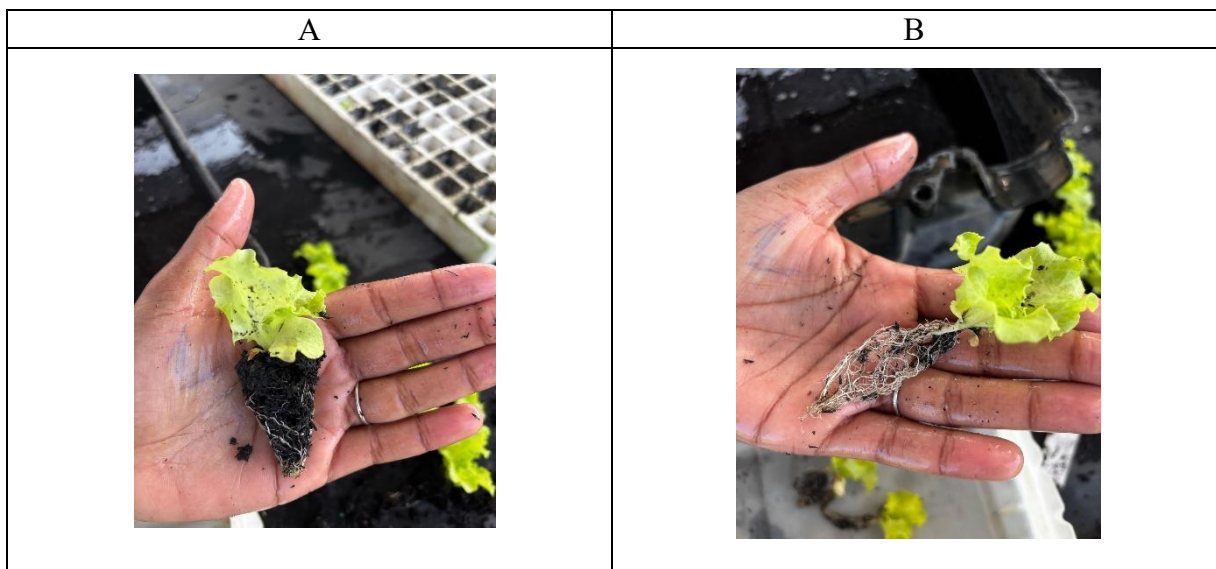
Figura 5: Avaliação de desempenho 23 DAE



Fonte: Arquivo próprio, (2025)

A retirada das mudas foi realizada em 11 de junho de 2025, quando todos os tratamentos apresentavam, no mínimo, quatro folhas verdadeiras. As mudas foram cuidadosamente removidas das bandejas e tiveram seus sistemas radiculares lavados com água corrente, a fim de remover o excesso de substrato aderido (Figura 6 A-B).

Figura 6 A-B: Lavagem das raízes das plantas



Fonte: arquivo próprio, (2025)

As avaliações foram executadas no Laboratório de Fitopatologia do IFMG - *Campus* Bambuí e incluíram as seguintes variáveis: comprimento da parte aérea, comprimento da raiz, número de folhas verdadeiras, massa fresca da parte aérea, massa fresca da raiz e número de falhas de cada parcela.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Análises das propriedades químicas e físicas dos substratos

A Tabela 2 apresenta os valores de pH de cada tratamento, ressaltando-se que todos apresentaram teores maiores que 7,0. Klein *et al.*, durante pesquisas para caracterização de substratos, afirmaram que a presença de materiais orgânicos carbonizados pode alterar significativamente os valores de pH, o que pode explicar os resultados obtidos nesta análise.

Tabela 2 – Valores de potencial hidrogeniônico (pH) de cada tratamento

Tratamentos	pH
T1	10,2
T2	9,6
T3	9,2
T4	9,2
T5	8,3
T6	8,2
T7	8,3
T8	7,8
T9	8,0

Fonte: autor próprio, 2025.

Os resultados das análises das propriedades físicas dos tratamentos estão apresentados na Tabela 3.

Tabela 3 – Valores de análises de densidade, capacidade de retenção e volume de poros de cada tratamento

Tratamento	Densidade (g/l)	Cap.ret. (%)	Vol.poros (%)
1	208	45	91,6
2	324	53	87,0
3	418	62	83,2
4	486	71	80,5
5	624	80	75,0
6	230	30	90,8
7	283	42	88,6
8	450	55	82,0
9	424	67	83,0

Fonte: autor próprio, 2025.

Substratos com menor densidade aparente facilitam o manuseio e o transporte, além de exercerem menor carga sobre a estrutura de sustentação, como bancadas e mesas de cultivo. A capacidade de retenção de água refere-se à quantidade de água que o substrato é capaz de armazenar em um determinado volume, sendo uma característica fundamental para o bom desenvolvimento das plantas. Substratos com maior porosidade, especialmente com predominância de macroporos, tendem a apresentar menor retenção hídrica devido ao aumento da drenagem e à maior facilidade de evaporação da água (KÄMPF, 2005; FERMINO, 2003).

5.2 Análises das características agronômicas

Os dados obtidos nas avaliações foram submetidos à análise de variância pelo teste F ($p < 0,05$) e, quando observado efeito significativo, foi aplicado o teste de comparação de médias dos tratamentos entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de significância.

Na Tabela 4, constam os resultados médios das características analisadas para todos os tratamentos. Todas as variáveis foram significativas, exceto comprimento de raiz.

Tabela 4 – Valores médios das variáveis agronômicas das mudas avaliadas obtidos para os diferente tratamentos.

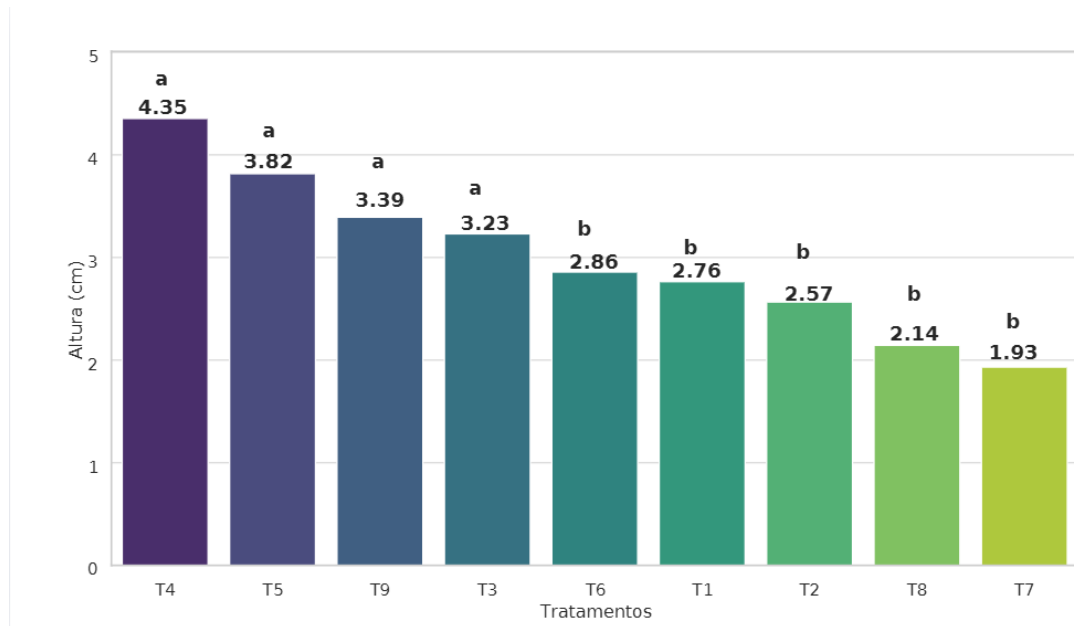
Tratamento	Altura (cm)	N.º folhas	Comp. raiz (cm)	Massa fresca PA (g)	Massa fresca raiz (g)	Massa seca PA (g)	Massa seca raiz (g)
1	2,764	2,998	5,182	2,580	1,480	0,260	0,120
2	2,566	2,902	4,326	3,072	1,960	0,280	0,180
3	3,230	4,000	5,800	3,916	2,350	0,380	0,230
4	4,354	4,832	6,266	6,204	3,786	0,690	0,400
5	3,816	4,766	6,098	5,240	4,100	0,630	0,550
6	2,858	3,534	4,500	3,900	2,700	0,480	0,230
7	1,932	2,534	3,400	1,720	0,930	0,136	0,040
8	2,144	2,766	3,634	2,260	1,266	0,224	0,120
9	3,392	4,232	5,798	3,172	1,478	0,340	0,880
Média	3,00	3,61	5,00	3,56	2,22	0,38	0,305
C.V. (%)	34,78	33,79	34,44	23,9	35,4	12,85	7,71

Fonte: autor próprio, 2025.

Altura da planta

A variável altura apresentou diferenças significativas entre os tratamentos. Os melhores desempenhos foram observados nos tratamentos T4, T5, T9 e T3. Esse padrão evidencia que a adição de casca de arroz e casca de café, em proporções equilibradas ao substrato comercial, pode ser vantajosa, especialmente quando utilizadas até 50%, mantendo a estrutura física e a retenção hídrica do substrato. A Figura 6 apresenta os valores médios de altura das plantas e classifica os tratamentos que são estatisticamente iguais.

Figura 6: Alturas médias de mudas de alface cultivadas em diferentes substratos.



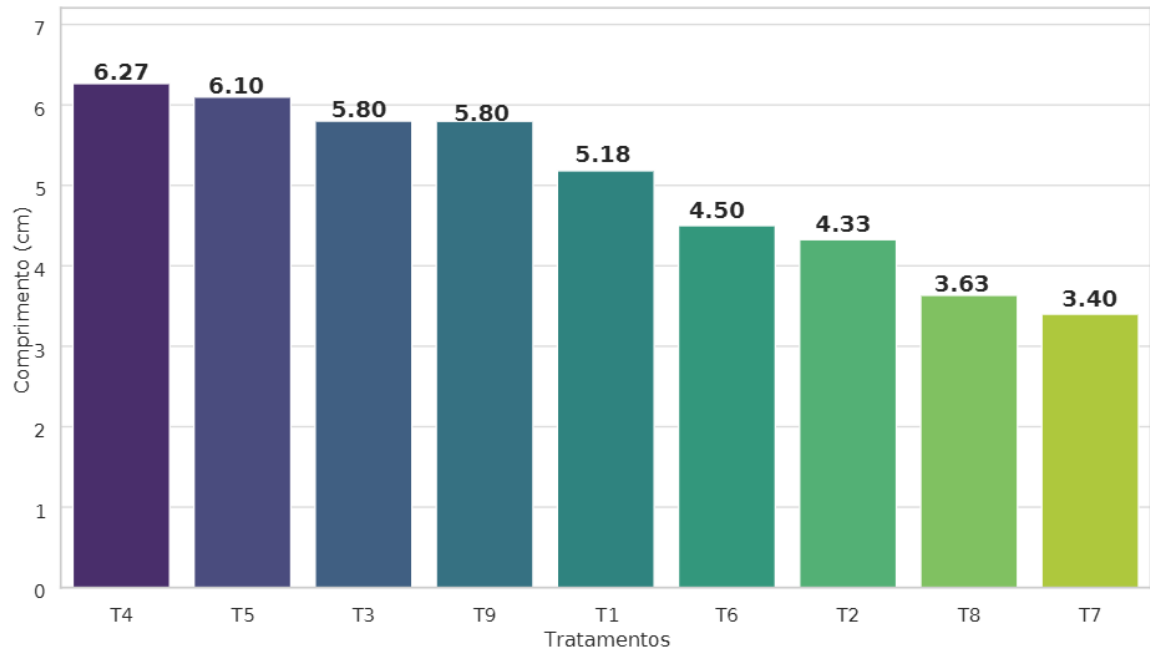
As médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade. Fonte: autor próprio, 2025.

A casca de arroz carbonizada, quando utilizada corretamente, melhora a aeração, reduz a densidade do substrato e favorece o enraizamento das plântulas (FERREIRA *et al.*, 2020). Já a casca de café composta fornece matéria orgânica e micronutrientes, além de promover a atividade microbiana benéfica no substrato (BARRETO *et al.*, 2019). O equilíbrio entre esses componentes se mostrou eficiente nos tratamentos mencionados.

Comprimento da raiz

Para o comprimento da raiz, apesar de apresentarem médias distintas, não houve diferença estatística entre os tratamentos. A Figura 7 apresenta os valores médios de comprimento de raiz e classifica todos os tratamentos como estatisticamente iguais.

Figura 7: Comprimentos médios de raízes de mudas de alface cultivadas em diferentes substratos.



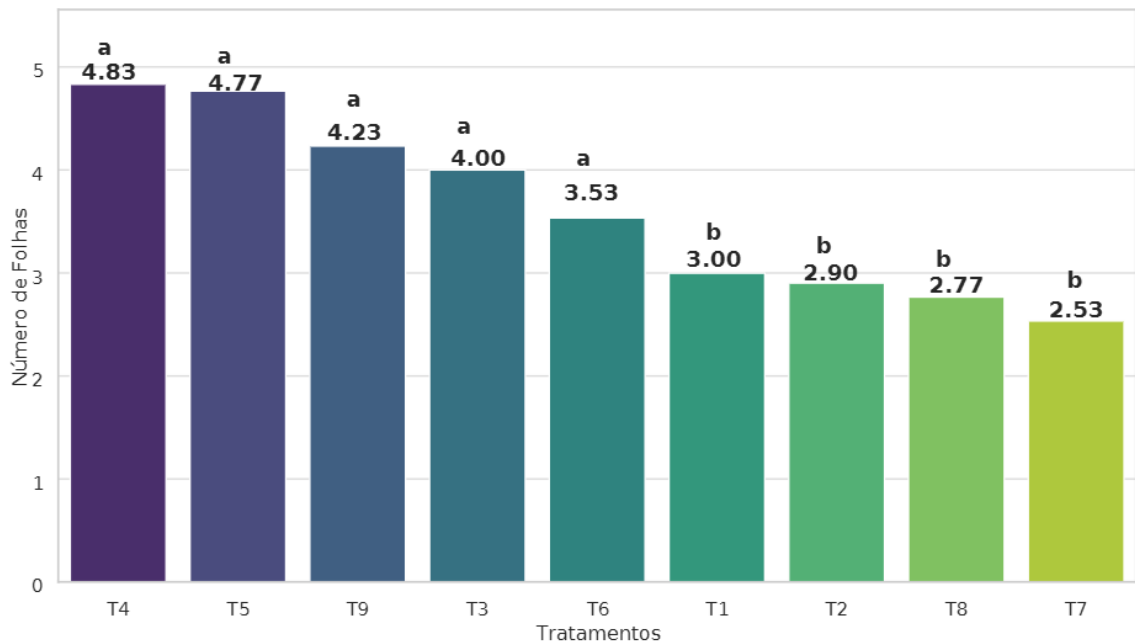
As médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade. Fonte: autor próprio, 2025.

Estudos como os de Oliveira *et al.* (2021) demonstram que o uso de CAC favorece o crescimento de raízes devido à sua porosidade e capacidade de retenção moderada de água, enquanto a CCC, após compostagem adequada, melhora a capacidade de troca catiônica do substrato.

Número de folhas

Para a variável número de folhas, os tratamentos que apresentaram melhores resultados foram T4, T5, T9, T3 e T6. A presença de casca de arroz em T9 e T6 e casca de café em T3 e T4 proporcionou resultados similares aos do substrato comercial puro, indicando que o uso combinado pode manter o desempenho agrônômico e, ainda, reduzir custos com insumos comerciais. A Figura 8 apresenta os valores médios de número de folhas e classifica os tratamentos que são estatisticamente iguais.

Figura 8: Número médio de folhas de mudas de alface cultivadas em diferentes substratos.



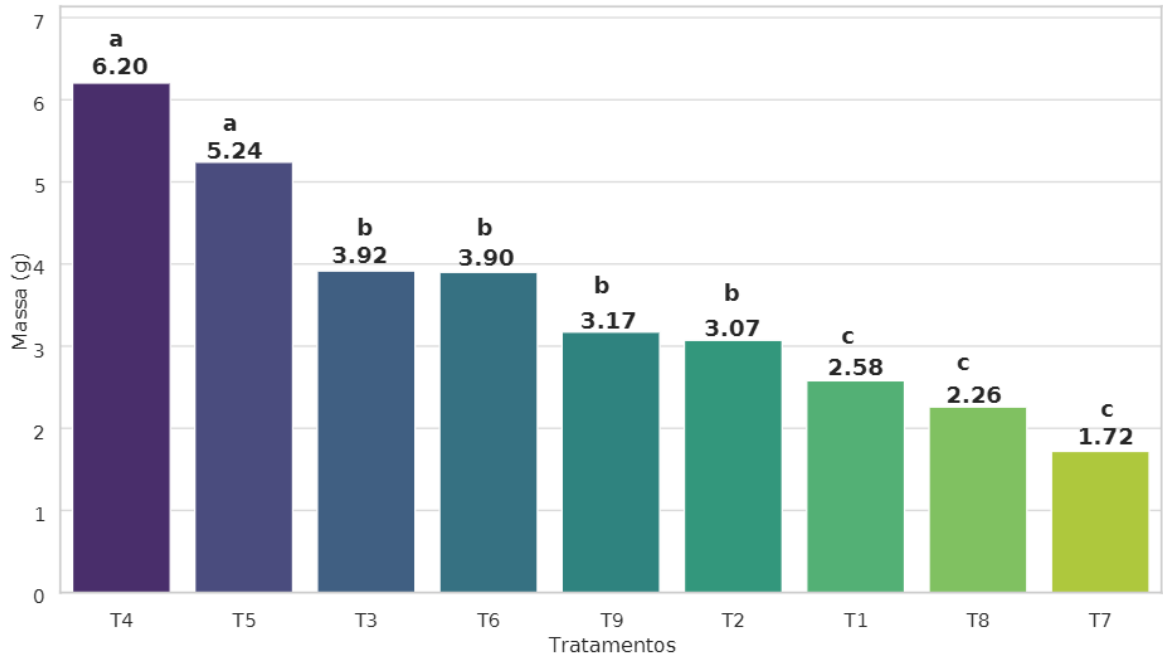
As médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade. Fonte: autor próprio, 2025.

Massa fresca da parte aérea

As análises de massa fresca apresentaram diferenças significativas ($p < 0,001$). Para esta variável, os tratamentos foram divididos em três grupos distintos.

Ferreira *et al.* (2020) ressaltam que a CAC proporciona estabilidade física ao substrato e baixa condutividade elétrica, enquanto a CCC, por ser rica em matéria orgânica, contribui com nutrientes importantes no desenvolvimento inicial das plântulas. A Figura 9 apresenta os valores médios de massa fresca das folhas e agrupa os tratamentos que são estatisticamente iguais.

Figura 9: Valores médios de massa fresca da parte aérea de mudas de alface cultivadas em diferentes substratos.

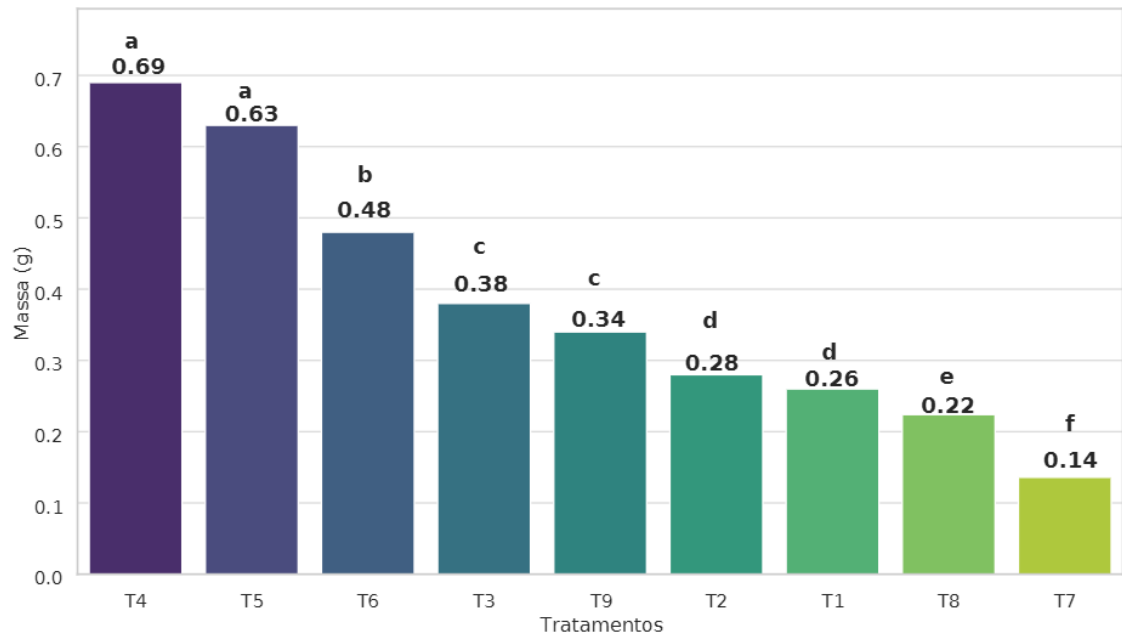


As médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.
Fonte: autor próprio, 2025.

Massa seca da parte aérea

A variável massa seca, que reflete com maior precisão a produção real de biomassa, separou os tratamentos em seis grupos distintos. A casca de café carbonizada (presente em T4) contribuiu significativamente para o acúmulo de massa seca, o que é coerente com Silva *et al.* (2018), que apontam que resíduos orgânicos compostados melhoram a eficiência no uso de nutrientes pelas plantas. A Figura 10 expõe os valores médios de massa seca das folhas e classifica os tratamentos que são estatisticamente iguais.

Figura 10: Valores médios de massa seca da parte aérea de mudas de alface cultivadas em diferentes substratos.

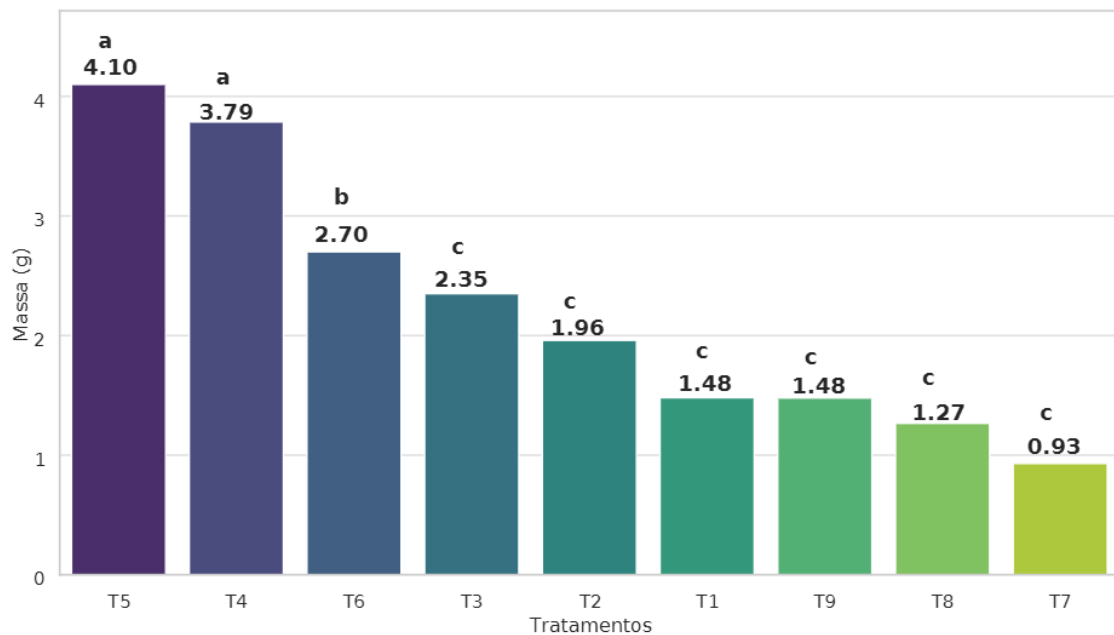


As médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade. Fonte: autor próprio, 2025.

Massa fresca das raízes

T5 e T4 obtiveram as maiores médias (4,100 g e 3,786 g, respectivamente), seguidos por T6. A importância da estrutura física do substrato para o desenvolvimento radicular é amplamente reconhecida (SOUZA *et al.*, 2013). Na Figura 11, estão os valores médios de massa fresca das raízes, além da classificação dos tratamentos estatisticamente iguais.

Figura 11: Valores médios de massa fresca das raízes de mudas de alface cultivadas em diferentes substratos.

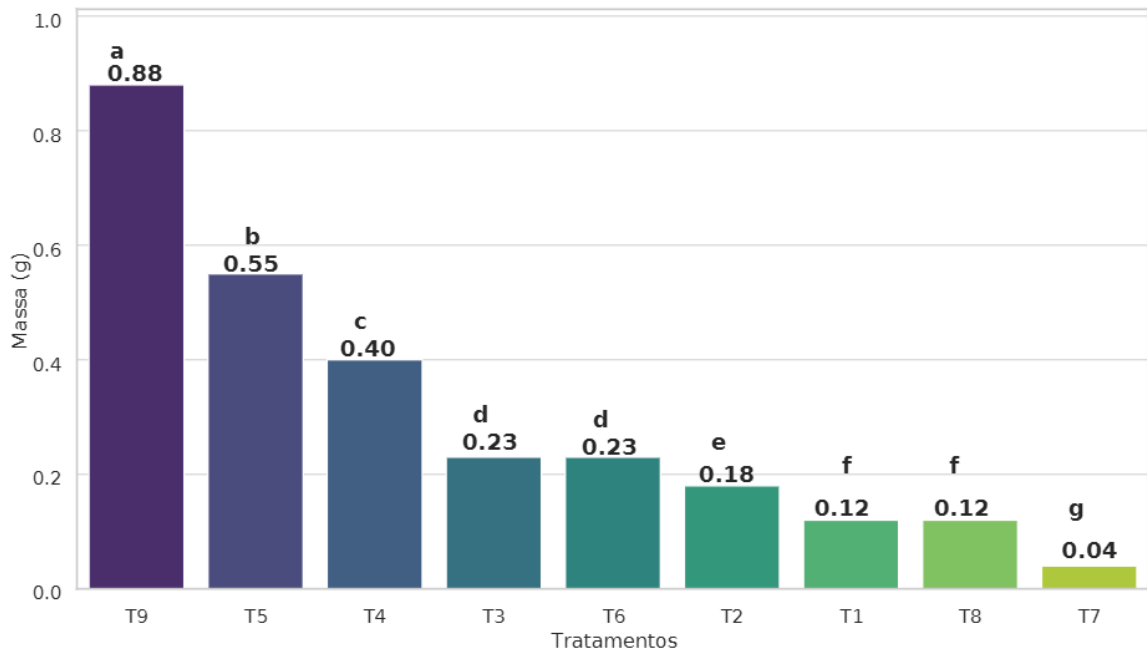


As médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade. Fonte: autor próprio, 2025.

Massa seca das raízes

O tratamento 9 destacou-se com a maior média (0,880 g), seguido por T5 (0,550 g) e T4 (0,400 g). O desempenho superior de T9 sugere que a adição de CAC, em pequena proporção, pode melhorar a aeração do substrato sem comprometer a oferta nutricional, otimizando a produção de biomassa radicular (GONÇALVES *et al.*, 2014). A Figura 12 apresenta os valores médios de massa seca das raízes e classifica os tratamentos que são estatisticamente iguais.

Figura 12: Valores médios de massa seca das raízes de mudas de alface cultivadas em diferentes substratos.



As médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade. Fonte: autor próprio, 2025.

Os tratamentos T4, T5, T9 e T3 destacaram-se quanto à altura das plantas, comprimento de raízes, número de folhas e acúmulo de biomassa. Tais resultados confirmam que as cascas carbonizadas podem melhorar características físicas e químicas dos substratos, como aeração, capacidade de retenção de água, porosidade e disponibilidade de nutrientes, o que favorece o crescimento inicial das mudas.

Além dos benefícios agrônômicos, o aproveitamento desses resíduos reforça a importância da sustentabilidade na agricultura, promovendo a economia circular, a redução de custos e a minimização de impactos ambientais. Portanto, a incorporação de cascas de café e cascas de arroz carbonizadas em substratos mostra-se como uma alternativa técnica, econômica e ambientalmente viável, contribuindo para uma horticultura mais eficiente e sustentável.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados demonstraram que os tratamentos contendo casca de café carbonizada (CCC) e casca de arroz carbonizada (CAC), em especial, nas proporções de até 50%, apresentaram desempenho agrônômico semelhante ou superior ao do substrato comercial (T5). Os tratamentos T3, T4 e T9, que incluíram até 50% de CCC ou CAC, destacaram-se em variáveis como altura, número de folhas, massa seca da parte aérea e das raízes.

Com base nesses dados, conclui-se que é possível substituir até 50% do substrato comercial por casca de café carbonizada sem prejuízo ao desenvolvimento das mudas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BARRETO, L. C. et al. Composto orgânico na produção de mudas de hortaliças em ambiente protegido. *Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável*, v. 9, n. 3, p. 125-132, 2019.
- ESPÍNDOLA, J. A. A. Uso de materiais alternativos na produção de mudas. *Revista Brasileira de Agroecologia*, v. 2, n. 2, p. 1475-1478, 2007.
- FERMINO, M. H. Substratos: composição, caracterização e métodos de análise. *Revista Brasileira de Horticultura*, v. 14, n. 3, p. 57-66, 2003.
- FERMINO, M. H. et al. Comportamento de mudas de alface em substratos com fibra de coco. *Horticultura Brasileira*, v. 28, n. 1, p. 119-123, 2010.
- FERMINO, M. H. Caracterização de substratos à base de resíduos orgânicos para produção de mudas. *Ciência Rural*, v. 44, n. 5, p. 856-864, 2014.
- FERREIRA, F. R. et al. Casca de arroz carbonizada na composição de substratos para produção de mudas. *Revista Brasileira de Agricultura Irrigada*, v. 14, n. 2, p. 100-107, 2020.
- FILGUEIRA, F. A. R. *Novo manual de olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças*. 3. ed. Viçosa: UFV, 2013.
- GONÇALVES, N. V. et al. Substratos alternativos e o desenvolvimento de mudas. *Revista de Ciências Agrárias*, v. 37, n. 1, p. 62-69, 2014.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Agricultura familiar. 2023. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/>. Acesso em: 10 abr. 2025.
- KÄMPF, A. N. *Produção comercial de plantas ornamentais*. Guaíba: Agrolivros, 2000.
- KÄMPF, A. N. Manejo de substrato na produção de plantas ornamentais. *Fertilidade de Substratos*, v. 2, p. 27-36, 2005.
- LIMA, I. M. et al. Uso de biochar na produção de mudas: uma abordagem técnica e ambiental. *Ciência Rural*, v. 45, n. 4, p. 702-708, 2015.
- LORENZI, H. et al. *Plantas daninhas do Brasil: terrestres, aquáticas, parasitas e tóxicas*. 4. ed. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2006.
- NOVOTNY, E. H. et al. Biochar: pirolisado para aplicação agrícola. *Comunicado Técnico*, Embrapa Solos, 2015.
- OLIVEIRA, F. R. et al. Caracterização de biocarvões de casca de café e sua aplicação como condicionador de substrato. *Revista Ciência Agrônômica*, v. 50, n. 1, p. 120-129, 2019.
- OLIVEIRA, F. R. et al. Utilização de biochar de resíduos agrícolas como substrato alternativo. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, v. 16, n. 3, p. 1-9, 2021.
- PURQUERIO, L. F. V. et al. Substratos para produção de mudas de alface. *Horticultura*

Brasileira, v. 23, p. 237-241, 2005.

RESENDE, R. M. S. et al. Doenças e pragas em mudas de hortaliças. *Boletim Técnico EPAMIG*, v. 24, p. 1-16, 2019.

REVISTA ÁRVORE. Qualidade física de substratos. *Revista Árvore*, v. 37, n. 3, p. 431-438, 2013.

REVISTA CULTIVAR. Alface: cultivo e mercado. *Revista Cultivar Hortaliças e Frutas*, n. 85, p. 22-29, 2015.

SANTOS, D. M. et al. Biochar de casca de café como componente de substrato. *Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável*, v. 15, n. 2, p. 250-256, 2020.

SILVA, A. P. et al. Compostos orgânicos na formação de mudas. *Agropecuária Técnica*, v. 39, n. 2, p. 167-174, 2018.

SILVÉRIO, A. C. Produção de hortaliças e a geração de empregos. *Informativo Técnico da Emater-MG*, v. 4, p. 1-4, 2008.

SOARES, R. C. R. Propriedades físicas de substratos alternativos para mudas de hortaliças. *Revista Ciência Agronômica*, v. 43, n. 4, p. 724-730, 2012.

SOUZA, C. F. et al. Qualidade física de substratos e desenvolvimento de mudas. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 17, n. 1, p. 35-40, 2013.

SOUZA, C. F. et al. Potencial da casca de café carbonizada como substrato alternativo. *Revista Agro@ambiente On-line*, v. 15, n. 1, p. 13-20, 2021.

TIVELLI, S. W. et al. *Produção de mudas de hortaliças*. Brasília: Embrapa, 2011.

TRIGUEIRO, R. M.; GUERRINI, I. A. Qualidade física de substratos para produção de mudas de espécies florestais. *Revista Árvore*, v. 27, n. 5, p. 623-629, 2003.

WINCKLER, M. Utilização de resíduos orgânicos como substrato. *Revista Brasileira de Agroecologia*, v. 8, n. 1, p. 91-97, 2013.