

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
DO TRIÂNGULO MINEIRO – *CAMPUS* UBERABA
MESTRADO PROFISSIONAL EM PRODUÇÃO VEGETAL**

JÉSSICA BARBOSA DOS SANTOS RODRIGUES

**AVALIAÇÃO DE SUBSTRATOS COMERCIAIS E FORMULADOS PARA A
PRODUÇÃO DE MUDAS DE ALFACE AMERICANA *Lucy Brown***

Uberaba- MG

2024

JÉSSICA BARBOSA DOS SANTOS RODRIGUES

**AVALIAÇÃO DE SUBSTRATOS COMERCIAIS E FORMULADOS PARA A
PRODUÇÃO DE MUDAS DE ALFACE AMERICANA *Lucy Brown***

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Mestrado Profissional Em Produção Vegetal, do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Triângulo Mineiro, como requisito para obtenção do Título de Mestre em Produção Vegetal.

Orientador: Prof. Dr. Daniel Rufino Amaral

Linha de pesquisa: Produção Vegetal

Uberaba- MG

2024

Ficha Catalográfica elaborada pelo Setor de Referência do IFTM –
Campus Uberaba-MG

R617a Rodrigues, Jéssica Barbosa dos Santos
Avaliação de substratos comerciais e formulados para a
produção de mudas de alface americana *Lucy Brown* / Jéssica
Barbosa dos Santos Rodrigues - 2024.
48 f.: il.

Orientador: Prof. Dr. Daniel Rufino Amaral.
Dissertação (Mestrado Profissional em Produção Vegetal) –
Instituto Federal do Triângulo Mineiro- *Campus Uberaba-MG*,
2024.

1. Folhosas. 2. Alface americana *Lucy Brown*. 3. Substrato.
4. Características físico-químicas. I. Amaral, Daniel Rufino.
II. Título.

CDD 635.52

JÉSSICA BARBOSA DOS SANTOS RODRIGUES

"AVALIAÇÃO DE SUBSTRATOS COMERCIAIS E FORMULADOS PARA A PRODUÇÃO DE MUDAS DE ALFACE AMERICANA *Lucy Brown*."

FOLHA DE APROVAÇÃO DEFESA DISSERTAÇÃO

Data da aprovação: 29/11/2024

MEMBROS COMPONENTES DA BANCA EXAMINADORA:

Presidente

Prof. Dr. Daniel Rufino Amaral

IFTM Campus Uberaba

Membro Titular

Prof. Dr. Márcio José de Santana

IFTM Campus Uberaba

Membro Titular

Prof. Dr. Haroldo Silva Vallone

IFTM Campus Uberaba

Local: Sala de videochamada: <https://meet.google.com/pqn-cqro-tqw>

DANIEL RUFINO AMARAL
PROFESSOR DO ENSINO BÁSICO, TÉCNICO E TECNOLÓGICO



Documento assinado eletronicamente por DANIEL RUFINO AMARAL, PROFESSOR DO ENSINO BÁSICO, TÉCNICO E TECNOLÓGICO, em 29/11/2024, às 16:41, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 4º, § 3º, do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).

MÁRCIO JOSÉ DE SANTANA
PROFESSOR DO ENSINO BÁSICO, TÉCNICO E TECNOLÓGICO



Documento assinado eletronicamente por MÁRCIO JOSÉ DE SANTANA, PROFESSOR DO ENSINO BÁSICO, TÉCNICO E TECNOLÓGICO, em 29/11/2024, às 16:42, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 4º, § 3º, do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).

HAROLDO SILVA VALLONE
PROFESSOR DO ENSINO BÁSICO, TÉCNICO E TECNOLÓGICO



Documento assinado eletronicamente por HAROLDO SILVA VALLONE, PROFESSOR DO ENSINO BÁSICO, TÉCNICO E TECNOLÓGICO, em 29/11/2024, às 16:45, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 4º, § 3º, do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site <https://iftm.edu.br/autenticacao/> informando o código verificador 1AA92C9 e o código CRC 549B258C.

Referência: NUP: 23200.009883/2024-48

DOCS nº 0000660949

Dedico este trabalho, primeiramente, a Deus, por ser essencial em minha vida, o escritor do meu destino, meu guia e socorro em todas as horas do dia a dia. Dedico também ao meu marido, Darlisson; aos meus avós, Antônio e Santa (in memoriam); à minha mãe, Simone; aos meus irmãos, Otávio, Antônio Vinícius, Juliane e Gabriel; à minha cunhada, Bianca; e a toda a minha família e amigos que, com imenso carinho e apoio, se esforçaram para que eu pudesse alcançar este momento.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, quero agradecer a Deus pelo dom da vida, por estar sempre comigo, por ser bom em todo tempo e em todas as circunstâncias da minha vida. A Ti, meu Deus, sou eternamente grata.

Ao meu marido, Darlisson, que esteve ao meu lado nesta longa caminhada, pelo apoio incondicional, paciência e amor nas horas difíceis.

Agradeço imensamente aos meus avós, Antônio Barbosa e Santa Pereira (in memoriam), por possibilitarem meu crescimento, minha educação e pelo apoio incondicional, e à minha mãe, Simone, por ser um exemplo de dedicação, resiliência, amor e paciência. Obrigada por estar presente em toda a minha vida.

Aos meus irmãos, Otávio, Antônio Vinícius, Juliane e Gabriel, pelo apoio, companheirismo e parceria de sempre.

À minha cunhada, Bianca, aos meus familiares e amigos, por sempre torcerem pelo meu sucesso, em especial à minha tia Sandra, por estar sempre me apoiando.

Aos professores e técnicos do IFTM, por contribuírem para a construção do meu conhecimento. De forma especial, agradeço ao meu orientador, professor Dr. Daniel Rufino, por me ajudar e apoiar na realização deste trabalho e pelos conselhos, ou melhor, dicas, que levarei para a longa caminhada da vida.

Aos colegas e amigos que fiz ao longo do curso de pós-graduação em Produção Vegetal, que se tornaram muito mais do que colegas.

A todos vocês, meu muito obrigada!

Seja você quem for, seja qual for a posição social que você tenha na vida, a mais alta ou a mais baixa, tenha sempre como meta muita força, muita determinação e sempre faça tudo com muito amor e com muita fé em Deus, que um dia você chega lá. De alguma maneira você chega lá (Ayrton Senna, 1985).

RESUMO

A alface é amplamente cultivada em diversas regiões do país, e a demanda crescente por práticas agrícolas mais eficientes e sustentáveis reforça a importância de estudos voltados ao desenvolvimento de substratos adequados e com baixo custo. O objetivo foi investigar as características físico-químicas dos substratos, como pH, capacidade de troca catiônica (CTC), tratamentos: três substratos comerciais (T1: Carolina Soil®, T2: Biomix® e T3: Tropstrato HA®) e cinco formulações próprias (T4 a T8), compostas por combinações de pó de coco, gesso agrícola, vermiculita, turfa, alga marinha e fertilizantes. Foram analisados parâmetros como altura média, massa fresca e seca da parte aérea, número de folhas e qualidade das raízes. Os resultados demonstraram que o substrato comercial Carolina Soil® (T1) apresentou o melhor desempenho nos parâmetros de massa fresca da parte aérea, altura média e número de folhas, destacando-se como uma opção eficiente para o cultivo de mudas de alface. Entre os substratos formulados, o T4 mostrou-se promissor, oferecendo um bom equilíbrio entre drenagem e retenção de água, além de alta capacidade de troca catiônica (CTC), indicando potencial competitivo em relação aos substratos comerciais.

Palavra-chave: folhosas; alface americana *Lucy Brown*; substrato; características físico-químicas.

ABSTRACT

Lettuce is widely cultivated in several regions of the country, and the growing demand for more efficient and sustainable agricultural practices reinforces the importance of studies aimed at developing suitable and low-cost substrates. The objective was to investigate the physicochemical characteristics of the substrates, such as pH, cation exchange capacity (CEC), density and electrical conductivity (EC), and their impacts on the development of seedlings. The experiment was carried out in a greenhouse, using eight treatments: three commercial substrates (T1: Carolina Soil®, T2: Biomix® and T3: Tropstrato HA®) and five proprietary formulations (T4 to T8), composed of combinations of coconut, agricultural gypsum, vermiculite, peat, seaweed and fertilizers. Parameters such as average height, fresh and dry mass of the aerial part, number of leaves and quality of the roots were analyzed. The results demonstrated that the commercial substrate Carolina Soil® (T1) presented the best performance in the parameters of fresh mass of the aerial part, average height and number of leaves, standing out as an efficient option for growing lettuce seedlings. Among the substrates formulated, T4 showed promise, offering a good balance between drainage and water retention, in addition to high cation exchange capacity (CTC), indicating competitive potential in relation to commercial substrates.

Keywords: hardwoods; *Lucy Brown* iceberg lettuce; substrate; physicochemical characteristics.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1— Influência do pH do substrato na acessibilidade de determinados nutrientes para as mudas	21
Figura 2 — Layout do experimento e distribuição das parcelas e bandejas antes do preenchimento com substratos	25
Figura 3— Esquema dos tratamentos em blocos	26
Figura 4 — Avaliação de diferentes substratos	30
Figura 5— Distribuição porcentual das partículas dos tratamentos conforme a abertura das malhas das peneiras, conforme o MAPA na IN nº 17/2017. IFTM Campus Uberaba/MG	34

LISTA DE TABELAS

Tabela 1— Composição dos substratos comerciais e formulados	28
Tabela 2— Médias dos tratamentos para massa fresca da parte aérea (MFPA), massa fresca das raízes (MFR), número de folhas verdadeiras (NF), massa seca das raízes (MSR), massa seca da parte aérea (MSPA) e altura da planta (AP) de mudas de alface americana Lucy Brown cultivadas em diferentes substratos aos 29 dias após a semeadura.....	30
Tabela 3—Resultados de análise física dos tratamentos com substratos, utilizando metodologia recomendada pelo MAPA (IN nº 25, de 23 de julho de 2009, Anexos II e III) para Fertilizantes Orgânicos Simples, Mistos e Compostos, via solo.....	35
Tabela 4—Resultados da análise química dos tratamentos com substratos utilizando metodologia recomendada pelo MAPA (IN nº 25, de 23 de julho de 2009, Anexos II e III), para fertilizantes orgânicos simples, mistos e compostos, via solo	35

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

a.C	Antes de Cristo
AP	Altura média das plantas
B	Boro
C	Carbono
C/N	Relação Carbono / Nitrogênio
Ca	Cálcio
CE	Condutividade elétrica
CONAB	Companhia Nacional de Abastecimento
CRA	Capacidade de retenção de água
CTC	Capacidade de troca catiônica
Cu	Cobre
DIC	delineamento inteiramente casualizado
Fe	Ferro
IN	Instruções Normativas
K	Potássio
LTDA	Limitada
MAPA	Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento
MAP	Fosfato Monoamônico
MFPA	Massa fresca da parte aérea
Mg	Magnésio
MFR	Massa fresca das raízes
Mn	Manganês
MSPA	Massa seca da parte aérea
MG	Minas Gerais
N	Nitrogênio
Na	Sódio
NF	Número de folhas verdadeiras
NH ₄ ⁺	Íon amônio ou cátion amônio
P	Fósforo

pH	Potencial hidrogeniônico
VBP	Valor Bruto de Produção
Zn	Zinco

LISTA DE SIMBOLOS

°C	Graus Celsius
ha	Hectare
%	Porcentagem
n°	Número
ppm	Partes por milhão
(mS/cm)	Milisiemens por centímetro
<	Menor
>	Maior
≤	Menor igual
®	Marca registrada

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	16
2	REVISÃO DE LITERATURA	18
2.1	Substratos	20
2.2	Características química e física dos substratos	22
2.2.1	<i>Características Químicas</i>	22
2.2.2	<i>Características Físicas</i>	24
3	MATERIAL E MÉTODOS	25
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	30
5	CONCLUSÕES	40
	REFERÊNCIAS	41

1 INTRODUÇÃO

A área destinada à produção de horticultura no Brasil é voltada principalmente para o consumo interno, com destaque para pequenas propriedades familiares, que comercializam grande parte das hortaliças. O Brasil movimentou mais de 5 milhões de toneladas de hortaliças em 2023, nos principais centros de abastecimento do país, de acordo com levantamento da Companhia Nacional de Abastecimento (Conab,2024), marcando presença nos cinturões verdes das principais cidades de todos os estados. Assim, a olericultura representa 20% do Valor Bruto de Produção Agropecuária (VBP), gerando um faturamento de R\$ 269 bilhões por ano (Senar, 2024).

De acordo com Filgueira (2008), são denominadas hortaliças herbáceas as que possuem como parte comercial as folhas. Entre os vegetais folhosos mais consumidos no Brasil, destacam-se a alface, rúcula, couve, acelga, coentro, espinafre e agrião. A alta demanda por essas hortaliças contribui significativamente para o crescimento da economia do país, gerando grande número de empregos, uma vez que seu cultivo é intensivo em mão de obra. Dessa forma, também impulsionam o crescimento dos setores de produção de sementes, fertilizantes, agroquímicos, embalagens e pesquisas agronômicas (Vilela; Luengo, 2017).

A alface (*Lactuca sativa* L.) é uma planta herbácea pertencente à família Asteraceae, anteriormente chamada Chicoriaceae (Sonnenberg, 1985; Lisbão *et al.*, 1990). É uma das hortaliças mais cultivadas no país e apresenta ciclo anual. Originária de clima temperado, a alface adaptou-se amplamente a diferentes condições climáticas no Brasil, permitindo seu cultivo ao longo de todo o ano. Além disso, destaca-se pelo baixo custo de produção, resistência a pragas e doenças, e ampla aceitação no mercado. Por esses fatores, tornou-se a hortaliça preferida dos pequenos produtores, agregando significativa relevância socioeconômica. A alface também é uma importante fonte de sais minerais, como cálcio, e de vitaminas, com destaque para a vitamina A (Brychkova *et al.*, 2023).

Logo, a alface americana teve seu início no Brasil na década de 1980, sendo pouco conhecida até então, quando comparada com outras cultivares, como crespa e lisa. No início de sua introdução, a produção se concentrava principalmente em uma época do ano e em áreas específicas do "cinturão verde de São Paulo" (Vilela; Luengo, 2017).

A alface americana *Lucy Brown* é uma planta de tamanho grande e vigor elevado. Suas folhas espessas ajudam a proteger a cabeça, que também é grande, compacta e apresenta bom peso. Além disso, a variedade ocupa aproximadamente 50% da área cultivada com alface americana no Brasil, Santos-Naressi *et al.* (2024), devido à sua boa sanidade foliar, excelente

qualidade palatável, crocância e maior vida útil pós-colheita. Essas características fazem com que seja amplamente consumida em restaurantes e lanchonetes fast-foods (Vieira Júnior *et al.*, 2022).

Na comercialização de produtos em condições impecáveis, é essencial que sejam oriundos de mudas sadias e viáveis. A produção de mudas de qualidade é uma das etapas mais importantes no cultivo de hortaliças, sendo que a produção em larga escala leva o produtor a utilizar técnicas mais modernas e metodologias mais rentáveis (Trani *et al.*, 2007). O uso de recipientes com substratos, em substituição ao uso de solo na formação das mudas, viabiliza o aumento de produtividade, qualidade e uniformidade da cultura (Smierle *et al.*, 2001).

Associado à qualidade das mudas, os produtores também buscam menores custos e sustentabilidade em suas atividades. Por isso, substratos formulados com matéria-prima mais acessível e eficaz têm ganhado relevância. O substrato deve apresentar propriedades físicas, químicas e biológicas adequadas, que permitam o crescimento das raízes e da parte aérea (Setubal; Afonso Neto, 2000).

As características físicas, químicas e biológicas dos substratos devem oferecer as melhores condições para que haja uma excelente germinação e favoreçam o desenvolvimento das mudas (Gonçalves, 1994). Segundo Schmitz, Mota e Simões (2004), o pH, a capacidade de troca catiônica (CTC), a salinidade e o teor de matéria orgânica constituem as principais propriedades químicas consideradas na caracterização de substratos. Em relação às propriedades físicas, destacam-se a densidade, o espaço de aeração e a economia hídrica (volumes de água disponíveis em diferentes potenciais). Dessa forma, no mercado encontram-se diversas formulações de substratos, com materiais variados, tanto na origem de seus componentes quanto na composição das misturas.

Embora o uso de substratos comerciais seja amplamente estudado, a pesquisa sobre substratos formulados, especialmente os que utilizam materiais locais e sustentáveis, ainda é limitada. Além disso, a combinação desses substratos com técnicas de cultivo mais acessíveis e de baixo custo para os pequenos produtores permanece pouco explorada. Existe uma necessidade crescente de estudar alternativas que possam não apenas melhorar a qualidade das mudas de alface, mas também promover a sustentabilidade e reduzir os custos de produção em propriedades de pequeno porte.

Assim, o objetivo foi avaliar o desenvolvimento de mudas de alface americana em substratos comerciais e formulados.

2 REVISÃO DE LITERATURA

A olericultura é um ramo da horticultura que se concentra no cultivo de diversas espécies de plantas conhecidas como hortaliças, abrangendo folhosas, raízes, bulbos, tubérculos e frutos diversos. Na região Sul-Sudeste, conhecida como "cinturões verdes", predominam cultivos de hortaliças como alface, abóbora, alho, batata, beterraba, cebola, cenoura, couve-flor, chuchu, feijão, salsa, pepino, pimentão, repolho e tomate (Filgueira, 2008).

Segundo Filgueira (2008), o sistema de cultivo de hortaliças possui requisitos de qualidade extremamente exigentes, especialmente no aspecto comercial, e vem se consolidando como dominante no Brasil. Hortaliças são um componente essencial na alimentação de milhões de brasileiros, abrangendo uma ampla variedade de plantas cultivadas em hortas para consumo humano (Gelamos *et al.*, 2024).

A olericultura tem uma conexão histórica significativa com o cultivo de alface no Brasil. Após a descoberta do país, entre 1640 e 1650, as primeiras sementes foram introduzidas nas regiões agrícolas do Rio de Janeiro, Minas Gerais e São Paulo. A maioria das cultivares iniciais era de origem europeia, mas, posteriormente, outras regiões foram contempladas (Vardhini *et al.*, 2016; Lopes, 2012). O gênero conduzido pelos colonizadores foi o *Lactuca*, pertencente à família Asteraceae, dentro da ordem Asterales e classe Magnoliopsida. Esse gênero inclui inúmeras espécies de importância econômica e nutricional, com tipos anuais, bienais ou perenes; variedades glabras ou pubescentes que produzem látex abundante; arbustos raramente rizomatosos; e algumas espécies caracterizadas por estolões subterrâneos ou raízes fusiformes e/ou tuberosas (Sousa *et al.*, 2014).

As hortaliças se destacam pelo alto teor de vitaminas e sais minerais, sendo uma das principais fontes desses nutrientes devido às mais de 80 espécies cultivadas comercialmente no Brasil. Sua produtividade por unidade de área é elevada, o que as torna exigentes em tecnologia, manejo cultural e insumos agrícolas (Filgueira, 2013).

A alface (*Lactuca sativa* L.) é uma hortaliça da família Asteraceae, nativa da Ásia. Conhecida desde o antigo Egito, por volta de 4.500 a.C., foi introduzida no Brasil no século XVI pelos portugueses. Atualmente, é uma das culturas mais importantes economicamente no país, sendo frequentemente cultivada em sistemas de agricultura familiar intensiva, geralmente em pequenas parcelas localizadas em áreas urbanas e rurais (Rodrigues *et al.*, 2024).

Devido à sua alta demanda e valor nutricional, a alface é amplamente cultivada em todo o mundo (Martins *et al.*, 2017). Segundo Resende *et al.* (2007), a alface ocupa um lugar de destaque na dieta da população, sendo uma fonte rica em vitaminas, minerais e antioxidantes.

É a salada preferida do consumidor, tanto pelo sabor quanto pelo valor nutricional e pela acessibilidade financeira. Além disso, estudos indicam que o consumo de alface contribui para a prevenção de doenças cardiovasculares e o fortalecimento do sistema imunológico (Jesus *et al.*, 2020).

No Brasil, a área estimada para o cultivo de alface é de 174.061 hectares, o que representa 49,90% da produção de hortaliças folhosas no país (Rodrigues; Aragão, 2024). O estado de São Paulo é o maior produtor e consumidor de alface, com cerca de 137 mil toneladas produzidas em 8.000 hectares plantados, seguido pelo Paraná, com 54 mil toneladas em 2.845 hectares, e Minas Gerais, com 18 mil toneladas em 1.192 hectares (Rodrigues; Aragão, 2024).

Para garantir um bom desempenho na produção de alface, é essencial considerar fatores como manejo do solo e seleção de cultivares. Segundo Ziech *et al.* (2014), o manejo adequado do solo é determinante para a qualidade da produção. Jorge *et al.* (2020) destacam que a escolha da cultivar é crucial, uma vez que diferentes variedades apresentam características específicas, como resistência a doenças, tolerância ao estresse ambiental e variação no tempo de cultivo.

A produção de alface requer atenção a diversos aspectos para garantir a qualidade do produto destinado ao consumidor. O clima é um dos fatores mais importantes: a alface se desenvolve melhor em temperaturas entre 10 °C e 24 °C. No entanto, variedades adaptadas permitem o cultivo em condições de frio ou calor extremos, ampliando a viabilidade da produção. Outro elemento relevante é o substrato, que deve apresentar boa drenagem, fertilidade, alta carga de matéria orgânica, pH entre 6 e 7 e disponibilidade de hidrogênio. Além disso, fatores como luminosidade e irrigação têm impacto direto na produtividade. A alface necessita de luz solar pela manhã e sombra parcial durante as horas mais quentes do dia (Oliveira *et al.*, 2008).

A produção de alface tem enfrentado dificuldades devido às mudanças climáticas, que afetam diretamente o mercado, contribuindo para um aumento significativo de 28,32% no preço médio nacional em novembro de 2023 (Souza, 2024). Em relação ao ano anterior, o preço da alface apresentou uma diminuição de cerca de 18,01%, de acordo com o boletim da Companhia Nacional de Abastecimento (Conab, 2024). Nesse contexto, é necessário que o ambiente destinado ao cultivo de mudas de alface forneça os nutrientes essenciais para o crescimento das plântulas, garantindo a produção de mudas resistentes a doenças e tolerantes às intempéries climáticas.

O boletim da Conjuntura Agropecuária Capixaba de 2023 aponta que a produção do grupo de olericultura apresentou uma variação negativa de 6,80% em 2023. A beterraba (-88,5%) e o amendoim (-66,7%) foram os principais responsáveis por essa queda. No estado do

Espírito Santo, a produção de alface também registrou um resultado negativo, com uma variação de -2,28% na área colhida (ha) e -4,53% na produção (toneladas) em comparação a 2022, resultando em um rendimento médio de -2,30% (Incaper, 2023).

Segundo Taveira (2018), as variedades de alface cultivadas no Brasil possuem um ciclo que varia entre 120 e 170 dias para a produção de sementes. O desenvolvimento da cultura pode ser dividido em duas etapas principais: a fase vegetativa, que vai do plantio à colheita para consumo in natura, e a fase reprodutiva, que se inicia com o desenvolvimento da haste floral (pendão) e se estende até a formação das sementes.

As condições climáticas, especialmente a temperatura, exercem uma influência significativa na germinação das sementes e na qualidade dos lotes. A maioria das sementes de alface não germina em temperaturas acima de 30 °C, apresentando inibição temporária (termoinibição) ou completa (termodormência). Esse fenômeno ocorre devido ao enrijecimento do endosperma, que impede a protrusão da radícula (Nascimento *et al.*, 2021).

Os principais tipos de alface cujas sementes são produzidas e amplamente cultivadas no Brasil incluem: crespa, lisa, americana, mimosa, vermelha, crocante, romana e minialface (Embrapa, 2019). A cultivar Lucy Brown apresenta o fenômeno de instabilidade genética, que não é exclusivo da alface, sendo também observado em outras hortaliças. No entanto, destaca-se o desempenho da cultivar americana Lucy Brown para cultivos de verão, devido à sua precocidade e boa cobertura foliar, que protege a cabeça do excesso de radiação solar (Henz; Suinaga, 2009).

2.1 Substratos

Os substratos são materiais, naturais ou artificiais, que servem como meio para o desenvolvimento das raízes das plantas quando estas não são cultivadas no solo. Apresentam diversas vantagens, como o suporte mecânico proporcionado pela fase sólida, o fornecimento de água e nutrientes pela fase líquida e a troca gasosa facilitada pela fase gasosa, que garante o transporte de oxigênio e dióxido de carbono entre as raízes e o ambiente externo (Charlo, 2008).

A dinâmica entre cultivo em solo e em substratos é bastante distinta, influenciada pelas condições de contorno presentes no perfil do solo e nos recipientes de cultivo. Enquanto o solo possui um perfil contínuo que permite o desenvolvimento mais amplo das raízes, os recipientes utilizados com substratos limitam o volume disponível, restringindo o crescimento radicular (Klein *et al.*, 2002). Essa limitação exige que o substrato seja adequado ao desenvolvimento das plantas, garantindo a disponibilidade de ar e água (Zorzeto, 2011). Quando esses fatores

não são devidamente controlados, o desenvolvimento vegetal pode ser comprometido por problemas como asfixia radicular, desidratação, desequilíbrio nutricional ou maior vulnerabilidade a pragas e doenças (Miner, 1994).

A crescente utilização de substratos reflete a preocupação com a sustentabilidade, por meio do aproveitamento de resíduos agroindustriais. Esse reaproveitamento não apenas reduz os custos de produção, mas também promove a reciclagem e a destinação correta de resíduos (Steffen, 2010). Os substratos podem ser classificados de acordo com sua origem e características, podendo ser quimicamente inertes, sem interferência no processo de nutrição das plantas, ou quimicamente ativos, influenciando-o diretamente (Berjon; Murray, 1997).

Santos *et al.* (2010) e Wendling *et al.* (2001) destacam que, para ser considerado de boa qualidade, o substrato deve apresentar uniformidade, propriedades físicas e químicas adequadas, baixa densidade, boa drenagem, capacidade de aeração, habilidade de absorção e retenção de água, fornecimento de nutrientes e isenção de substâncias tóxicas, pragas, patógenos e sementes indesejáveis. Além disso, sua granulometria deve favorecer a germinação e o desenvolvimento das mudas (Gonçalves, 1994; Trani *et al.*, 2007).

A Embrapa reforça a importância de substratos de baixo custo, com boa disponibilidade no mercado, teor adequado de nutrientes, pH equilibrado e capacidade de troca catiônica. Esses substratos devem ser isentos de patógenos e capazes de garantir boa aeração, retenção de água e agregação das raízes. O avanço tecnológico nas últimas décadas melhorou significativamente a qualidade dos substratos, permitindo a formulação local com resíduos orgânicos, promovendo sustentabilidade e produtividade (Silveira; Andrade, 2024).

Com a evolução tecnológica, o cultivo em substratos tornou-se amplamente adotado em quase todas as regiões produtoras de hortaliças, especialmente em empreendimentos de médio e grande porte. O cultivo de alface, em particular, utiliza amplamente substratos devido às exigências específicas da planta em sua fase inicial. Por ser uma cultura de ciclo curto e altas demandas nutricionais, o uso de adubos orgânicos para complementar o substrato é indispensável (Souza, 2014).

No Brasil, a regulamentação de substratos é regida por três Instruções Normativas (IN) do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA). A IN nº 14 especifica os parâmetros de condutividade elétrica (CE), pH, umidade máxima, densidade e capacidade de retenção de água (CRA). As IN nº 17 e nº 31 estabelecem os métodos para análise de substratos (Antunes *et al.*, 2019). Entretanto, conforme a IN nº 5/2016 (Brasil, 2016), substratos produzidos para uso próprio estão isentos de regulamentação.

2.2 Características química e física dos substratos

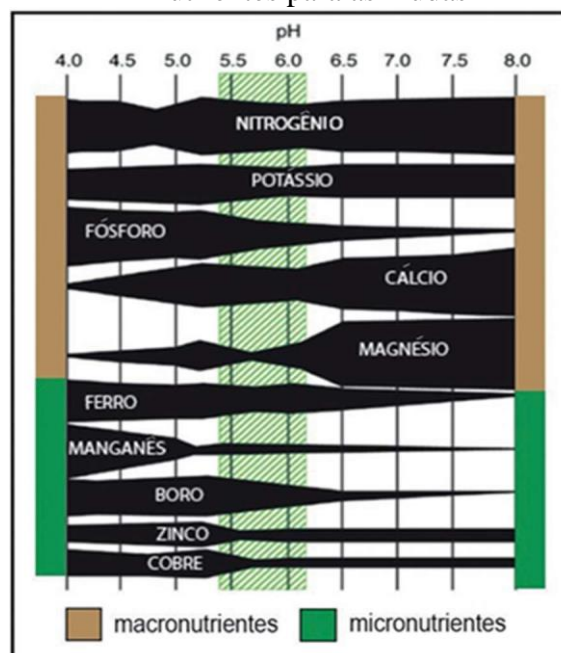
A avaliação da qualidade de um substrato baseia-se em suas características químicas e físicas. Entre as características químicas, destacam-se o pH, a condutividade elétrica, o teor de nutrientes e a relação C/N (Charlo, 2008; Jorge *et al.*, 2020).

2.2.1 Características Químicas

O pH está diretamente relacionado à disponibilidade de nutrientes no substrato, bem como aos processos fisiológicos da planta. Substratos com valores elevados de pH podem limitar o desenvolvimento das culturas, pois restringem a disponibilidade de nutrientes. Esse efeito é diretamente influenciado pelo pH do substrato (Kampf, 2000; Charlo, 2008).

Um pH estável favorece a nutrição adequada das mudas. Para manter a estabilidade do pH, a alcalinidade da água utilizada na irrigação deve estar entre 40 e 80 ppm. Valores acima de 80 ppm podem alterar o pH do substrato, comprometendo seu desempenho (Jorge *et al.*, 2020). Segundo Jorge *et al.* (2020), a Figura 1 apresenta a faixa ideal de pH, que deve variar entre 5,5 e 6, dependendo da cultura.

Figura 1—Influência do pH do substrato na acessibilidade de determinados nutrientes para as mudas



Fonte: Jorge *et al.*, 2020.

Legenda: A área sombreada em verde ilustra os níveis recomendados para a maioria das hortaliças

Segundo Kämpf (2000), valores de pH abaixo de 5,0 podem causar sintomas de deficiência de nutrientes como nitrogênio (N), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg) e boro (B). Por outro lado, quando o pH ultrapassa 6,5 em substratos, ocorre redução na disponibilidade de nutrientes como fósforo (P), ferro (Fe), manganês (Mn), zinco (Zn) e cobre (Cu), devido à formação de hidróxidos. Para corrigir esse desequilíbrio, recomenda-se a adição de adubos acidificantes que contenham amônio (NH_4^+), pois o desajuste no pH pode dificultar a assimilação de nutrientes pelas mudas, resultando em deficiências nutricionais. Diferentes valores de pH também afetam processos fisiológicos como germinação e enraizamento (Charlo, 2008).

A condutividade elétrica (CE) dos substratos é um indicador da presença de sais solúveis e nutrientes (Sonneveld, 2009). Os valores de CE são medidos com condutivímetros e expressos em milisiemens por centímetro (mS/cm). Segundo Gonçalves (1994), a CE ideal para substratos pode variar conforme o cultivo, mas geralmente valores entre 1,0 e 2,5 mS/cm são adequados para a maioria das culturas. Substratos com CE acima do normal indicam altos níveis de sais solúveis ou excesso de nutrientes. Monitorar a CE é essencial, pois está diretamente relacionada à tolerância ao estresse osmótico causado por altos níveis de salinidade (Kämpf, 2000; Charlo, 2008). Além disso, elevados níveis de sais podem prejudicar o crescimento e o desenvolvimento das plantas, ocasionando problemas como queima das raízes, desequilíbrio nutricional e redução na absorção de água (Jorge *et al.*, 2020).

A avaliação do teor de nutrientes é fundamental para o monitoramento e recomendação de adubações. Nos substratos, os teores de nutrientes podem variar amplamente, dependendo dos materiais utilizados na formulação (Kämpf, 2000). Por exemplo, a fibra de coco é considerada um material inerte, com disponibilidade limitada de nutrientes para as mudas. Em contrapartida, materiais orgânicos compostados ou resíduos industriais de boa qualidade podem fornecer quase todos os nutrientes necessários até o transplante, liberando-os de forma gradual (Souza, 2014).

Entre os elementos essenciais para o desenvolvimento das plantas, destacam-se o carbono (C) e o nitrogênio (N), cuja proporção é expressa pela relação C/N. Essa relação é crucial na produção de compostos orgânicos, pois a escolha dos materiais influencia o equilíbrio da relação C/N, impactando diretamente o processo de mineralização. Ao utilizar materiais orgânicos na formulação de substratos, sejam comerciais ou produzidos na propriedade, é importante considerar esse fator (Jorge *et al.*, 2020).

2.2.2 *Características Físicas*

A densidade refere-se ao peso do substrato em relação ao seu volume. Essa característica é considerada pelos produtores de mudas, pois substratos muito pesados apresentam baixo rendimento (ocupando menos bandejas com o produto), dificultam o manejo na fase de pré-*semeadura* e impactam negativamente o transporte no campo de produção (Jorge *et al.*, 2020; Charlo, 2008). Além disso, a granulometria do substrato deve ser compatível com o tamanho das células das bandejas, de modo a não comprometer a germinação das sementes, a emergência das plântulas e o desenvolvimento dos torrões (Jorge *et al.*, 2020).

A capacidade de retenção de água (CRA) é definida como a capacidade do substrato de reter e disponibilizar água para as mudas. Substratos com baixa capacidade de retenção podem causar restrição hídrica em intervalos prolongados de irrigação, resultando em estresse hídrico e comprometendo o vigor das plantas. Outra característica relevante é a porosidade, que desempenha um papel crucial na limitação do espaço disponível para o crescimento das raízes nos recipientes, influenciada pela granulometria e pelo tamanho das partículas do substrato. Para hortaliças de ciclo curto, como a alface, essas variações podem parecer sutis, mas são determinantes, pois afetam diretamente a capacidade de fornecer água e oxigênio para as mudas através dos poros (Crippa, 2015).

3 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado em uma casa de vegetação nos meses de julho, agosto e setembro de 2024, no Setor de Olericultura do Instituto Federal do Triângulo Mineiro (IFTM), Campus Uberaba – MG. A localização geográfica do campus está entre a latitude Sul de 19°45'27" e a longitude Oeste de 47°55'36", a uma altitude aproximada de 764 m.

O clima da região é classificado como Aw, tropical quente, segundo a classificação de Beck *et al.* (2018). Esse tipo climático caracteriza-se por verões quentes e chuvosos e invernos frios e secos. A média histórica anual de precipitação é de 1600 mm, enquanto a temperatura média anual é de 22,6 °C (Inmet, 2024).

O experimento foi baseado em delineamento inteiramente casualizado (DIC) com 8 tratamentos e 7 repetições, totalizando 56 parcelas. Foram utilizadas bandejas de poliestireno de 128 células. Cada parcela foi constituída por 56 células. Na figura 2 ilustra a distribuição do experimento.

Figura 2- Layout do experimento e distribuição das parcelas e bandejas antes do preenchimento com substratos



Fonte: Elaborado pelo autor, 2024.

Legenda: Setor de Olericultura, Instituto Federal do Triângulo Mineiro (IFTM), Campus Uberaba - MG.

As mudas foram avaliadas 29 dias após a semeadura, iniciada em 30 de julho de 2024 com o preenchimento das bandejas com substratos. As avaliações foram realizadas no dia 27 de agosto de 2024, quando algumas mudas já apresentavam folhas verdadeiras em determinados tratamentos.

Os substratos foram formulados conforme as orientações da Embrapa Hortaliças, com adaptações. Os tratamentos consistiram em três substratos comerciais e cinco formulados, descritos a seguir: T1: Carolina Soil, T2: Biomix, T3: Tropstrato HA; T4: pó de coco, gesso agrícola, alga marinha, minério de baixa concentração, vermiculita, turfa e fertilizantes (MAP); T5: pó de coco, gesso agrícola, vermiculita, alga marinha; T6: pó de coco, gesso agrícola, minério de baixa concentração, vermiculita, turfa e alga marinha; T7: pó de coco, gesso agrícola, turfa e vermiculita; T8: pó de coco, gesso agrícola, minério de baixa concentração, turfa e vermiculita. A Figura 3 ilustra o preenchimento das células.

Figura 3— Esquema dos tratamentos em blocos

Bloco 1				Bloco 2				Bloco 3				Bloco 4			
BJ1	BJ2	BJ3	BJ4	BJ1	BJ2	BJ3	BJ4	BJ1	BJ2	BJ3	BJ4	BJ1	BJ2	BJ3	BJ4
T2	T3	T6	T8	T7	T5	T4	T1	T8	T1	T2	T6	T3	T5	T7	T4
T5	T2	T4	T6	T7	T1	T3	T8	T8	T6	T4	T5	T1	T2	T3	T7
Bloco 5				Bloco 6				Bloco 7							
BJ1	BJ2	BJ3	BJ4	BJ1	BJ2	BJ3	BJ4	BJ1	BJ2	BJ3	BJ4				
T1	T6	T5	T8	T3	T7	T2	T4	T1	T6	T8	T3				
T3	T5	T7	T2	T4	T1	T6	T8	T2	T3	T1	T6				
T4	T5	T7	T8	T1	T6	T8	T3	T4	T5	T7	T8				

Legenda :

- T1: Carolina Soil
- T2: Biomix
- T3: Tropstrato HA
- T4: Formulado
- T5: Formulado
- T6: Formulado
- T7: Formulado
- T8: Formulado

Fonte: Elaborado pelo autor, 2024.

Legenda: Distribuição dos blocos de parcelas experimentais em um estudo sobre o cultivo de alface, feita de forma aleatória.

O sistema de irrigação foi automatizado e programado para operar quatro vezes ao dia, nos horários de 08h, 12h, 16h e 22h, com duração de 20 minutos por ciclo. A irrigação foi realizada por meio de microaspersores instalados acima das bancadas com as mudas. É durante o experimento não foi utilizada nenhuma adubação de cobertura.

As análises físico-químicas dos substratos foram realizadas no laboratório Araguari Fertil Ltda., credenciado pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) para análises de substratos. O laboratório está localizado na cidade de Araguari-MG, na Rua José David Skaf, nº 310, Bairro Bosque, CEP 38446-857.

As análises realizadas abrangeram os teores minerais, teve como referência o extrato de nitrogênio (N) obtido por digestão sulfúrica, com o teor de N determinado pelo método de Kjeldahl e titulação (Tedesco *et al.*, 1995). O extrato de fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), enxofre (S), cobre (Cu), ferro (Fe), manganês (Mn), zinco (Zn) e sódio (Na) foi obtido por digestão nítrico-perclórica. A determinação do teor de P foi realizada em espectrofotômetro UV-Vis utilizando azul de molibdênio. Os teores de K e Na foram determinados por espectrofotômetro de chama, enquanto os teores de Ca, Mg, Cu, Fe, Mn e Zn

foram determinados por espectrofotômetro de absorção atômica. Já o teor de S foi determinado por espectrofotômetro UV-Vis com cloreto de bário (Silva, 2009).

A determinação da relação carbono/nitrogênio (C/N) na matéria orgânica seguiu a metodologia descrita por Alcarde (1982). As análises de capacidade de retenção de água (CRA), capacidade de troca catiônica (CTC), granulometria, densidade e umidade, bem como as demais análises supracitadas, foram realizadas conforme o Manual de métodos analíticos oficiais de fertilizantes, corretivos, substratos, condicionadores e remineralizadores de solo 2023 (Brasil,2023).

O substrato Carolina Soil® é um produto registrado no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), atendendo às exigências do órgão regulador. O produto apresenta propriedades químicas e físicas que favorecem o cultivo das plantas, promovendo um crescimento saudável e um melhor desenvolvimento, conforme descrito pelo fornecedor. Segundo a empresa, os substratos Carolina Soil® não necessitam de pré-misturas, pois são prontos para uso. São estáveis, homogêneos, livres de contaminantes, ervas daninhas e impurezas. Além disso, a baixa densidade e leveza do produto proporcionam alto rendimento e facilitam o manejo no dia a dia, conforme citado por Charlo (2008).

De acordo com o fornecedor, a matéria-prima utilizada na composição dos substratos é rigorosamente controlada, atendendo aos padrões de qualidade internos e externos exigidos pelo MAPA, conforme a Instrução Normativa nº 5/2016. Os substratos Carolina Soil® são compostos por turfa de Sphagnum (turfa canadense ou europeia), perlita expandida, vermiculita expandida e casca de arroz torrefada, entre outros componentes.

O substrato Biomix® é registrado no MAPA, atendendo às exigências do órgão regulador. Segundo a empresa, sua composição inclui matéria-prima como composto orgânico, cinzas e casca de pinus ou eucalipto moída e compostada.

O Tropstrato HA® também é registrado no MAPA e atende às exigências do órgão regulador. É composto por casca de pinus, turfa e vermiculita expandida, enriquecido com macro e micronutrientes de liberação lenta para as plantas. O substrato é isento de ervas daninhas, micro-organismos patogênicos e odores, sendo um produto estável, homogêneo e pronto para uso.

As fórmulas desenvolvidas foram realizadas de forma homogênea e artesanal. Todas as matérias-primas foram pesadas e misturadas, permanecendo em repouso por uma semana antes do preenchimento das células, conforme a recomendação da Embrapa Hortaliças (2020). As matérias-primas foram adquiridas já prontas para uso, como pó de coco, turfa e vermiculita, todas previamente esterilizadas e lavadas.

Os fertilizantes utilizados incluíram MAP (11-52-00), fosforita e um subproduto orgânico de baixa concentração fornecido pela Mosaic. Como inovação, foi utilizada alga marinha (*Kappaphycus alvarezii*). As formulações diferenciaram-se pelas porcentagens e alternância das matérias-primas entre os tratamentos.

As composições dos substratos comerciais e formulados utilizados neste experimento estão detalhadas na Tabela 1, facilitando a comparação entre os tratamentos.

Tabela 1— Composição dos substratos comerciais e formulados

Tratamento	Tipo de Substrato	Composição
T1	Comercial	Turfa de <i>Sphagnum</i> , perlita expandida, vermiculita expandida e casca de arroz torrefada.
T2	Comercial	Composto orgânico, cinzas, casca de pinus/eucalipto moída e compostada.
T3	Comercial	Casca de pinus, turfa, vermiculita e enriquecimento com macro e micronutrientes de liberação lenta.
T4	Formulado	Pó de coco, gesso agrícola, alga marinha, minério de baixa concentração, vermiculita, turfa e fertilizante (MAP).
T5	Formulado	Pó de coco, gesso agrícola, vermiculita e alga marinha.
T6	Formulado	Pó de coco, gesso agrícola, minério de baixa concentração, vermiculita, turfa e alga marinha.
T7	Formulado	Pó de coco, gesso agrícola, turfa e vermiculita.
T8	Formulado	Pó de coco, gesso agrícola, minério de baixa concentração, turfa e vermiculita.

Fonte: Elaborado pelo autor, 2024.

Nota: Os substratos comerciais (T1 a T3) são amplamente utilizados na agricultura, enquanto os substratos formulados (T4 a T8) foram desenvolvidos para atender a necessidades específicas de cultivo.

A semente utilizada foi de alface americana *Lucy Brown*, produzida pela empresa Seminis, com 90% de germinação e 99,9% de pureza. A semente pertence à categoria S2 e à safra de 2023. O ciclo médio da cultivar é de 70 a 81 dias a partir do semeio, com coloração verde-clara.

No período de 29 dias após a semeadura, as mudas de alface foram avaliadas nas dez plantas centrais de cada parcela. Após a coleta, as plantas foram devidamente lavadas para remoção do substrato, e o excesso de água foi retirado com papel absorvente. Para as aferições, utilizou-se uma régua de plástico graduada. Com o auxílio de uma tesoura, a parte aérea e as raízes foram separadas para as seguintes avaliações: massa fresca da parte aérea (MFPA), massa fresca das raízes (MFR), massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca das raízes (MSR),

número de folhas verdadeiras (NF) e altura média das plantas (AP). A parte aérea e as raízes foram acondicionadas separadamente em envelopes de papel e mantidas em estufa a 65 °C por 72 horas para determinação da MSPA e MSR, além das características físico-químicas dos substratos.

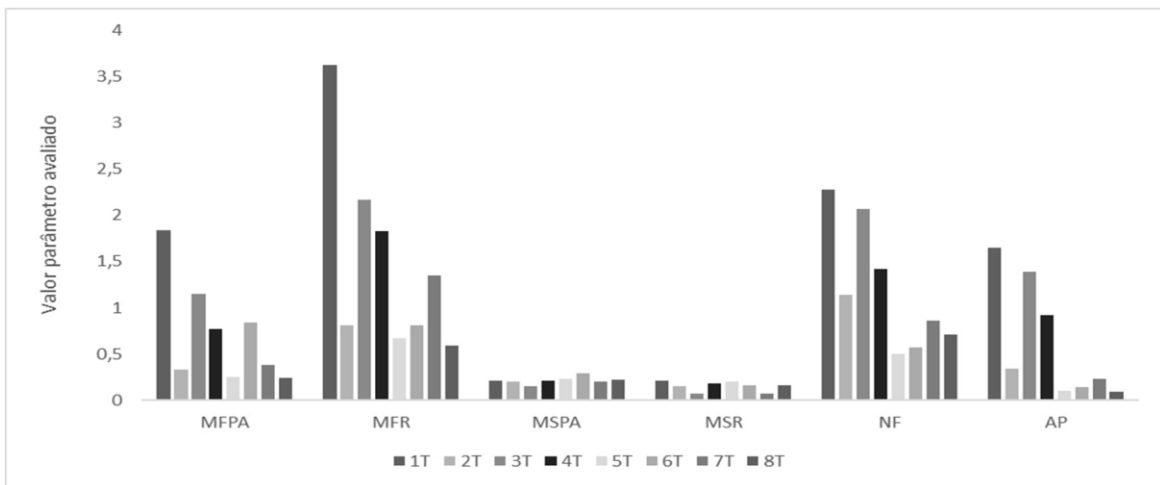
Os dados coletados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) para avaliar as diferenças significativas entre os tratamentos. A normalidade dos dados foi verificada pelo teste de Shapiro-Wilk, e a homogeneidade das variâncias, pelo teste de Bartlett. Quando os parâmetros foram atendidos, as médias dos tratamentos foram comparadas pelo teste de Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade ($p \leq 0,05$).

Para os casos em que os dados de normalidade e homogeneidade das variâncias não foram atendidos, utilizou-se o teste não paramétrico de Kruskal-Wallis, seguido do teste de Dunn, com correção de Bonferroni, para a realização de comparações múltiplas. Todas as análises estatísticas foram realizadas no software R.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O substrato Carolina Soil® demonstrou maior eficiência na produção de mudas de alface *Lucy Brown* (Figura 4), diferenciando-se dos outros substratos quanto ao número de folhas verdadeiras, altura média das plantas, massa fresca e massa seca da parte aérea, como observado na Tabela 2.

Figura 4— Avaliação de diferentes substratos.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2024.

Legenda: Massa fresca da parte aérea (MFPA), massa fresca das raízes (MFR), massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca das raízes (MSR), número de folhas verdadeiras (NF) e altura da planta (AP) de mudas de alface americana *Lucy Brown*, cultivadas em 8 diferentes substratos, aos 29 dias após a emergência. Uberaba-MG, IFTM, 2024

Tabela 2— Médias dos tratamentos para massa fresca da parte aérea (MFPA), massa fresca das raízes (MFR), número de folhas verdadeiras (NF), massa seca das raízes (MSR), massa seca da parte aérea (MSPA) e altura da planta (AP) de mudas de alface americana *Lucy Brown* cultivadas em diferentes substratos aos 29 dias após a sementeira.

Tratamento	MFPA (g)	MFR (g)	NF (nº folhas)	MSR (g)	MSPA (g)	AP (cm)
T1	1,84a	3,62a	2,28a	0,5 ^{ns}	0,75 ^{ns}	1,65a
T2	1,72a	2,50b	1,14b	0,4	0,7	1,2b
T3	1,60a	2,17b	2,07b	0,35	0,72	1,3b
T4	1,50b	1,83b	1,42b	0,32	0,68	1,4b
T5	1,45b	1,20b	1,10b	0,3	0,65	1,1c
T6	1,40b	1	1,05b	0,28	0,63	1,0c

T7	1,35b	0,9	1,02b	0,27	0,6	0,9c
T8	1,30b	0,83	0,95b	0,25	0,58	0,85c
CV%	12,5	15,8	10,7	20,4	18,3	9,4
Shapiro-Wilk (p)	$7,61 \times 10^{-12}$	$7,39 \times 10^{-10}$	$5,80 \times 10^{-6}$	$6,06 \times 10^{-5}$	$1,05 \times 10^{-6}$	$2,148 \times 10^{-9}$
Kruskal-Wallis (p)	0,001	0,023	0,003	0,145	0,312	0,012
Dunn Test (menor p ajustado)	0,017	0,041	0,045	0,126	0,098	0,033

Fonte: Elaborado pelo autor, 2024.

Nota: Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem significativamente pelo teste de Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade. ^{ns} = diferença não significativa.

Dessa forma, ao analisar os dados apresentados na Tabela 2, verificou-se que os valores de p indicaram diferenças estatisticamente significativas para as variáveis MFPA, MFR, NF e AP nos testes de Kruskal-Wallis ($p < 0,05$). Por outro lado, para as variáveis MSPA e MSR, não foram observadas diferenças significativas entre os tratamentos ($p > 0,05$). Esses resultados sugerem que tanto os aspectos físicos (como aeração) quanto os aspectos químicos dos substratos não foram suficientes para impactar o desenvolvimento dessas características.

Resultados semelhantes foram encontrados por Trani *et al.* (2007) e Pereira *et al.* (2012), que também não observaram diferenças significativas entre os tratamentos para as características de MSR ao avaliarem mudas de alface cultivadas em diferentes substratos.

A MFPA exibiu uma variação significativa entre os tratamentos, com o maior valor registrado no T1 (1,84a). Esse resultado mostrou diferenças significativas entre T1 e os demais tratamentos classificados com letras diferentes, como T5, T6, T7 e T8, indicando que o substrato utilizado no T1 foi mais eficiente para essa variável.

Oliveira *et al.* (2008) apresentaram, em seu estudo sobre o desenvolvimento de mudas de alface (*Lactuca sativa L.*) sob sombreamento, utilizando o substrato Carolina Soil® e a cultivar *Lucy Brown*, que os maiores valores de MFPA foram alcançados em ambientes com sombreamento de 70%.

Vieira Júnior *et al.* (2022) também demonstraram melhores desempenhos para a massa fresca entre os tratamentos, utilizando as cultivares *Tainá*, *Escarcha*, *Lucy Brown*, *Ludmila*, *Raider* e *Santa Celeste*. Esses tratamentos resultaram em respostas produtivas semelhantes para a massa fresca comercial, sem diferenças significativas entre as cultivares.

Yuri (2000), ao avaliarem 42 genótipos de alface americana para processamento em Santa da Vargem-MG, sob condições de inverno, observaram variações de massa fresca total entre 772 e 1268 g por planta, utilizando diferentes substratos e solos. De forma similar, Yuri

et al. (2017) também relataram grande variação de MFPA na produção entre diferentes cultivares de alface.

Com relação à massa fresca da raiz (MFR), o tratamento T1 destacou-se com o maior valor (3,62a), sendo estatisticamente superior aos demais. Os tratamentos T3 (2,17b) e T4 (1,83b) apresentaram os segundo melhores valores. Por outro lado, os tratamentos T2, T5, T6, T7 e T8 obtiveram menores valores (letra c), que não diferiram estatisticamente entre si, mostrando resultados não significativos para este parâmetro.

Diferentemente dos resultados de Pinheiro *et al.* (2012) e Oliveira *et al.* (2008), que avaliaram a MFR em mudas de rúcula cultivadas em quatro diferentes ambientes (malhas de 35% de sombreamento nas cores vermelha, azul, termo-refletores e sem malha) e não observaram diferenças estatísticas entre os tratamentos. No experimento de Oliveira *et al.* (2008) com mudas de alface, também não foram encontradas diferenças significativas entre os tratamentos. No entanto, os resultados deste trabalho revelaram que os tratamentos T1 (3,62a), T2 (2,50b) e T4 (1,83b) apresentaram os melhores valores de MFR.

Nascimento *et al.* (2021), ao avaliar a produção de variedades de alface destinadas ao processamento mínimo utilizando o substrato Carolina Soil®, relataram que a variedade 5007 apresentou o maior peso de raiz em comparação aos demais tratamentos. Resultados semelhantes foram encontrados por Augusto *et al.* (2022) em um experimento com produção de alface americana (*Lactuca sativa* L.) utilizando substratos enriquecidos com doses de rocha basáltica, composto orgânico e microrganismos eficientes em latossolo, onde foram observadas diferenças significativas para MFR entre os tratamentos.

Com relação aos resultados de número de folhas verdadeiras (NF), o tratamento T1 obteve o melhor desempenho (2,28a), apresentando diferença significativa em relação aos demais tratamentos. Os tratamentos T3 (2,07b) e T4 (1,42b) demonstraram resultados intermediários, enquanto os tratamentos T5, T6, T7 e T8 apresentaram os menores valores, sem diferença significativa entre si.

De acordo com Filgueira (2008), o número de folhas é uma característica de grande relevância para a alface, considerando que esta hortaliça é folhosa e sua parte comercial é composta pelas folhas. Além disso, os consumidores geralmente adquirem alface por unidade, e não por peso, valorizando características como aparência, volume e número de folhas por cabeça (Diamante *et al.*, 2013).

Diferente dos resultados obtidos por Vieira Júnior *et al.* (2022), no experimento não houve diferença significativa em relação ao número de folhas nos cultivos em hidroponia e no campo, com número médio de folhas de 20 e 21 por planta nos respectivos cultivos. Desse

modo, é importante ressaltar que a utilização de cultivares adaptadas é de extrema relevância para garantir uma boa produção.

Quanto ao resultado da altura média das plantas (AP), o tratamento T1 também se destacou, apresentando um desempenho notável (1,65a), superando as demais opções. Em contrapartida, os tratamentos T5, T6 e T8 apresentaram os menores índices (letra c), sugerindo que as condições aplicadas nesses casos não favoreceram o crescimento da alface.

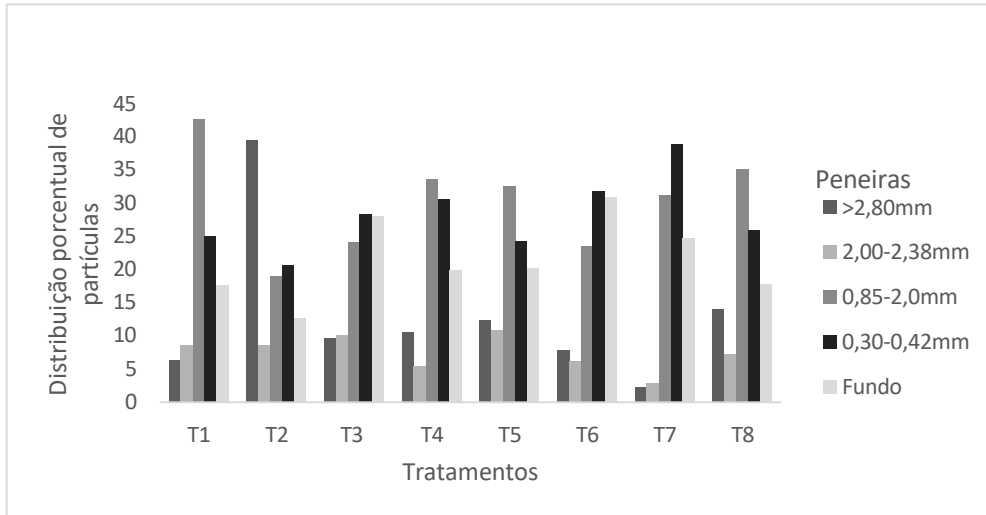
De acordo com Oliveira *et al.* (2008), a cultivar Lucy Brown foi a que obteve melhor desempenho, alcançando uma média de 7,70 cm em experimentos anteriores. O estudo também apontou que as mudas que apresentaram menores tamanhos de AP foram aquelas submetidas a campo aberto, com altas temperaturas e elevada incidência de luz, corroborando com os resultados observados no presente trabalho.

Augusto *et al.* (2022), relata valores diferentes do observado no presente trabalho, segundo ele com a adição do pó de rocha como incremento no comprimento do caule e número de folhas de alface americana não tiveram diferença significativa dos tratamentos.

Segundo Yuri *et al.* (2017), a AP, é uma característica importante, principalmente voltada para indústria de processamento e de sanduíches, devendo ser significativamente direcionada para reduzir e minimizar as perdas durante o processo. Além disso, o autor menciona que o AP excessivamente comprido não apresenta boa compacidade e dificulta o beneficiamento dela, afetando a qualidade final do produto.

A granulometria de um substrato desempenha um papel crucial na definição de suas propriedades físicas, como drenagem, aeração e retenção de água, elementos que impactam diretamente o crescimento das plantas (Charlo, 2008). Os tratamentos T1 e T2 apresentaram predominância de partículas maiores (> 2,80 mm), o que pode ser benéfico para drenagem e aeração, mas pode restringir a capacidade de retenção de água. Já os tratamentos T6 e T7 se destacaram pela maior proporção de partículas finas (0,30-0,42 mm) e fração de fundo, indicando um substrato mais denso e com maior capacidade de retenção de água, porém com menor aeração. A distribuição granulométrica mais equilibrada foi observada nos tratamentos T4 e T8, que apresentaram frações intermediárias bem distribuídas, propiciando um bom balanço entre drenagem, retenção de água e aeração. A Figura 5 mostra a relação de granulometria entre os tratamentos.

Figura 5— Distribuição porcentual das partículas dos tratamentos conforme a abertura das malhas das peneiras, conforme o MAPA na IN nº 17/2017. IFTM Campus Uberaba/MG.



Fonte: Autoria própria, 2024

Legenda: Distribuição percentual de partículas em diferentes tratamentos (T1 a T8) conforme as faixas granulométricas das peneiras (>2,80 mm, 2,00–2,38 mm, 0,85–2,00 mm, 0,30–0,42 mm e fundo)

Segundo Crippa (2015), a porosidade é fundamental para o crescimento das plantas em recipientes, devido à granulometria; no entanto, essas variações são sutis, conforme também evidenciado neste estudo. Por outro lado, Ludwig; Maia e Corrêa (2011) afirmam que substratos com elevada proporção de partículas pequenas tornam-se inadequados para vasos menores, pois retêm mais água e diminuem o espaço de aeração. A baixa porosidade e o baixo espaço de aeração podem estar relacionados à grande quantidade de partículas de tamanho menor, contribuindo para uma alta densidade, corroborando, assim, com os resultados do presente trabalho.

Menezes *et al.* (2000) identificaram variações significativas entre as propriedades físicas dos substratos analisados, inclusive quanto à distribuição do tamanho das partículas dos materiais puros, substratos comerciais e misturas desenvolvidas para a produção de mudas de alface.

Os resultados de densidade para os tratamentos T2 e T3 revelam as maiores densidades (689 e 615 kg/m³), indicando substratos mais compactados, com menor espaço para aeração e drenagem. O tratamento T7 apresenta a menor densidade (213 kg/m³), sugerindo um substrato extremamente leve, ideal para aeração, mas possivelmente com menor retenção de água. Os tratamentos T1, T4, T5, T6 e T8 possuem densidades intermediárias, o que sugere substratos mais equilibrados em termos de retenção de água e aeração.

Charlo (2008), em um experimento sobre o crescimento e o acúmulo de nutrientes na cultura do pimentão em cultivo com substrato, observou diferentes valores na taxa de crescimento da cultura, os quais podem ser causados por diversos fatores, entre os quais destacam-se a cultivar, a densidade de plantio e o manejo das condições ambientais.

Jorge *et al.* (2020) destacam que a densidade está relacionada ao peso do substrato. Os principais atributos físicos que influenciam o manejo dos substratos incluem: o tamanho das partículas, a porosidade, a densidade global, a densidade das partículas e a capacidade de recipiente. Por essa razão, é fundamental selecionar o substrato apropriado, alinhando-o às necessidades específicas da planta.

Os resultados da capacidade de retenção de água (CRA) indicam o quanto o substrato consegue reter água, influenciando a frequência de irrigação, segundo Jorge *et al.* (2020). Para os tratamentos T1, T5 e T7, os valores foram elevados (385–381%), sendo excelentes para plantas que exigem alta retenção de água, enquanto os tratamentos T2 e T3 apresentaram os menores valores (139–162%), ideais para sistemas de cultivo com irrigação frequente ou para plantas menos exigentes em água. Os demais tratamentos não apresentaram resultados significativos.

Segundo o MAPA, a capacidade de retenção de água (CRA) dos substratos destinados ao cultivo deve atender aos seguintes critérios: valores mínimos de 50% (em base de peso seco) para substratos cuja função principal é a retenção de água para a agricultura. Esses valores são importantes para garantir que o substrato tenha capacidade suficiente de armazenar água disponível para as plantas, sem comprometer a aeração e a drenagem. Em relação a esse parâmetro, todos os tratamentos do presente estudo estão em conformidade com os critérios estabelecidos pela IN nº 17 de 21 de maio de 2007. A Tabela 3 apresenta as propriedades físicas detalhadas.

Tabela 3 — Resultados de análise física dos tratamentos com substratos, utilizando metodologia recomendada pelo MAPA (IN nº 25, de 23 de julho de 2009, Anexos II e III) para Fertilizantes Orgânicos Simples, Mistos e Compostos, via solo.

Tratamentos	Densidade	Umidade	CTC	Índice Salino	CRA	C/N	CTC	COT	CE
	Kg/m ³	%	mmol/kg ⁻¹	%	%m/m	%	mmol/kg ⁻¹	%	mS/cm
T1	282	55,13	515	5,9	385	22	515	35,62	0,70
T2	689	46,7	515	4,13	139	32	515	22,43	0,49
T3	615	41,2	550	1,68	162	33	550	30,2	0,20

T4	336	30,7	565	14,34	244	30	565	27,7	1,70
T5	381	30,7	540	21,85	381	45	540	28	2,59
T6	292	30,1	540	11,1	337	66	540	32,34	1,32
T7	213	34,7	550	12,7	357	54	550	41,94	1,50
T8	303	36,3	550	17,6	210	43	550	30,21	2,08

Fonte: Autoria própria, 2024

Nota: As análises foram realizadas seguindo os métodos descritos na IN n° 25 do MAPA, com foco nas características físicas essenciais para substratos destinados ao cultivo agrícola.

A Tabela 3 apresenta as análises de matéria orgânica, nitrogênio total e relação C/N dos substratos avaliados, os quais são fundamentais para a avaliação da qualidade dos substratos, especialmente no que diz respeito à capacidade de fornecer nutrientes e sustentar o crescimento vegetal. Esses parâmetros são importantes porque refletem o potencial de disponibilidade de nutrientes e a atividade microbiana no substrato. Substratos com relação C/N equilibrada (20-30) são considerados ideais para a maioria das culturas. Relações extremas podem necessitar de ajustes. Por exemplo, substratos com relação C/N elevada (>30) podem imobilizar nitrogênio, sendo necessário suplementar com adubos nitrogenados para evitar deficiências, segundo Embrapa Hortaliças. Para esses parâmetros, os tratamentos T3, T5, T6, T7 e T8 estão fora do padrão estabelecido, enquanto os demais tratamentos satisfazem esses critérios.

Tabela 4 — Resultados da análise química dos tratamentos com substratos utilizando metodologia recomendada pelo MAPA (IN n° 25, de 23 de julho de 2009, Anexos II e III), para fertilizantes orgânicos simples, mistos e compostos, via solo.

Tratamentos	pH	N	P	K	S	Na	Ca	Mg	B	Fe	Mn	Zn
		%										
T1	4,60	0,72	0,66	0,34	0,07	0,42	0,64	0,19	0,034	0,70	0,009	0,004
T2	6,70	0,37	1,33	0,27	0,03	0,18	1,46	0,53	0,042	0,016	0,052	0,038
T3	6,20	0,53	0,63	0,25	0,19	0,19	0,90	0,42	0,043	0,552	0,016	0,005
T4	6,10	0,90	2,29	1,73	0,88	0,21	2,08	0,56	0,054	0,464	0,016	0,012
T5	7,60	0,40	0,98	2,95	1,57	0,36	3,97	0,57	0,053	0,139	0,006	0,003
T6	5,10	0,34	0,84	1,05	0,81	0,50	2,17	0,37	0,055	0,454	0,02	0,005
T7	4,80	0,50	0,76	1,14	0,52	0,21	1,14	0,44	0,045	0,189	0,189	0,002
T8	7,10	0,45	0,68	2,55	0,86	2,57	1,82	0,48	0,056	0,35	0,018	0,006

Fonte: Autoria própria, 2024

Nota: Método de extração: N-[NTotal]=Digestão Sulfúrica. B=Incineração; Dt. Azometina P, K, Ca, Mg, S, Na, Cu, Fe, Mn, Zn=Digestão Nitro Perclórico; Absorção Atômica.

De acordo com Verdonck *et al.* (1981) e Penningsfeld (1983), o mínimo de 50% de matéria orgânica é essencial para substratos. Schmitz *et al.* (2002) complementam afirmando que os níveis de carbono orgânico nesses substratos devem estar acima de 25%. Com base nesses critérios, Trani *et al.* (2007), em sua pesquisa sobre o cultivo de alface utilizando diferentes substratos, obtiveram resultados satisfatórios em conformidade com os padrões estabelecidos pelos autores mencionados. Contudo, em relação aos critérios estabelecidos pela Embrapa Hortaliças, não foi possível observar diferenças significativas na produção de mudas de alface.

A Tabela 3 apresenta também os valores de pH, níveis de macronutrientes, sódio, capacidade de troca catiônica (CTC) e micronutrientes dos substratos avaliados, seguindo a metodologia recomendada pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) na Instrução Normativa nº 25, de 23 de julho de 2009, nos anexos II e III, voltada para Fertilizantes Orgânicos Simples, Mistos e Compostos, por meio do solo.

Observando a faixa de pH (em água) na qual ocorre maior disponibilidade de nutrientes, Kämpf (2000) destaca que o valor ideal varia entre 5,2 e 5,5 para substratos de origem orgânica, enquanto, para os de origem mineral, o intervalo considerado adequado é entre 6 e 7. É, segundo o MAPA, na Instrução Normativa nº 17 de 2017, e a Embrapa, o pH dos substratos deve ser ajustado para as condições ideais de cultivo, com valores geralmente entre 5,5 e 6,8 para substratos comerciais, dependendo da espécie cultivada.

Dessa forma, ao analisar os resultados dos tratamentos T1, T6 e T7, observa-se um pH ácido (<5,5), o que favorece a disponibilidade de micronutrientes como Fe, Mn e Zn, mas prejudica a absorção de macronutrientes como Ca, Mg e P. Os tratamentos T3 e T4 apresentam pH na faixa ideal (5,5 – 6,5), sendo adequados para a maioria das culturas. Já os tratamentos T2, T5 e T8 exibem pH alcalino (>6,5), o que reduz a disponibilidade de micronutrientes (Fe, Mn, Zn) e pode induzir a clorose nas plantas.

Charlo (2008) obteve uma média de pH de 4,99 para frutos maduros de pimentão da cultivar Margarita, cultivado em diferentes substratos e soluções nutritivas, com valores variando entre 4,95 e 5,04. Em 2005, o mesmo autor analisou o desempenho de cinco híbridos de pimentão cultivados em fibra de casca de coco e fertirrigação, verificando valores de pH variando de 4,98 a 5,26.

Zorzeto *et al.* (2011), avaliando a caracterização física e química de substratos para o rendimento do morangueiro (*Fragaria* χ ananassa Duch), observaram que os valores encontrados nas determinações de pH apresentaram menor variabilidade. Contudo, soluções aquosas são afetadas proporcionalmente em função das diluições, influenciando diretamente tanto na solubilidade quanto na disponibilidade dos nutrientes para as plantas. Apenas a casca de pinus foi o único substrato a enquadrar-se nesse nível, considerando ambas as diluições. A fibra de coco granulada aproximou-se dessa faixa, e sua mistura com casca de arroz ajustou o valor do pH da casca de arroz para próximo do limite considerado ideal. Entretanto, esse fato não ocorreu na mistura da casca de arroz com a casca de pinus Lupa, onde se verificou um valor de pH tão básico quanto o do insumo puro.

Trani *et al.* (2007) afirmam que, ao analisar substratos para a produção de mudas de alface, todos os substratos estudados estavam na faixa de pH acima ou próxima do ideal para sua respectiva composição. Ressalta-se que pequenas diferenças nos valores de pH entre os substratos não justificam as discrepâncias na resposta produtiva observada ao final do ensaio.

Com relação à capacidade de troca catiônica (CTC), todos os substratos avaliados apresentaram resultados acima da faixa ideal de 150 mmolc/kg estabelecida pela Embrapa para a maioria dos cultivos comerciais. Destacou-se a maior CTC apresentada pelo substrato T4, juntamente com os maiores teores de cálcio e magnésio em relação aos outros tratamentos. Por outro lado, os substratos T1 e T2 apresentaram menor capacidade relativa, mas ainda suficiente para a maioria das aplicações. Esses resultados ajudam a explicar, em parte, o desempenho dos tratamentos T1 e T4 em relação aos demais. Dessa forma, é importante ajustar o pH em alguns tratamentos para maximizar o potencial da CTC e evitar problemas relacionados à disponibilidade ou toxicidade de nutrientes.

Para os valores de condutividade elétrica (CE), a metodologia indicada pela IN nº 14, de 21 de maio de 2007, do MAPA foi utilizada. A CE dos substratos analisados variou de 0,20 mS/cm (T3) a 2,59 mS/cm (T5), revelando diferenças significativas na salinidade entre os tratamentos. De acordo com os intervalos recomendados pela Embrapa e pelo MAPA, valores de CE inferiores a 0,50 mS/cm (como observado nos substratos T3 e T2) são considerados baixos, indicando menor concentração de sais solúveis. Os tratamentos T4 (1,70 mS/cm), T7 (1,50 mS/cm), T6 (1,32 mS/cm) e T8 (2,08 mS/cm) apresentaram CE de moderada a alta, características que indicam substratos ricos em nutrientes, mas que podem causar acúmulo excessivo de sais em plantas mais sensíveis. O substrato T5, com CE de 2,59 mS/cm, excedeu o limite crítico para diversas culturas comerciais, sendo mais adequado para espécies tolerantes à salinidade, como tomate e pimentão (Charlo, 2008).

Já os substratos T1 (0,70 mS/cm) e T2 (0,49 mS/cm) apresentaram valores intermediários, apropriados para a maioria das culturas, especialmente aquelas que requerem um nível de salinidade baixo a moderado no ambiente radicular. A CE desses tratamentos está dentro do intervalo considerado ideal para o cultivo de hortaliças e flores, garantindo a disponibilidade de nutrientes sem gerar estresse salino.

Inclusive, Jorge *et al.* (2020) destacam que as exigências de condutividade elétrica podem variar de acordo com a espécie cultivada. Os autores relatam que, para a produção de mudas de alface, valores superiores a 0,8 mS/cm podem comprometer a absorção efetiva de água e nutrientes pelas plantas, uma vez que a alta concentração de nutrientes dificulta a entrada de água. Por outro lado, o mesmo valor de condutividade elétrica pode ser considerado normal, ou até baixo, para mudas de tomate, devido ao fato de o caule e as folhas dessa cultura serem menos tenros e mais resistentes a essas condições.

Segundo Andriolo *et al.* (2005), foi observada uma redução no crescimento e na produção de massa fresca de plantas de alface cv. *Vera* quando os níveis de salinidade foram superiores a 2,0 e 2,6 dS·m⁻¹, respectivamente. Essas plantas foram cultivadas em areia e fertirrigadas com solução nutritiva. Fabri (2004) constatou que as mudas de alface apresentaram melhor desenvolvimento em substratos compostos por adubo de curral e húmus, com condutividades elétricas de 3,73 e 4,87 dS·m⁻¹, respectivamente. Esse resultado confirma que o poder tampão do material orgânico pode influenciar significativamente a ação dos sais, os quais podem prejudicar tanto a germinação quanto o desenvolvimento das plântulas.

Essa constatação demonstra a importância do monitoramento contínuo dos materiais utilizados na formulação de substratos, bem como da qualidade da água de irrigação. De acordo com os dados apresentados na Tabela 4, os tratamentos T3 e T2 apresentaram os menores valores de condutividade elétrica (0,20 e 0,49 dS·m⁻¹, respectivamente), indicando substratos com menor concentração de sais solúveis, adequados para plantas sensíveis à salinidade. Por outro lado, o tratamento T5 apresentou o maior valor (2,59 dS·m⁻¹), ultrapassando o limite considerado seguro para diversas culturas comerciais, o que pode representar um risco para o desenvolvimento das mudas mais sensíveis.

Os tratamentos T4, T7, T6 e T8 apresentaram valores intermediários de condutividade elétrica (entre 1,32 e 2,08 dS·m⁻¹), com potencial para acúmulo excessivo de sais em plantas sensíveis. Esses resultados ressaltam a importância do ajuste da condutividade elétrica para garantir o equilíbrio entre a disponibilidade de nutrientes e a redução do estresse salino, segundo Andriolo *et al.* (2005).

5 CONCLUSÕES

O tratamento com substrato comercial, T1 (Carolina Soil®), destacou-se em variáveis como número de folhas verdadeiras (NF), massa fresca da parte aérea (MFPA) e altura média das plantas (AP), evidenciando pela eficiência em promover o crescimento das mudas, para o substrato formulado, o T4, apresentou resultados promissores, especialmente nos parâmetros de capacidade de troca catiônica (CTC) e entre drenagem e retenção de água, evidenciando seu potencial competitivo em relação aos substratos comerciais. No entanto, ajustes nas características como pH e condutividade elétrica (CE) são importantes para otimizar o desempenho e atender às necessidades específicas das culturas.

REFERÊNCIAS

ALCARDE, J. C. **Métodos simplificados de análise de fertilizantes minerais (NPK)**. Brasília: Laboratório Nacional de Referência Vegetal, 1982. 49 p.

ANDRIOLO, J. L.; LUZ, G. L.; WITTER, M. H.; GODOI, R. S.; BARROS, Gisele T.; BORTOLOTTI, Orcial C. Growth and yield of lettuce plants under salinity. **Horticultura Brasileira**, Brasília, DF, v. 23, n. 4, p. 931-934, dez. 2005. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/s0102-05362005000400014>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/hb/a/PVhqXmJcL44v9mwLkPcHMrB/?lang=en>. Acesso em: 15 nov. 2024.

ANTUNES, L. F. S.; SIVA, D. G.; CORREIA, M. E. F.; LEAL, M. A. A. Avaliação química de substratos orgânicos armazenados e sua eficiência na produção de mudas de alface. **Revista Científica Rural**, Bagé, v. 21, n. 2, p. 139-155, 2 ago. 2019. DOI: <http://dx.doi.org/10.30945/rcr-v21i2.2680>. Disponível em: <http://revista.urcamp.tche.br/index.php/RCR/article/view/2680>. Acesso em: 12 nov. 2024.

AUGUSTO, J.; SENA, J. O. A.; HATA, F. T.; CUNHA, F. A. D.; CAMPOS, T. A. Produção de alface americana orgânica sob doses de pó de rocha basáltica, composto orgânico e microrganismos eficientes. **Agrarian**, Dourados, v. 15, n. 55, p. 15153, 22 ago. 2022. DOI: <http://dx.doi.org/10.30612/agrarian.v15i55.15153>. Disponível em: <https://ojs.ufgd.edu.br/agrarian/article/view/15153>. Acesso em: 19 nov. 2024.

BECK, H. E.; ZIMMERMANN, N. E.; MCVICAR, T. R.; VERGOPOLAN, N.; BERG, A.; WOOD, E. F. Present and future Köppen-Geiger climate classification maps at 1-km resolution. **Scientific Data**, London, v. 5, n. 1, p. 1-12, 30 out. 2018. DOI: <http://dx.doi.org/10.1038/sdata.2018.214>. Disponível em: <https://www.nature.com/articles/sdata2018214>. Acesso em: 12 jun 2014

BERJON, M. A.; MURRAY, P. N. Sustratos para el cultivo sin suelo y fertirrigación. In: LOPEZ, C. C. (coord.). **Fertirrigación: cultivos hortícolas y ornamentales**. Madrid: Mundi-Prensa, 1997. p. 287-342.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Instrução Normativa nº 5, de 10 de março de 2016**. Brasília, DF: MAPA, 2016. Disponível em: <https://www.legisweb.com.br/legislacao/?id=317444>. Acesso em: 12 nov. 2024.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Instrução Normativa nº 14, de 15 de dezembro de 2004**. Brasília, DF: MAPA, 2004. Disponível em: [https://abcsem.com.br/wp-content/uploads/legislacao/outras-legislacoes/IN_14_-_2004\(1\).pdf](https://abcsem.com.br/wp-content/uploads/legislacao/outras-legislacoes/IN_14_-_2004(1).pdf). Acesso em: 15 ago. 2024.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Instrução Normativa nº SDA 17, de 21 de maio de 2007**. Brasília, DF: MAPA, 2007. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/insumos-agropecuarios/insumos->

agricolas/fertilizantes/legislacao/in-17-de-21-05-2007-aprova-metodo-substrato.pdf. Acesso em: 15 ago. 2024.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Instrução Normativa SDA nº 31 , de 23 de outubro de 2008**. Brasília, DF: MAPA, 2008. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/insumos-agropecuarios/insumos-agricolas/fertilizantes/legislacao/in-31-de-23-10-2008-altera-metodo-substrato.pdf>. Acesso em: 15 ago. 2024.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Instrução Normativa nº 19, de 15 de fevereiro de 2002**. Brasília, DF: MAPA, 2002. 8 p. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/insumos-agropecuarios/insumos-pecuarios/material-genetico/registro-de-estabelecimento/arquivos/instrucao-normativa-no-19-de-15-de-fevereiro-de-2002.pdf>. Acesso em: 15 ago. 2024.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária. **Manual de Métodos Analíticos Oficiais de Fertilizantes, Corretivos Substratos, Condicionadores e Remineralizadores de Solo**. Brasília, DF:MAPA, 2023. Disponível em: https://www.gov.br/agricultura/pt-br/acao-a-informacao/participacao-social/consultas-publicas/2023/arquivos-das-consultas-publicas/copy2_of_MANUALDEMTODOS_minuta.pdf. Acesso em: 15 ago. 2024.

BRYCHKOVA, G.; OLIVEIRA, C. L.; GOMES, L. A.; GOMES, M. S.; FORT, A.; ESTEVES-FERREIRA, A. A.; SULPICE, R.; MCKEOWN, P. C.; SPILLANE, C. Regulation of Carotenoid Biosynthesis and Degradation in Lettuce (*Lactuca sativa* L.) from Seedlings to Harvest. **International Journal of Molecular Sciences**, Rockville, v. 24, n. 12, p. 10310, 18 jun. 2023. DOI: <http://dx.doi.org/10.3390/ijms241210310>. Disponível em: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC10298985/>. Acesso em: 18 jun 2024

CHARLO, H. C. O. **Análise de crescimento e marcha de acúmulo de nutrientes na cultura do pimentão, cultivado em substrato**. 2008. 75 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2008.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Supersafra: 1ª previsão da Conab para 2024/25 é de recorde. 2024**. Brasília, DF: CONAB,2024. Disponível em: <https://www.brasilagro.com.br/noticias/supersafra-1a-previsao-da-conab-para-202425-e-de-recorde/>. Acesso em: 10 ago. 2024.

CRIPPA, J. P. B.; FERREIRA, L. G. Desenvolvimento de mudas de repolho em diferentes tipos de bandeja e substrato. **Connection Line**, Várzea Grande, v. 12, p. 106-119, 2015. DOI: 10.18312/2F1980 7341.n12.2015.209. Disponível em : <https://periodicos.univag.com.br/index.php/connectionline/article/view/209>. Acesso em: 04 maio 2024

DIAMANTE, M. S.; SEABRA JÚNIOR, S.; INAGAKI, A. M.; SILVA, M. B.; DALLACORT, R. Produção e resistência ao pendoamento de alfaces tipo lisa cultivadas sob diferentes ambientes. **Revista Ciência Agrônômica**, Fortaleza, v. 44, n. 1, p. 133-140, mar. 2013. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/s1806-66902013000100017>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rca/a/wcbtypfWXjpp3SVLh8kphCb/>. Acesso em: 14 jun. 2024.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Alface BRS LEILA**: tipo crespa tolerante ao pendoamento. Brasília, DF: Embrapa hortaliças, 2019. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/160741/1/digitalizar0195.pdf>. Acesso em: 20 out. 2024.

FABRI, E. G. **Determinação da qualidade dos substratos comercializados em Piracicaba SP**. 2004. 97 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2004. Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11136/tde-20191218-181815/publico/FabriElianeGomes.pdf>. Acesso em: 20 out. 2024.

FILGUEIRA, F. A. R. **Novo manual de olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças**. 3. ed. Viçosa-MG, Brazil: Ed. UFV, 2008.

FRANCO, F. P.; GOMES, L. A. A.; SANTOS, V. P. (org.). **Produção de sementes de alface**. Lavras: ed. do autor, 2018. Disponível em: <http://repositorio.ufla.br/jspui/handle/1/29303>. Acesso em: 11 nov. 2024.

GELAMOS, J. P.; PEREIRA, H. B.; BASÍLIO, C. C. F.; RIO, M. E. ; SILVA, W. M. F.; OLIVEIRA, I. A. B.; SHIODA, R. T.; BENETÃO, T. R.; OLIVEIRA, V. A. B. Horta Agroecológica - Estímulo e divulgação aos alunos do ensino médio a engenharia agrônoma. **Revista Contemporânea**, [S.l.], v. 4, n. 8, p. 1-14, 12 ago. 2024. DOI: <http://dx.doi.org/10.56083/rcv4n8-070>. Disponível em: <https://ojs.revistacontemporanea.com/ojs/index.php/home/article/view/5393/4031>. Acesso em: 9 nov. 2024.

GONÇALVES, A. L. **Substratos para produção de mudas ornamentais**. In: MINAMI, K.; TESSARIOLI NETO, J.; PENTEADO, S. R.; SCARPARE FILHO, J. A. (org.). Produção de mudas hortícolas de alta qualidade. Piracicaba: ESALQ/SEBRAE, 1994. p.156

HENZ, G. P.; SUINAGA, F. A. **Tipos de alface cultivados no Brasil**. Embrapa Hortaliças. Comunicado Técnico, ISSN 1414-9850. v. 75, 2009. p.7

INSTITUTO CAPIXABA DE PESQUISA, ASSISTÊNCIA TÉCNICA E EXTENSÃO RURAL (INCAPER). **Boletim da Conjuntura Agropecuária Capixaba**, 2023. Disponível em: [Boletim-Conjuntura-Agropecuaria-v9n2-jul-dez-2023-Incaper.pdf](https://www.incaper.org.br/boletim-conjuntura-agropecuaria-v9n2-jul-dez-2023-incaper.pdf). Acesso em: 14 jul. 2024.

JESUS, B. B. S.; SANTANA, K. S. L. ; OLIVEIRA, V. J. S. ; CARVALHO, M. J. S. ; ALMEIDA, W. A. B. PANCS - plantas alimentícias não convencionais, benefícios nutricionais, potencial econômico e resgate da cultura: uma revisão sistemática. **Enciclopédia Biosfera**, Jandaia-Go, v. 17, n. 33, p. 309-322, 30 set. 2020. DOI: http://dx.doi.org/10.18677/encibio_2020c28. Disponível em: <https://www.conhecer.org.br/enciclop/2020C/pancs.pdf>. Acesso em: 15 ago. 2024.

JORGE, M. H. A.; MELO, R. A. C.; RESENDE, F.V.; COSTA, E.; SILVA, J. ; GUEDES, Í. M. R. **Informações técnicas sobre substratos utilizados na produção de mudas de hortaliças**. Brasília, DF: Embrapa Hortaliças, 2020. 30 p. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1125796/1/DOC-180-18-set-2020.pdf>. Acesso em: 15 ago. 2024.

KÄMPF, A. N. **Seleção de materiais para uso como substrato.** In: KÄMPF, N. A.; FERMINO, M. H. (ed.). *Substratos para plantas: a base da produção vegetal em recipientes.* Porto Alegre: Gênese, 2000. p. 139-145.

KLEIN, V. A., *et al.* 2002. **Metodologia para análise da retenção de água em substratos.** Campinas, SP, IAC, Documentos n0 70, p 79.

LISBÃO, R.S.; NAGAI, H.; TRANI, P.E. Alface. In: INSTITUTO AGRONÔMICO DE CAMPINAS. **Instruções agrícolas para o Estado de São Paulo.** 5.ed. Campinas, 1990. p.11-12. (Boletim, 200).

LOPES, C. A. Controle de doenças de plantas na olericultura orgânica: qual o tamanho do desafio? **Horticultura Brasileira**, Brasília, DF, v. 30, n. 3, p. 565-565, set. 2012. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/s0102-05362012000300036>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/hb/a/ZhHB9kTsWTbYhbYfvtG8ktp/?lang=pt>. Acesso em: 8 nov. 2024.

LUDWIG, M. P.; MAIA, M. S.; CORRÊA, M. B. F. Banco de sementes de aveia preta no solo sob dois sistemas de manejo. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 41, n. 1, p. 25-32, 2011. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/s0103-84782011000100005>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/cr/a/LYhCqbpGDqBHQRK664YzDwL/?lang=pt>. Acesso em: 10 nov. 2024.

MARJOTTA-MAISTRO, M. C.; MONTEBELLO, A. E. S.; SANTOS, J. A.; PEDROSO, M.T. M. Fluxo de abastecimento de alface e suas variedades: principais regiões de origem e destino. in: Congresso da Sociedade Brasileira de Economia, Administração e Sociologia Rural – SOBER, 59., 2021, Brasília, DF. **Ações Coletivas e resiliência: inovações políticas, socioeconômicas e ambientais.** Brasília: Sober, 2021. p. 1-12. Disponível em: <https://agris.fao.org/search/en/providers/122419/records/647478e4425ec3c088f5503c>. Acesso em:

MARTINS, B. C.; RIGHI, A. P.; ALMIRÃO, D. O.; LOPES, J. C. S. Contabilidade gerencial como ferramenta para gestão financeira em microempresas do município de são gabriel/rs. **Revista da Mostra de Trabalhos de Conclusão de Curso**, Urcamp Bagé - Rs, v. 1, n. 1, p. 299-316, 04 out. 2017. Disponível em: <http://revista.urcamp.tche.br/index.php/rcmtcc/article/view/1636/1056>. Acesso em: 05 jun. 2024

MENEZES JÚNIOR, F. O. G.; FERNANDES, H. S.; MAUCH, C. R.; SILVA, J. B. Caracterização de diferentes substratos e seu desempenho na produção de mudas de alface em ambiente protegido. **Horticultura Brasileira**, Brasília, DF, v. 18, n. 3, p. 164-170, nov. 2000. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/s0102-05362000000300004>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/hb/a/5Sg8qq6mngPMj3kkLNhZDGR/?format=html&lang=pt>. Acesso em: 20 jun 2024

MINER, J. A. **Sustratos: Propiedades y caracterización.** Madrid, Barcelona e México: Ediciones Mundi-Prensa, 1994. 172 p.

NASCIMENTO, A. R.; MORGADO, C. M. A.; AGUIAR, F. C. O.; SANTANA, I. G.; LAGO, I. N.; MOURA, A. C. M.; CUNHA JUNIOR, L. C. Produção de variedades de alface destinadas ao processamento mínimo. **Scientific Electronic Archives**, [S.L.], v. 15, n. 1, p. 1-

6, 31 dez. 2021. DOI: <http://dx.doi.org/10.36560/15120221491>. Disponível em: <https://scientificalelectronicarchives.org/index.php/SEA/article/view/1491/1545>. Acesso em: 19 nov. 2024.

OLIVEIRA, F. F.; GUERRA, J. G. M; ALMEIDA, D. L; RIBEIRO, R. L.; ESPINDOLA, A. J. A.; RICCI, M. S. F.; CEDDIA, M. B. Avaliação de coberturas mortas em cultura de alface sob manejo orgânico. **Horticultura Brasileira**, Brasília, DF, v. 26, n. 2, p. 216-220, jun. 2008. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/s0102-05362008000200017>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/hb/a/pcBHYVkcVV5BMnNm9fkt55r/?lang=pt>. Acesso em: 10 nov. 2024

PENHA, D. M.; AGUIAR, K. A. T.; PAULINO, L. C.; MESQUITA, R. O.; VARGAS, T. O.; Uso de mitigadores do estresse salino em cultivo de alface semi-hidropônico. **Revista Semiárido De Visu**, Pretrolina, v. 12, n. 1, p. 119-135, 2024. DOI: 10.31416/rsdv.v12i1.565. Disponível em: <https://semiaridodevisu.ifsertaope.edu.br/index.php/rsdv/article/view/565>. Acesso em: 12 nov. 2024.

PENNINGSFELD, F. Kultursubstrate für den Gartenbau, besonders in Deutschland: Ein kritischer Überblick/Plant substrates for horticulture with special regard to Germany: a critical review. **Plant and Soil**, Berlim, p. 269-281, 1983.

PEREIRA, D. C.; GRUTZMACHER, P.; BERNARDI, F. H.; MALLMANN, L. S.; COSTA, L. A. de M.; COSTA, M. S. S. M. Produção de mudas de almeirão e cultivo no campo, em sistema agroecológico. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, PB, v. 16, n. 10, p. 1100-1106, out. 2012. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/s1415-43662012001000010>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbeaa/a/sqSxZRxBPXhdKwdGdDR35Yp/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 10 jul 2024

PINHEIRO, G. S.; FERNANDES, H. A.; ANGELOTTI, F.; BARBOSA, L. G.; BARROS, J.R. A.; CALGARO, M.; GHINI, R.; TORRE NETO, A. Impacto do aumento da concentração de co2 na severidade do míldio da videira. *In: WORKSHOP SOBRE MUDANÇAS CLIMÁTICAS E PROBLEMAS FITOSSANITÁRIOS*, 2012, Jaguariúna. **Anais[...]** Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, p. 1-5.

PIRES, N. M.; OLIVEIRA, V. R. **Alelopatia**. *In: OLIVEIRA JUNIOR, R. S.; CONSTANTIN, J. (ed.). Plantas daninhas e seu manejo*. Guaíba: Agropecuária, 2001. p. 145-185.

PORTO, L. N. R.; MARIANO, E. D.'A.; CARDOSO, J. C. Composting of fresh vegetable residues and its application in lettuce cultivation. **Horticultura Brasileira**, Brasília, DF, v. 41, 2023, e2545. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/s0102-0536-2023-e2545>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/hb/a/sZZs7D7XgZbNjL8PFwmy8FL/>. Acesso em: 10 jul. 2024

RESENDE, F. V.; SAMINÊZ, T., C., O.; VIDAL, M. C.; SOUZA, R., B.; CLEMENTE, F. M. V. **Cultivo de alface em sistema orgânico de produção**. Brasília, DF: Embrapa Hortaliças, 2007. 16 p. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/780841/1/alface-organico-CT56-2007.pdf>. Acesso em: 10 jul, 2024

RODRIGUES, G. S. S.; ARAGÃO, C. A. Alface produzido em função de doses de esterco caprino. In: ZUFFO, A. M.; AGUILERA, J. G.; MARQUES, L. F. **Inovações em pesquisas agrárias e ambientais**: Mato Grosso: Pantanal Editora, 2024, v. 4, p. 1-99. Disponível em: <https://editorapantanal.com.br/ebooks/2024/inovacoes-em-pesquisas-agrarias-e-ambientais-volume-v/ebook.pdf#page=31>. Acesso em 10 nov. 2024

SANTOS-NARESSI, R.; SANTOS-PIMENTEL-OLIVEIRA, L.; SANTOS, E. H.; FRANCISCO, J. P.; LOPES, A. D. Iceberg lettuce cultivated in different systems of planting and sources of fertilizer. **Brazilian Journal of Biology**, São Carlos, v. 84, p. 1-8, 2024. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/1519-6984.255431>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/bjb/a/YytZJjXkQwtqV5bGjbFQRSS/>. Acesso em: 20 jul. 2024

SCHMITZ, H.; MOTA, D. M.; SIMÕES, A. Métodos Participativos e Agricultura Familiar: atualizando o debate. In: SEMANA DA CAPRINOCULTURA E OVINOCULTURA BRASILEIRAS, 4., 2004, Sobral. **Anais [...]**. Sobral: Embrapa Caprinos, 2004. p. 1-26. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/doc/1170611/1/Metodos-participativos-e-agricultura-familiar.2004.pdf>. Acesso em: 22 nov. 2024.

SENAR ESPÍRITO SANTO. Olericultura: Brasil produz 5 milhões de toneladas de hortaliças.2023. Disponível em: <https://www.senarses.org.br/comunicacao/noticias/olericultura-brasil-produz-5-milhoes-de-toneladas-de-hortali-14003>. Acesso em: 09 ago. 2024.

SETUBAL, J. W.; AFONSO NETO, F. C. Efeito de substratos alternativos e tipos de bandejas na produção de mudas de pimentão. **Horticultura Brasileira**, Brasília, DF, v. 18, p. 593-594, 2000.

SILVA, P.S.; SOUZA, R.B.; TAKAMORI, L.M.; SOUZA, W.S.; SILVA, G.P.P.; SOUSA, J. M. M. Produção de mudas de pimentão em substratos de coco verde fertirrigadas com biofertilizante em sistema orgânico. 2010. **Horticultura Brasileira**, Brasília, DF v. 26, n. 4, p. 572-578, 2010.

SILVEIRA, S. A.; ANDRADE, P. P. Uso da borra de café fresca no desenvolvimento do girassol e controle da brachiaria. **Agroveterinária**, Varginha, v. 6, n. 1, p. 87-105, 2024. Disponível em: <https://periodicos.unis.edu.br/agrovetsulminas/article/view/888/610>. Acesso em: 10 nov. 2024.

SMIDERLE, O. J.; SALIBE, A. B.; HAYASHI, A. H.; MINAMI, K. Produção de mudas de alface, pepino e pimentão em substratos combinando areia, solo e Plantmax®. **Horticultura Brasileira**, Brasília, DF, v. 19, n. 3, p. 386-390, nov. 2001. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/s0102-05362001000300022>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/hb/a/pFMR9Y8MN4Qm3n6VSXDZvmw/?lang=pt&format=html>. Acesso em: 10 ago. 2024.

SONNENBERG, P.E. **Olericultura especial**. 5.ed. Goiânia: Universidade Federal de Goiás, 1985. v.1, 187p.

SONNEVELD, C.; VOOGT, W. **Plant nutrition of greenhouse production**. London: Springer Netherlands, 2009. 431p. Disponível em: https://home.czu.cz/storage/737/65060_Plant-Nutrition-of-Greenhouse-Crops-Springer-Netherlands-2009-ucebnice.pdf. Acesso em: 26 jun. 2024.

SOUSA, F. F.; LEÃO, G. P.; LIMA, R. P. Desempenho da cultura da alface em substratos alternativos. **Jnt Facit Business and Technology Journal**, Araguaína, v. 1, n. 54, p. 63-80, 30 set. 2024. DOI: <http://dx.doi.org/10.5281/zenodo.13863874>. Disponível em: <https://revistas.faculdefacit.edu.br/index.php/JNT/article/view/2971/2026>. Acesso em: 10 ago. 2024

STEFFEN, G. P. K.; ANTONIOLLI, Z. I.; STEFFEN, R. B.; BELLÉ, R. Vermicompost de estiércol bovino e de casca de arroz carbonizada como substratos para a produção de plântulas de perrito de corte. **Acta Zoológica Mexicana**, Veracruz, n. esp. 2: 345-357, 2010.

TAVEIRA, M. H.; SILVA, F. C. S.; OLIVEIRA, L. C.; SOUZA, D. F.; TOLEDO, M. C.; FRANCO, S. E. Produção de sementes de alface. Lavras: Ed. do autor, 2018. 21 p. Disponível em: <https://ri.ufla.br>. Acesso em: 01 nov. 2024.

TEDESCO J. M.; GIANELLO, C.; BISSANI, C. A.; BOHNEM, H.; VOLKWEISS, S. **J. Análise de solo, plantas e outros materiais**. 2.ed. Porto Alegre, departamento de Solos da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 1995. 174p. (Boletim Técnico de Solos, 5). Disponível em: http://repositorio.ufla.br/bitstream/1/29303/1/CARTILHA_Produ%c3%a7%c3%a3o%20de%20sementes%20de%20alface.pdf. Acesso: 20 set. 2024.

TEIXEIRA, A. G.; JAEGG, M. E. P. C.; MONTEIRO, E. C.; LIMA, W. L. Substratos orgânicos na produção de mudas de alface. **Enciclopédia Biosfera**, - Goiânia, v. 18, n. 10, p. 2783, 2014. Disponível em: <https://www.conhecer.org.br/enciclop/2014a/AGRARIAS/substratos.pdf>. Acesso em: 20 set. 2024.

TRANI, P. E.; FELTRIN, D. M.; POTT, C. A.; SCHWINGEL, M. Avaliação de substratos para produção de mudas de alface. **Horticultura Brasileira**, Brasília, DF, v. 25, n. 2, p. 256-260, jun. 2007. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/s0102-05362007000200025>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/hb/a/75NzvjmwgfLtc673k99sb8g/>. Acesso em: 24 set. 2024

VARDHINI, V.; RAJA, P.; KABIRDOSS, D. A study on consumer awareness about the organic products in chennai city among students and executives. **International Journal of Management and Social Sciences**, v. 1, p. 160-65, 2016. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/320944856_A_Study_on_Consumer_Awareness_about_the_organic_products_in_Chennai_city_among_students_and_executives. Acesso em: 25 ago. 2024.

VERDONCK, O.; VLEESCHAUWER, D.; BOODT, M. The influence of the substrate on plant growth. *In*: SYMPOSIUM ON SUBSTRATES IN HORTICULTURE OTHER THAN SOILS IN SITU, 126. Angers, 1981. **Anais eletrônicos**. Angers, p. 251-258. Disponível em: https://www.ishs.org/ishs-article/126_30. Acesso em: 20 out. 2024.

VIEIRA J., P. A.; GRUNDLING, R. D. P.; CONTINI, E.; BUAINAIN, A. M. Por um brasil mais verde. As soluções sustentáveis que vêm dos trópicos. *In*: INSTITUTO FÓRUM DO FUTURO. **As soluções sustentáveis que vêm dos trópicos**: desenvolver sem desmatar por um novo pacto global do alimento. Juiz de Fora: Ed. Garcia, 2022. p. 199-211. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/1150250>. Acesso em: 20 out 2024.

VILELA, N. J.; LUENGO, R. F. A. Produção de hortaliças folhosas no Brasil. **Campo & Negócios, Hortifrutti**, Uberlândia, ano XII, n. 146, p. 58-60, jul. 2017. Disponível em: <https://revistacampoenegocios.com.br/producao-de-hortalicas-folhosas-no-brasil-2/>. Acesso em: 06 maio 2024.

YURI, J. E. **Avaliação de cultivares de alface americana em duas épocas de plantio em dois locais do Sul de Minas Gerais**. 2000. 62 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2000. Disponível em: <http://repositorio.ufla.br/jspui/handle/1/32415>. Acesso em: 22 out. 2024.

YURI, J.; RESENDE, G. M.; COSTA, N. D.; GOMES, A. S. Desempenho agrônômico de genótipos de alface americana no Submédio do Vale do São Francisco. **Horticultura Brasileira**, Brasília, DF, v. 35, n. 2, p. 292-297, abr. 2017. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/s0102-053620170222>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/hb/a/W6pk9TvpXDr47GT3GYJCtss/>. Acesso em: 22 out. 2024.

ZERVOUDAKIS, G.; SALAHAS, G.; KASPIRIS, G.; KONSTANTOPOULOU, E. Influence of light intensity on growth and physiological characteristics of common sage (*Salvia officinalis* L.). **Brazilian Archives of Biology and Technology**, Curitiba, v.55, n. 1: p.89-95, 2012. DOI: 10.1590/S1516-89132012000100011 Disponível em: <https://www.scielo.br/j/babt/a/HtHLdtNrMTkNcMFq7R6BxQs/>. Acesso em: 22 out. 2024.

ZHAI, J.; GAO, Y.; ZHANG, X.-W; HAN, L. J.; BI, H. A.; LI, Q.- M.; XIZHEN, A. Effects of silicon and calcium on photosynthesis yield and quality of cucumber in solar greenhouse. **Acta Horticulturae Sinica**, v. 46, n. 4, p. 701-713, 2019. Disponível em: <https://www.cabidigitallibrary.org/doi/full/10.5555/20203263035> . Acesso em: 05 out. 2024.

ZIECH, A. R. D.; CONCEIÇÃO, P. C.; LUCHESE, A. V.; PAULUS, D.; ZIECH, M. F. Cultivo de alface em diferentes manejos de cobertura do solo e fontes de adubação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 18, n. 9, p. 948-954, set. 2014. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v18n09p948-954>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbeaa/a/4YKYSQPF8n6qK4C8QYrn8QC/>. Acesso em: 10 nov. 2024.

ZORZETO, T. Q. **Caracterização física e química de substratos para plantas e sua avaliação no rendimento do morangueiro (*Fragaria x Ananassa duch.*)**. 2011. 110 f. Dissertação (Mestrado em Agricultura Tropical e Subtropical) – Instituto Agronômico, Campinas, 2011. Disponível em: https://www.iac.sp.gov.br/areadoinstituto/posgraduacao/repositorio/storage/teses_dissertacoes/pb1214709.pdf. Acesso em: 20 out. 2024.