

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DO RIO GRANDE DO SUL  
UNIDADE UNIVERSITÁRIA EM SANTANA DO LIVRAMENTO  
CURSO DE BACHARELADO EM AGRONOMIA**

**CAMILA SILVEIRA AFFONSO PEREZ**

**PRODUÇÃO DE MUDAS DE ALFACE (*Lactuca sativa* L.) EM SUBSTRATOS COM  
BASE EM SOLO, ESTERCO BOVINO E CASCA DE ARROZ CARBONIZADA**

**SANTANA DO LIVRAMENTO**

**2023**

**CAMILA SILVEIRA AFFONSO PEREZ**

**PRODUÇÃO DE MUDAS DE ALFACE (*Lactuca sativa* L.) EM SUBSTRATOS COM  
BASE EM SOLO, ESTERCO BOVINO E CASCA DE ARROZ CARBONIZADA**

Trabalho de conclusão de curso  
apresentado como requisito parcial  
para obtenção do título de Bacharel em  
Agronomia na Universidade Estadual  
do Rio Grande do Sul.

Orientadora: Dra. Simone Braga Terra

**SANTANA DO LIVRAMENTO**

**2023**

Catálogo de Publicação na Fonte

P438p Perez, Camila Silveira Affonso.

Produção de mudas de alface (*lactuca sativa* L.) em substratos com base em solo, esterco bovino e casca de arroz carbonizada. / Camila Silveira Affonso Perez. – Santana do Livramento, 2023.

60 f. il.

Orientadora: Prof.ª Dra. Simone Braga Terra

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação). – Universidade Estadual do Rio Grande do Sul, Bacharelado em Agronomia, Unidade em Santana do Livramento, 2023.

1. Crescimento vegetal. 2. Túnel baixo. 3. Olericultura. I. Terra, Simone Braga. II. Título.

**CAMILA SILVEIRA AFFONSO PEREZ**

**PRODUÇÃO DE MUDAS DE ALFACE (*Lactuca sativa* L.) EM SUBSTRATOS COM  
BASE EM SOLO, ESTERCO BOVINO E CASCA DE ARROZ CARBONIZADA**

Trabalho de conclusão de curso  
apresentado como requisito parcial para  
obtenção do título de Bacharel em  
Agronomia na Universidade Estadual do  
Rio Grande do Sul.

Orientadora: Dra. Simone Braga Terra

Aprovada em: 28 / 11 / 2023

**BANCA EXAMINADORA:**

---

Orientadora: Prof. Dra. Simone Braga Terra  
Universidade Estadual do Rio Grande do Sul - Uergs

---

Prof. Dr. Gustavo Kruger Gonçalves  
Universidade Estadual do Rio Grande do Sul - Uergs

---

Prof. Dra. Ticiane François  
Universidade Estadual do Rio Grande do Sul - Uergs

## AGRADECIMENTOS

Primeiramente, gostaria de agradecer a Deus, que permitiu que meus objetivos fossem alcançados durante toda minha trajetória do curso de Agronomia.

Gostaria de agradecer, também, a minha família, que esteve sempre presente em todas as etapas deste trabalho. O apoio e incentivo de vocês foi essencial para que eu pudesse superar os desafios e chegar até aqui. Esta conquista não teria sido possível sem o apoio e carinho que recebi de cada um de vocês. Aproveito para agradecer por serem minha base e por sempre acreditarem em mim.

Ao meu noivo, por sempre me incentivar a superar meus próprios limites, e por ser meu alicerce durante todo o processo. Obrigada por sempre estar ao meu lado e me apoiar em todos momentos.

Aos meus amigos, por estarem ao meu lado sempre me ajudando e me apoiando nos momentos mais difíceis, não tenho palavras para vocês. Minha eterna gratidão a todos!!

Agradeço, ainda, a todos os professores do curso que desempenharam um papel fundamental na minha jornada acadêmica.

À minha professora orientadora, Prof. Dra. Simone Braga Terra, quero expressar minha gratidão pela sua orientação, sempre com muita paciência e dedicação me ajudando em todas minhas dificuldades. Fostes essencial para meu desenvolvimento dentro da Universidade. Aprendi muito contigo, sem a tua colaboração não teria sido possível.

Essa etapa da minha vida acadêmica foi desafiadora, mas também cheia de crescimento e aprendizado. Todos vocês desempenharam um papel essencial nesse processo e, por isso, quero agradecer do fundo do meu coração a cada um.

Vocês são uma parte fundamental na minha história, serei sempre grata por isso e levo cada um dentro do meu coração!

“Entrega o teu caminho ao Senhor, confia nele, e o mais ele fará”.

Salmos 37:5.

## RESUMO

A alface é uma das hortaliças folhosas mais consumidas no Brasil, gerando grande demanda por seu cultivo. Uma das variedades mais consumidas é a alface crespa sem a formação de cabeça, especialmente apreciada por sua crocância e durabilidade pós colheita. Contudo, a qualidade das mudas de alface possui relação direta com o sucesso final da cultura e a escolha do substrato adequado desempenha um papel essencial nesse processo. No experimento conduzido em Santana do Livramento, RS, entre abril e julho de 2023 em estufa plástica do tipo túnel baixo foram testados os seguintes substratos: T1 - casca de arroz carbonizada (100%), T2 - casca de arroz carbonizada (50%) + esterco bovino (50%), T3 - solo (50%) + esterco bovino (50%) e T4 - casca de arroz carbonizada (33%) + esterco bovino (33%) + solo (33%). Foi realizada a caracterização física e química dos substratos. Como resultados finais do experimento, percebeu-se que todos os tratamentos testados proporcionaram uma adequada germinação das sementes, entre três a quatro dias após a semeadura. Para as variáveis altura de plantas, número de folhas e matéria fresca da parte aérea observou-se que o substrato T3 (SOLO 50% + BOV 50%) foi superior aos demais, proporcionando os maiores valores mensurados dentre todos os tratamentos. Sugere-se que as misturas de substratos com base em solo (50%) e esterco (50%) podem ser uma alternativa aos agricultores que buscam um meio de cultivo para a produção de mudas de alface, proporcionando baixo custo, facilidade de acesso aos materiais e o aproveitamento os recursos locais disponíveis.

**Palavras-chave:** *Lactuca sativa* L. Crescimento vegetal. Túnel baixo. Olericultura.

## RESUMEN

La lechuga es una de las hortalizas de hojas verdes más consumidas en Brasil, generando gran demanda para su cultivo. Una de las variedades más consumidas es la lechuga rizada sin cabeza, muy apreciada por su característica crujiente y constancia post cosecha. Sin embargo, la calidad de las plántulas de lechuga está estrictamente relacionada con el éxito final de cultivo y la elección del sustrato adecuado, lo que resulta fundamental en el proceso de una producción de calidad. En el ensayo realizado en la ciudad de Santana do Livramento, Río Grande del Sur, entre las fechas de abril y julio de 2023, en un conservatorio plástico de túnel bajo, se probaron los siguientes sustratos: T1- cáscara de arroz carbonizada (100%), T2- cáscara de arroz carbonizada (50%) + estiércol de ganado (50%), T3- suelo (50%) + estiércol de ganado (50%) y T4- cáscara de arroz carbonizada (33%) + estiércol de ganado (33%) + suelo (33%). Se realizó la caracterización física y química de los sustratos. Como resultados finales del experimento, se observó que todos los tratamientos probados proporcionaron una germinación adecuada de las semillas, entre tres y cuatro días después de la siembra. Para las diferentes alturas de planta, números de hojas y materias frescas de la parte aérea, se observó que el sustrato T3 (suelo 50% + estiércol bovino 50%) resultó superior a los demás, otorgándoles valores más altos llevando en cuenta los demás tratamientos. Se sugiere que las mezclas de sustratos a base de tierra (50%) y estiércol (50%) pueden representar una alternativa para los agricultores que buscan una forma de cultivo para la producción de plántulas de lechuga, brindando bajos costos ya que se utilizan materiales de fácil acceso y recursos locales disponibles.

**Palabras claves:** *Lactuca sativa* L. Crecimiento vegetal. Túnel bajo. Olericultura.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Estufa plástica modelo túnel baixo.....	33
Figura 2 – Sementes de alface utilizadas no experimento.....	33
Figura 3 – Tratamentos utilizados no experimento (A - T1 casca de arroz carbonizada 100%; B - T2 esterco bovino 50% + casca de arroz carbonizada 50%; C - T3 esterco bovino 50% + solo 50%; D - T4 esterco bovino 33% + solo 33% + casca de arroz carbonizada 33%)... ..	34
Figura 4 – Processo de carbonização da casca de arroz (A – casca crua; B - carbonização; C - casca de arroz carbonizada).. ..	35
Figura 5 – Desbaste (A – antes do desbaste; B – operação de desbaste; C – após o desbaste).....	38
Figura 6 – Medição com régua da altura de plantas no tratamento T3 (SOLO 50% + EST BOV 50%).. ..	41
Figura 7 – Avaliação do número de folhas no tratamento T3 (SOLO 50% + EST BOV 50%).....	43

## LISTA DE TABELAS

- Tabela 1. Média de temperaturas mínimas, máximas (C°), média de temperatura (C°) e precipitação pluviométrica (mm) total dos meses de abril, maio, junho, julho em Santana do Livramento, 2023.. .....32
- Tabela 2. Análise física dos substratos utilizados no experimento de produção de mudas de alface em ambiente protegido, sendo: porosidade total (PT em %), espaço de aeração (EA em %), água disponível (AD em %) e densidade (D em g.cm-3)... .36
- Tabela 3. Análise química dos substratos utilizados no experimento de produção de mudas de alface em ambiente protegido, sendo: pH, nitrogênio total (g.kg<sup>-1</sup>), fósforo (g.kg<sup>-1</sup>), potássio g.kg<sup>-1</sup>, cálcio (g.kg<sup>-1</sup>), magnésio (g.kg<sup>-1</sup>) e pH.. .....36
- Tabela 4. Variáveis analisadas no experimento: precocidade de emergência altura de plantas, número de folhas e matéria fresca da parte aérea das mudas de alface cultivadas em substratos no interior de ambiente protegido. Santana do Livramento, Uergs, 2023.....39

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Variável precocidade de emergência das mudas de alface em diferentes substratos. Santana do Livramento, Uergs. 2023.....	39
Gráfico 2 – Variável altura de plantas das mudas de alface em diferentes substratos. Santana do Livramento, Uergs. 2023.....	40
Gráfico 3 – Variável número de folhas das mudas de alface em diferentes substratos. Santana do Livramento, Uergs. 2023.....	42
Gráfico 4 – Variável matéria fresca da parte aérea das mudas de alface em diferentes substratos. Santana do Livramento, Uergs. 2023..	45

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	<b>13</b>
<b>2 REFERENCIAL TEÓRICO</b> .....	<b>15</b>
2.1 ASPECTOS GERAIS DA HORTALIÇA FOLHOSA ALFACE ( <i>Lactuca sativa</i> L.) .	15
2.2 SUBSTRATOS PARA PRODUÇÃO DE MUDAS.....	17
2.2.1 Aspectos químicos dos substratos .....	18
2.2.2 Aspectos físicos dos substratos .....	20
2.3 MATERIAIS UTILIZADOS COMO SUBSTRATOS .....	22
2.4 CULTIVO DE ALFACE EM AMBIENTE PROTEGIDO .....	27
<b>3 OBJETIVOS</b> .....	<b>31</b>
3.1 OBJETIVO GERAL .....	31
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	31
<b>4 MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	<b>32</b>
<b>5 RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	<b>38</b>
<b>6 CONCLUSÕES</b> .....	<b>49</b>
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>50</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A alface é uma das hortaliças folhosas mais consumidas no Brasil, gerando grande demanda por seu cultivo. Uma das variedades mais consumidas é a alface crespa sem a formação de cabeça, especialmente apreciada por sua crocância e durabilidade pós colheita. Isso torna a alface uma escolha popular para saladas e lanches rápidos, impulsionando ainda mais sua procura no mercado brasileiro (SILVEIRA, 2019).

No ano de 2020 a Central de Abastecimento do Rio Grande do Sul registrou a entrada de 7.286,51 toneladas de alface no entreposto, sendo que a produção mais significativa foi atribuída ao município de Viamão, com um total de 796.593,00 kg (CEASA - RS, 2020).

A alface atende à demanda constante de supermercados, lancherias, restaurantes e outros canais de distribuição. Em escala comercial o seu cultivo é conduzido em grandes áreas inseridas nos cinturões verdes das cidades, com sistemas de produção especializados e mecanizados, utilizando técnicas avançadas, como a hidroponia, para maximizar a produção e garantir a qualidade do produto. Essa produção em grande escala permite a padronização e o fornecimento regular ao mercado consumidor, contribuindo para a economia local e global. Por outro lado, o cultivo de alface se destaca também pela produção familiar em pequenas áreas, uma vez que desempenha um papel importante na geração de empregos e renda e, principalmente, na fixação do agricultor no campo. Isso proporciona não apenas uma maneira de diversificar a produção e aumentar o giro de capital, mas também é uma oportunidade de consumo de alimentos frescos e saudáveis em nível local. Vale ressaltar que o ciclo de produção da alface é curto, variando de 28 a 50 dias após o transplante, e é esse ciclo rápido que permite a colheita de várias safras ao longo do ano, garantindo um fluxo constante de alimentos frescos e a oportunidade de gerar uma renda estável na propriedade rural (ROCHA, 2023).

Dentro da cadeia produtiva da alface, a produção de mudas é uma das principais etapas, pois tem relação direta com a qualidade do produto final comercializado.

Normalmente a produção de mudas de alface é realizada com a utilização de substratos comerciais, o que implica em um custo mais elevado nessa etapa do cultivo. Como alternativa, pode-se formular substratos utilizando resíduos disponíveis

na propriedade rural e que seriam descartados ou acumulados no meio ambiente, qualificando assim materiais como os esterco animais e a casca de arroz.

A utilização destes materiais, além de reduzir os custos de produção, diminui os riscos de contaminação ambiental, já que possibilita dar um destino ecologicamente correto aos resíduos, tornando o sistema de produção mais sustentável (MESQUITA et al., 2019).

A casca de arroz e os esterco animais provenientes de frigoríficos e abatedouros de bovinos, são materiais com grande potencial para serem utilizados na produção de substratos no cultivo de plantas. O Brasil produziu mais de 10 milhões de toneladas de arroz em 2022, sendo que o Rio Grande do Sul contribuiu com 70% deste total (IBGE, 2022). Após o beneficiamento do arroz ocorre a geração da casca, um subproduto que se não for destinado adequadamente torna-se um grave problema ambiental a ser gerenciado.

Além do fator substrato, ressalta-se que a produção de mudas de alface no interior de ambiente protegido coberto com plástico agrícola, é uma necessidade perante às condições climáticas do Rio Grande do Sul, apesar de muitos alfaceiros ainda optarem por cultivar essa hortaliça a campo, possivelmente por questões financeiras ou falta de conhecimento técnico sobre o manejo desse sistema produtivo.

A adoção de ambientes protegidos tem se revelado uma escolha vantajosa, resultando em maior produtividade e qualidade das hortaliças cultivadas no seu interior, além de oferecer proteção contra condições climáticas adversas, como geadas, granizo, chuvas intensas e radiação solar excessiva. O clima imprevisível e muitas vezes extremamente frio do RS pode representar um desafio para os agricultores que desejam manter a qualidade da alface ao longo do ano. A qualidade final da alface cultivada em ambientes protegidos é notavelmente superior àquela cultivada ao ar livre, durante o inverno. A proteção climática oferecida pelas estruturas não apenas garante a sobrevivência das plantas, mas também cria um ambiente ideal para o crescimento, colheita e armazenamento do produto (ZANARDO, 2008).

Diante do exposto, esse Trabalho de Conclusão de Curso teve como objetivo principal avaliar agronomicamente o cultivo de mudas de alface, variedade cresspa sem cabeça cultivar Grand Rapids, em bandejas plásticas no interior de ambiente protegido, utilizando diferentes substratos com base em casca de arroz, solo e esterco animal.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 ASPECTOS GERAIS DA HORTALIÇA FOLHOSA ALFACE (*Lactuca sativa* L.)

Destacando-se como uma das hortaliças mais populares e consumidas no Brasil e no mundo, a alface, que tem como centro de origem regiões de clima temperado, é uma cultura anual (HENZ; SUINAGA, 2009) e grande parte da sua produção é proveniente de pequenos produtores fundamentados no sistema de agricultura familiar (BONELA et al. 2015).

A alface é tradicionalmente cultivada pelos agricultores familiares, o que lhe confere uma significativa importância econômica e social, pois a atividade gera um elevado número de empregos em função da demanda constante de mão de obra durante todo o ciclo da cultura. Isso contribui para fortalecer a economia local e proporcionar oportunidades de trabalho para comunidades rurais (VILELA; LUENGO, 2017; MELO; VILELA, 2013; FAULIN; AZEVEDO, 2003).

A cultura da alface gera um retorno financeiro significativo para o Brasil, estimado em cerca de R\$ 25 bilhões. Além do aspecto econômico, a produção de alface também oferece mais de 7 milhões de oportunidades de trabalho em diversas etapas da cadeia produtiva (ABCSEM, 2022).

A larga adaptação às condições climáticas diversas do Brasil, a possibilidade de cultivos sucessivos no mesmo ano, o baixo custo de produção e a comercialização segura, fazem com que a alface seja a hortaliça preferida pelos pequenos produtores, o que lhe confere grande importância econômica e social (MEDEIROS et al. 2001).

A produção de alface no Brasil se concentra nas regiões Sudeste e Sul, com destaque para os estados de São Paulo, Rio de Janeiro, Minas Gerais e Paraná (GRUPO CULTIVAR, 2015).

Na região Sudeste do Brasil, a cultura da alface abrange uma área de aproximadamente 86,8 mil hectares, envolvendo cerca de 670 mil produtores. A produção anual é estimada em cerca de 430 mil toneladas, com cerca de 108.382 estabelecimentos dedicados ao cultivo da alface. O estado de São Paulo se destaca como o maior produtor e consumidor de alface no país, com uma média de 8 mil hectares plantados e uma produção anual de 137 mil toneladas (IBGE, 2021).

No Rio Grande do Sul a alface é cultivada em 6.537,79 hectares, onde 3.826 produtores obtêm uma produção anual de 90.835,1 toneladas de alface, a partir de uma produtividade média de 13.893,85 kg/hectare (AGROLINK, 2021).

Juntamente com o tomate, a alface é a hortaliça preferida para saladas por seu sabor agradável e refrescante e facilidade de preparo (LANA; TAVARES, 2010).

A porção comestível da planta é composta por folhas, que podem ser lisas ou crespas, possuindo ou não formação de uma “cabeça”. Sua coloração pode variar do verde amarelado ao verde escuro, além de existir cultivares que apresentam folhas de cores roxas (TRANI et al. 2005).

É considerada uma planta de clima subtropical e apresenta temperaturas ideais para o cultivo entre 12 e 22°C. No entanto, se expostas a temperaturas acima dessa faixa a planta pode emitir o pendão floral, o que interrompe sua fase vegetativa (FILGUEIRA, 2008). Quando ocorre o início do florescimento, a planta sofre o alongamento do caule, a redução do número de folhas e um aumento na produção de látex, componente que confere um sabor amargo às folhas e que inviabiliza o seu consumo (SILVA et al. 1999).

Segundo Suinaga et al. (2013) existe uma grande variedade de cultivares de alface no mercado, que exploram diferenças nos formatos, tamanhos e cores das plantas.

No Brasil, existem seis variedades de alfaces predominantes, as quais atendem a elevada demanda do mercado, sendo elas: crespa, lisa, americana, mimosa, romana e vermelha (SALA; COSTA, 2012).

De acordo com Vilela e Luengo (2017) das variedades de alface produzidas no Brasil, 55% correspondem à variedade crespa, 22% à americana e 11% à lisa.

A variedade crespa representa cerca de 70% do mercado brasileiro, consolidando-se como o principal segmento dessa hortaliça produzida no país (AMARAL, 2017). Essa preferência do consumidor deve-se à elevada crocância e durabilidade pós-colheita em condições domésticas, o que a torna atrativa em saladas e lanches do tipo fastfood (BATISTA et al. 2012). Além disso, algumas cultivares comerciais da alface crespa sem formação de cabeça apresenta elevada tolerância ao pendoamento precoce e às doenças causadas pelo excesso de umidade acumulada nas folhas (FELTRIN et al. 2009).

Até à década de 90, o mercado da produção de alface era dominado pela variedade de alface lisa. A transição do mercado de alfacicultura da cultivar tipo lisa

para a variedade crespa ocorreu devido às suas características vantajosas. A alface crespa não apresenta a formação de uma "cabeça", o que a torna mais adequada para o cultivo durante o verão e reduz as perdas decorrentes das altas temperaturas (SALA; COSTA, 2012).

## 2.2 SUBSTRATOS PARA PRODUÇÃO DE MUDAS

A produção de mudas de hortaliças de alta qualidade é um fator determinante no sucesso do cultivo final. Logo, a produção de mudas depende diretamente do material onde ocorrerá a germinação da semente e o enraizamento do sistema radicular das hortaliças, com adequado suprimento de água, ar e nutrientes (FILGUEIRA, 2008).

Segundo Kampf (2005) o termo "substrato para plantas" pode ser definido como o meio no qual as raízes das plantas cultivadas fora do local definitivo se desenvolvem, podendo ser constituído tanto por solo mineral quanto por material orgânico, além da possibilidade de composição por um único tipo de material ou por uma combinação de diferentes componentes em misturas.

O substrato também pode ser considerado como um material poroso, utilizado puro ou em mistura, que quando colocado em um recipiente deve oferecer ancoragem e níveis adequados de água, oxigênio e nutrientes para promover o desenvolvimento ideal das plantas. Dessa forma, a adequada produção de mudas influencia diretamente no desempenho final das plantas cultivadas e o substrato desempenha um papel fundamental na etapa de germinação, crescimento e estabelecimento das plantas, garantindo que essas fases ocorram de maneira ideal satisfatória (VENCE, 2008).

Conforme Smiderle (2000) um substrato de qualidade é aquele que garante a retenção adequada de água para a germinação da semente e permite a rápida emergência das plântulas, ao mesmo tempo que está livre de organismos indesejáveis.

É importante destacar que mudas com desenvolvimento inadequado geralmente resultam em plantas de baixa qualidade, com ciclos mais longos e custos de produção elevados, o que reduz o lucro dos agricultores (ECHER et al., 2007).

Uma medida adequada para diminuir o custo e facilitar a produção dos substratos é utilizar materiais facilmente disponíveis na propriedade rural ou na região,

de reconhecida qualidade, que forneça sustentação ao vegetal, isento de substâncias em concentração fitotóxica e livre de fitopatógenos, insetos e sementes ou estruturas de plantas indesejáveis (MORSELLI, 2001).

A técnica de produção de mudas de alface em bandejas de poliestireno expandido (Isopor®) com células individualizadas e com posterior transplante para o canteiro definitivo é considerada um dos métodos mais eficientes, pois resulta em mudas mais uniformes, evitando a competição entre as plantas e diminuindo o estresse das raízes durante o processo de transplante (JAIME et al., 2001).

Comparado ao método de semear diretamente no local definitivo, o transplante com raiz protegida é considerado mais confiável para garantir o estabelecimento adequado do stand inicial de diversas espécies de plantas hortícolas. A produção de mudas com raiz protegida pelo torrão torna as espécies vegetais mais competitivas, em função da emergência rápida e uniforme das plântulas, juntamente com um crescimento vegetal robusto e adequado. Para alcançar esses resultados é fundamental utilizar substratos recomendados para cada hortaliça (STERRETT, 2001).

Nesse contexto, a produção de mudas de qualidade depende de vários fatores, sendo a composição dos substratos um fator de grande importância, pois a germinação das sementes, a iniciação radicular e o enraizamento estão diretamente ligados às características químicas, físicas e biológicas do substrato (CALDEIRA et al., 2012).

### 2.2.1 Aspectos químicos dos substratos

A produção de mudas de hortaliças constitui-se em uma das etapas mais importantes do sistema produtivo, influenciando diretamente no desempenho nutricional e produtivo das plantas. Assim, pesquisas que buscam as melhores fontes e combinações de substratos com propriedades químicas e físicas ideais para cada espécie vegetal são uma importante demanda atual (CAMPANHARO, 2006).

A análise química para um substrato é um importante parâmetro balizador referente ao meio onde mudas serão supridas com nutrientes, uma vez que permite avaliar a disponibilidade dos macros e micronutrientes essenciais para as plantas, sendo possível ajustar a adubação de acordo com as necessidades específicas,

evitando deficiências ou excessos que possam comprometer o desenvolvimento das mudas (ABREU et al., 2002).

Segundo Schmitz et al. (2002) as principais propriedades químicas levadas em consideração para um substrato são o potencial de hidrogênio (pH), a capacidade de troca catiônica (CTC), a salinidade e o teor de matéria orgânica, tendo em vista que são fatores determinantes no manejo e controle de qualidade dos cultivos.

O pH do substrato, além de ser um indicador da acidez ou alcalinidade, está ligado à disponibilidade de nutrientes presente no meio de cultivo. O pH é essencial para garantir uma nutrição adequada das mudas. Conforme recomendação, o pH ideal para que a maioria dos elementos minerais estejam disponíveis para as plantas, varia entre 5,5 e 6,5, dependendo da cultura em questão (JORGE et al., 2020).

De acordo com Carmello (1998) a alface deve ser cultivada em condições onde o pH encontre-se em torno de 5,0 a 6,0 já que nesta faixa os nutrientes estão disponíveis e serão facilmente absorvidos pelas raízes vegetais. Valores baixos de pH podem aumentar a indisponibilidade de certos micronutrientes, ao mesmo tempo em que podem causar fitotoxicidade em algumas plantas (BAILEY; NELSON, 2004).

A capacidade de troca de cátions (CTC) desempenha um papel fundamental na fertilidade, refletindo a capacidade do meio de cultivo em armazenar e fornecer nutrientes para as plantas (CHAVES et al., 2004).

Martinez (2002) cita que a CTC ideal para mudas de alface em substratos compostos por casca de arroz carbonizada, esterco bovino e solo é de  $6 \text{ cmol}^{\circ} \text{ L}^{-1}$  a  $15 \text{ cmol}^{\circ} \text{ L}^{-1}$  e  $20 \text{ cmol}^{\circ} \text{ L}^{-1}$ , já que está diretamente ligada à disponibilidade de cátions e à redução das perdas por lixiviação.

De acordo com Dias (2019) a alface é classificada como moderadamente sensível à salinidade. Seu rendimento potencial é alcançado quando a água de irrigação atinge um valor de  $1,3 \text{ dS m}^{-1}$ , mas acima desse limite, a cada aumento unitário na salinidade, ocorre uma redução de 13% no rendimento. No entanto, uma alface é capaz de tolerar níveis de salinidade de até  $1,8 \text{ dS m}^{-1}$  quando cultivada no solo.

Segundo Neto (2019) o crescimento das plantas de alface é limitado pela salinidade, que afeta de três maneiras distintas: na primeira, a salinidade na zona radicular reduz o potencial osmótico da solução do solo resultando em uma diminuição do potencial hídrico e dificultando a absorção de água pela planta; em segundo, a salinidade leva ao acúmulo de íons potencialmente tóxicos (como  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Cl}^-$  e  $\text{B}$ ) nos

tecidos vegetais, podendo causar danos ao metabolismo da planta; por último, a salinidade interfere no crescimento da planta, afetando suas funções regulatórias devido à induzida, altas concentrações de sódio e outras cátions, além de dificultar a absorção de elementos essenciais, como potássio e cálcio.

A condutividade elétrica (CE) dos substratos desempenha um papel fundamental no crescimento da espécie cultivada. Quando o valor da CE do substrato está fora da faixa ideal para uma determinada espécie, as mudas podem enfrentar problemas em seu desenvolvimento. No caso específico da cultura da alface, valores de CE acima de  $0,8 \text{ mS cm}^{-1}$  podem ter efeitos prejudiciais, interferindo na absorção de nutrientes e água pelas plantas (JORGE et al., 2020).

### 2.2.2 Aspectos físicos dos substratos

A análise física para um substrato é importante para identificar as relações ar-água do meio onde as raízes das mudas irão se desenvolver (RÖBER, 2000).

Conforme Zanetti et al. (2001) as partículas de maior tamanho (entre 2,0 a 0,2 mm) são responsáveis pela criação de macroporos, que são preenchidos por ar e tem a função de aeração e infiltração de água no solo. Por outro lado, as partículas de tamanho menor (entre 0,20 a 0,05 mm) são responsáveis pela formação de microporos, que são ocupados por água e são responsáveis pela retenção da água no solo com posterior absorção pelas raízes.

De acordo com Fermino (2003) quando a proporção de partículas de maior tamanho é maior em relação às partículas de menor tamanho, ocorre um aumento do espaço de aeração. Por outro lado, uma menor proporção de partículas grossas favorece a retenção de água, o que pode resultar na falta de oxigenação adequada para as plantas.

Substratos com teor de matéria orgânica elevado podem ser interessantes, pois promovem a formação de poros, que por sua vez fornecerão nutrientes, melhoram a estrutura do substrato e aumentam a capacidade de retenção de água (JORGE et al., 2020).

De acordo com Borges (2014) e Gruszynski (2002) os principais aspectos físicos de um substrato estão relacionados às propriedades das partículas que compõem sua fração sólida, como forma e tamanho, superfície específica e interação com a água. Além disso, a geometria do espaço poroso formado entre as partículas é

um fator importante, sendo influenciada pelas propriedades das partículas e pela maneira como o material é manuseado, especialmente a densidade de enchimento no recipiente, que determina a porosidade total e o tamanho dos poros.

A porosidade total (PT) é determinada pela diferença entre o volume total de uma amostra de solo e o volume ocupado pelos sólidos presentes. É uma característica do solo que tende a ser modificada ao longo do cultivo devido ao processo de acomodação das partículas. O valor de 85% ( $0,85 \text{ m}^3 \cdot \text{m}^{-3}$ ) para a porosidade total (DE BOODT; VERDONCK, 1972), tornou-se uma referência internacional amplamente utilizada.

De acordo com os mesmos autores, o espaço de aeração (EA) é definido como o volume de ar presente no substrato drenado após sua saturação em condições equivalentes a uma sucção de uma coluna de água de 10 cm de altura (10 hPa). O espaço de aeração é uma medida importante para avaliar a disponibilidade de oxigênio no substrato e sua capacidade de desenvolvimento das raízes das plantas. Os valores de espaço de aeração situam-se entre 20% a 40 %, sendo esse o ideal para o desenvolvimento das raízes da maioria das mudas vegetais.

A água disponível (AD) em um substrato refere-se à capacidade de reter e liberar água para as raízes vegetais, bem como ao volume de água acessível às plantas sob forte estresse hídrico. Essa característica é fundamental para avaliar a capacidade do substrato em fornecer água às plantas de forma adequada, permitindo que elas acessem a umidade necessária para o seu crescimento e desenvolvimento, mesmo em condições de baixa disponibilidade hídrica (FERRAZ, 2005).

Segundo De Boodt e Verdonck (1972) a água facilmente disponível é o volume de água que é liberado do suprimento em condições de laboratório, quando submetido a uma tensão entre 10 e 50 cm (10 e 50 hPa). Os valores considerados ideais para a água facilmente disponível estão entre 20% e 30% do volume total do substrato ( $0,20$  e  $0,30 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ ). Essa faixa de valores é amplamente aceita como ótima para garantir a disponibilidade adequada de água às plantas, permitindo que elas possam alcançar e absorver a umidade necessária para seu crescimento e desenvolvimento saudável.

A densidade (D) possui um papel fundamental na seleção de um substrato adequado, pois está relacionado a atributos como porosidade, disponibilidade de água e espaço de aeração. A densidade pode ser definida como a relação entre a massa seca em estufa ( $105^\circ\text{C}$ ) e o volume que o substrato ocupa em condições de cultivo. É

o volume de sólidos contido no material, excetuando poros com ar e poros com água (KÄMPF, 2000).

É necessário que um substrato tenha determinada densidade para suportar o crescimento da planta. A densidade ideal é de 400 g/l<sup>-1</sup>, mas esses valores variam em função do grau de compactação, conteúdo de água e distribuição de partículas por tamanho, podendo variar até 500 g/l<sup>-1</sup> como densidade ideal (DE BOODT; VERDONCK, 1972).

Quando a densidade aumenta, ocorre uma redução na porosidade e uma mudança na relação entre o substrato e a espécie cultivada, o que pode resultar em restrições ao crescimento das raízes (FERREIRA, 2010; FERRAZ, 2005). Por outro lado, baixas densidades não fornecem estabilidade e ancoragem ao meio de cultivo, permitindo então a utilização de materiais mais densos como condicionadores, sendo compatíveis para o enraizamento (SCHMITZ et al., 2002).

### 2.3 MATERIAIS UTILIZADOS COMO SUBSTRATOS

A produção de mudas depende da utilização de substratos adequados, sendo limitada muitas vezes pelo seu alto custo. Neste sentido, o uso de diversos materiais, minerais ou orgânicos podem ser componentes de um substrato, fornecendo nutrientes, aeração e suporte para mudas, podendo representar uma alternativa para diminuir o custo de produção vegetal quando disponíveis localmente (BRITO et al., 2010).

Fonseca (2001) comenta que inúmeros substratos em sua constituição original ou combinados são utilizados para produção de mudas, ressaltando que na escolha de um substrato deve-se observar principalmente as suas características físicas e químicas, a espécie a ser cultivada, além dos aspectos econômicos, como por exemplo, baixo custo e disponibilidade local ou regional.

Antes de recomendar o uso de qualquer resíduo ou material como substrato para o cultivo de plantas, é preciso conhecer o potencial de utilização e determinar critérios técnicos para seu máximo aproveitamento, tornando-se necessário caracterizar os diferentes materiais encontrados nas diversas regiões do país e torná-los disponíveis como substratos agrícolas (ANDRIOLO et al., 1999).

De acordo com Carrijo et al. (2002) vários materiais orgânicos, como as turfas, resíduos de madeira, casca de pinus e de arroz, parcialmente carbonizadas ou não,

esterços animais curtidos, vermiculita, ou materiais minerais como solo, areia, rochas vulcânicas, perlita, pó de rocha e a espuma fenólica já são utilizados como substrato para a produção comercial de mudas de hortaliças.

A utilização dos resíduos da agroindústria como componente de substratos, minimiza o descarte a céu aberto ou em aterros sanitários e, conseqüentemente, o acúmulo dos mesmos no ambiente (CORREIA et al., 2003).

Segundo Terra et al. (2017) a utilização dos resíduos agroindustriais disponíveis na Região da Fronteira Oeste do Rio Grande do Sul para o cultivo de plantas, é uma alternativa viável e promissora, principalmente pela abundância e custo reduzido desses materiais. Essa é uma realidade para os agricultores do município de Santana do Livramento, onde existe a possibilidade de utilização da casca de arroz proveniente dos engenhos de beneficiamento do grão, que pode ser considerada uma opção interessante, tanto na utilização como substrato para plantas, como para a redução da poluição ambiental através do seu destino agrícola.

É importante destacar que a casca de arroz, para ser utilizada como substrato de cultivo de plantas deve passar obrigatoriamente pelo processo de carbonização. Esse processo envolve uma queima controlada do material, passando da cor palha para a preta, porém sem perder sua forma original.

Medeiros (1998) e Stringueta et al. (1997) afirmam que a casca de arroz in natura apresenta baixa densidade e peso específico e uma biodegradação lenta, devido à elevada relação C/N, propriedades que fazem com que a casca de arroz permaneça em sua forma original por longos períodos de tempo, o que as torna não recomendadas para utilização agrícola. No entanto, a casca de arroz que passa pelo processo de carbonização tem suas características físicas e químicas modificadas, tornando-se adequada como substrato para o enraizamento de estacas ou para a produção de mudas de flores e hortaliças.

Após passar o processo de carbonização, a casca de arroz adquire propriedades vantajosas para o uso como substrato de cultivo de plantas, como a baixa capacidade de retenção de água que possibilita uma drenagem rápida e eficiente, garantindo uma boa oxigenação para as raízes das plantas. O substrato que possui um elevado espaço de aeração, proporciona a manutenção da sua estrutura relativamente estável e possui baixa densidade (MELLO, 2006).

A incorporação de casca de arroz carbonizada a outros materiais desempenha um papel importante na melhoria das propriedades físicas dos substratos (COUTO et

al., 2003). Segundo Saidelles et al. (2009) a casca de arroz carbonizada pode ser utilizada como componente em substratos, por permitir a penetração e a troca de ar na base das raízes.

O efeito de substratos alternativos em relação ao comercial foi estudado por Medeiros et al. (2001) na produção de mudas de alface, constatando uma superioridade dos substratos húmus de minhoca adicionado à casca de arroz carbonizada em relação às demais misturas utilizadas para todas as características avaliadas.

Com base nos resultados obtidos por Aguiar (2021) podemos concluir que os substratos alternativos, formulados a partir da casca de arroz carbonizada e fibra de coco, são adequados para a produção de mudas de alface, resultando em mudas de melhor qualidade, com um maior número de folhas, além de uma produção substancial de biomassa, tanto na parte aérea quanto na radicular.

Outros materiais comumente aproveitados como substratos para mudas de hortaliças são os resíduos animais (estercos) utilizados puros ou em mistura.

Existem diversas formulações e composições de substratos minerais e orgânicos para a produção de mudas. No Rio Grande do Sul, a utilização de solo natural ou da mistura de solo com areia e esterco animal curtido ainda é uma prática rotineira dos produtores de mudas de hortaliças e de espécies ornamentais, por sua grande disponibilidade e baixo custo. Porém, esses substratos podem apresentar inconvenientes no crescimento das plantas quando utilizados como material único no estado puro, tornando-se necessária a busca de outros materiais alternativos para serem misturados e que permitam melhorar as condições físicas dos substratos, sem aumentar demasiadamente seu custo (GAULAND, 1997).

Os resíduos dos animais devidamente curtidados possuem a capacidade de se tornar uma matéria prima abundante em nutrientes, muitas vezes não sendo necessária a adição de fertilizantes (IGLESIAS et al., 2021).

O esterco é considerado um dos principais substratos orgânicos destinados à produção de mudas, sendo amplamente utilizado por produtores rurais, já que desempenha um papel fundamental na melhoria da fertilidade e a disponibilidade de nutrientes. Além disso, o esterco atua na prevenção do efeito de acidificação do meio (MEI et al., 2021).

Devido ao rápido crescimento da pecuária, há uma produção em larga escala de esterco de gado nas fazendas (GONG et al., 2023). A utilização de esterco bovino

apresenta um grande potencial para substituir fertilizantes de origem industrial, resultando em uma redução do impacto da fertilização química nos cultivos, com redução dos custos de produção (LI et al., 2018).

O esterco bovino é um agente natural que promove melhoria dos substratos proporcionando aeração e absorção de água e a liberação gradual de nutrientes por meio da mineralização, ou seja, a produção gradual da matéria orgânica presente no esterco, o que fornece às plantas os nutrientes necessários ao longo do tempo. Além disso, o esterco bovino possui características químicas, físicas e biológicas adequadas, incluindo a presença de microrganismos, bem como macro e micronutrientes essenciais para o crescimento e desenvolvimento da planta. A ação conjunta desses microrganismos, nutrientes e equilíbrio térmico resulta na melhoria da estrutura do substrato e no fornecimento adequado de nutrientes para as plantas (SANTOS et al., 2015).

O processo de fermentação gradual do esterco bovino é a transformação do resíduo em um adubo orgânico rico em nutrientes, tornando-o utilizável para o cultivo de plantas. Esse processo ocorre geralmente em pilhas compostas por esterco e outros materiais orgânicos ricos em carbono, proporcionando aeração adequada. A umidade ideal do esterco fermentado é de 50 a 60%. A temperatura pode atingir níveis elevados durante o processo de fermentação, atingindo até 60° C em função da geração de calor pela ação dos microrganismos presentes. Porém, ao final da fermentação, que pode durar algumas semanas, a temperatura diminui e o esterco bovino está pronto para ser usado como adubo orgânico (SANTOS, 2008).

Conforme indicado por Oliveira et al. (2010), no contexto da agricultura orgânica, a produção de alface pode estar diretamente associada às particularidades do adubo orgânico utilizado, exercendo influência sobre as características químicas, físicas e biológicas do substrato.

Peixoto et al. (2013) conduziu uma pesquisa utilizando diferentes tipos de esterco animais, incluindo o bovino, constatando que ocorreu um aumento na quantidade de folhas por plantas de alface no substrato formulado com base em esterco bovino, apresentando maior incremento na produção nesse tratamento.

Da Cunha et al. (2014) propuseram a utilização de esterco bovino na adubação realizada por agricultores familiares produtores de hortaliças, visando reduzir o desperdício de matéria orgânica, além de oferecer aos agricultores perspectivas inovadoras que vão além dos métodos convencionais normalmente utilizados. Os

mesmos autores avaliaram que o substrato elaborado a base de 75% de esterco bovino + 25% de vermiculita e o substrato composto por 50% de esterco bovino + 50% de vermiculita foram superiores na produção massa seca da parte aérea em mudas de alface, sendo uma boa substituição ao substrato comercial.

Sobre a utilização de solo na mistura de materiais para produção de mudas, Filgueira (2003) cita que um bom substrato não deve conter grandes quantidades de solo, devido à presença de fitopatógenos e sementes de plantas espontâneas, além de dificultar a retirada da muda com o torrão inteiro. Porém, é comum a utilização de solos na produção de mudas em viveiros hortícolas no RS, por ser um material de fácil acesso e custo reduzido ou nulo.

Já Sampaio et al. (2007) afirma que plantas cultivadas na mistura de solo com adição de esterco animal podem apresentar maiores níveis de fertilidade

Smiderle et al. (2001) observou um bom desempenho na produção de mudas de mudas de alface, pepino e pimentão quando produzidas no substrato comercial Plantmax em misturas de partes iguais com solo e areia, podendo ser recomendados como substratos alternativos, porém com necessidade de um manejo mais aprimorado.

Segundo Guimarães et al. (2022) o substrato composto exclusivamente por areia se destaca como o mais eficiente para a germinação de mudas de alface e os substratos que combinam areia + vermiculita apresentam vantagens na retenção de água nas sementes, o que resulta em uma maior velocidade de germinação das plântulas.

A combinação de solo com esterco bovino demonstrou ser a mais eficaz para a germinação e crescimento das plantas de alface. Esse substrato é abundante em fósforo e possui uma proporção significativa de matéria orgânica. Observou-se que as plantas de alface cultivadas com esterco bovino como fonte de nitrogênio apresentaram maior produtividade em comparação àquelas que receberam uma fonte mineral destes nutrientes. O solo desempenha um papel fundamental como fonte de energia e nutrientes, desempenhando um papel essencial na manutenção da produtividade. Além disso, promove uma reciclagem eficiente de nutrientes e favorece a infiltração de água, resultando em uma melhoria significativa na estrutura do substrato e na disponibilidade de nutrientes para as plantas cultivadas. Esses fatores, por conseguinte, podem ter exercido uma influência positiva nas plantas produzidas, permitindo uma emergência mais veloz das plântulas de alface (TERRA et al., 2014).

## 2.4 CULTIVO DE ALFACE EM AMBIENTE PROTEGIDO

O cultivo de alface no Rio Grande do Sul frequentemente é prejudicado pelas intempéries climáticas típicas do outono inverno, o que pode diminuir a qualidade e a oferta da folhosa nessa época do ano. Para manter a regularidade nos mercados, o cultivo em ambiente protegido é uma alternativa promissora que pode garantir o produto durante a ocorrência de geadas, chuvas e baixas temperaturas.

Devido à sua origem asiática, as variedades de alface têm um melhor crescimento e desenvolvimento em temperaturas amenas de 16 a 20° C (HENZ; SUINAGA, 2009).

A estação invernal, caracterizada por baixas temperaturas e chuvas prolongadas, tem o potencial de atrasar o crescimento das plantas e causar danos significativos, resultando na redução da qualidade estética e limitações na comercialização (SILVEIRA, 2019).

Por outro lado, durante o verão as limitações encontradas incluem chuvas pesadas e de curta duração, elevada temperatura do ar e alta taxa de radiação solar incidente. Essas condições favorecem o pendoamento precoce das plantas e a acumulação de látex nas folhas de alface, inviabilizando-as para a venda (FILGUEIRA, 2013).

O propósito da agricultura em ambientes protegidos é aprimorar as condições ambientais para possibilitar uma produção de hortaliças controlada e eficiente em todas as épocas do ano, com elevada qualidade dos produtos colhidos (BOAS et al., 2007).

Nas condições climáticas do Rio Grande do Sul durante o inverno, é importante que os alfacicultores recorram aos ambientes protegidos ou estufas plásticas cobertas com polietileno transparente de baixa densidade (PEBD). Isso é necessário para proteger as plantas contra as adversidades climáticas típicas dessa estação, já que a alface é uma folhosa muito sensível às variações meteorológicas e à precipitação excessiva. A utilização de um ambiente protegido contribui para otimizar o crescimento vegetativo da alface, resultando em produção mais precoce e de melhor qualidade, em comparação com o cultivo a campo (CARON, 2002).

Como a alface é uma folhosa muito vulnerável às variações meteorológicas, é importante a promoção de pesquisas com cultivos protegidos que forneçam

orientações para aproveitar plenamente o potencial dessa tecnologia em condições climáticas adversas (ARAÚJO et al., 2010).

Radin et al. (2014), cultivando alface em estufas plásticas cobertas por polietileno agrícola no município de Eldorado do Sul, RS, concluíram que a folhosa apresentou-se mais hidratada em comparação às produzidas à campo, apresentando-se mais tenras e com melhor aspecto visual, ou seja, com elevada qualidade ao consumidor final.

Pesquisas no município de Pelotas, RS, evidenciam que a alface cultivada no interior de ambiente protegido apresenta maior número de folhas e produtividade final, quando comparado ao cultivo a campo (KROLOW et al., 2006).

Resultados de Roque Apaza (2016) em La Paz, Bolívia, apontam que a porcentagem de germinação da alface produzida em ambiente coberto com plástico agrícola foi de 100%, além do elevado número de folhas e diâmetro de colo, que foram diretamente proporcionais ao maior acúmulo de biomassa fresca da folhosa dentro da estufa plástica.

Isso significa que no interior da estufa as folhas se expandem mais rapidamente, o que pode ser atribuído, principalmente, à radiação difusa que ocorre no interior dos abrigos plásticos. Dentro de um ambiente coberto com o polietileno transparente de baixa densidade, é notável que a fração difusa da radiação solar seja mais significativa do que nas condições externas, demonstrando o efeito dispersivo do material plástico de cobertura. Esse efeito é vantajoso, pois permite que a radiação difusa alcance as folhas das hortaliças de forma mais eficaz, especialmente aquelas que crescem verticalmente ou são cultivadas em densidades elevadas, onde uma folha pode naturalmente sombrear a outra (PURQUERIO; TIVELLI, 2006).

A temperatura do ar no interior da estufa é influenciada por diversos fatores, incluindo a interação entre a radiação solar, a reflexão e re-irradiação provenientes dos objetos no interior do ambiente protegido, além da renovação do ar e as trocas de calor com o solo na forma de radiação de onda longa (REBOUÇAS et al., 2015).

Reis et al. (2012) ressaltam a conexão entre duas variáveis climáticas, temperatura e radiação solar, ao destacarem que o cultivo em estufas plásticas proporciona proteção às plantas contra temperaturas elevadas e intensidade excessiva de radiação solar ao longo de seu ciclo de crescimento. Conforme mencionado pelos autores, a luz desempenha um papel complexo no crescimento, desenvolvimento e produção de culturas, e devido à absorção e reflexão do material

utilizado na cobertura plástica, a densidade do fluxo de radiação solar global no interior do ambiente protegido é inferior àquela observada do lado de fora. O aumento da irradiância pode, por sua vez, pode elevar a fotossíntese e a produção de fotoassimilados para o crescimento das plantas.

Vásquez et al. (2005) cita que, dentre os benefícios associados ao cultivo em ambiente protegido, é possível destacar o incremento na produtividade, a possibilidade de colheita durante a entressafra, o adiantamento no momento da colheita, a melhoria na qualidade dos produtos e a maior proteção contra eventos climáticos adversos (geadas, chuvas excessivas e acentuadas quedas de temperatura noturna).

Condições meteorológicas pouco favoráveis, como baixas temperaturas (inferiores a 10 °C) e chuvas prolongadas retardam o crescimento da alface e podem danificar as plantas. Por outro lado, elevadas temperaturas do ar (acima de 20 °C) e intensa radiação solar favorecem o pendoamento precoce das plantas, podendo provocar queima das bordas das folhas externas, formar cabeças pouco compactas e também contribuir para a ocorrência de deficiência de cálcio conhecida como “tip burn” (SILVA et al., 2014).

O cultivo sob ambiente protegido viabiliza a produção de diversas culturas durante distintas épocas do ano, mesmo em condições climáticas desfavoráveis, o que se traduz em uma maior rentabilidade para os agricultores (LI et al., 2018).

Uma das opções de ambiente protegido para o cultivo de hortaliças de porte reduzido, como a alface, são os túneis baixos cobertos com polietileno agrícola, que podem ser confeccionados com menor quantidade de material do que as estufas plásticas convencionais de maiores dimensões.

Além de suas estruturas serem de porte menor em relação às estufas e aos túneis altos, os túneis baixos são de menor custo e de fácil construção, possibilitam a proteção das plantas às chuvas e aos ventos e ainda proporcionam ambiente com maior soma térmica diurna, imprescindível na estação fria (STRECK et al., 2007).

Pesquisas realizadas por Brzezinski et al. (2017), cultivando alface em túnel baixo, mostram que essa estrutura ofereceu melhores condições para o crescimento, desenvolvimento e rendimento da cultura, quando comparado com o sistema de cultivo em campo aberto. Os mesmos autores concluíram que alfaces produzidas em túnel baixo apresentaram maior altura que as de campo aberto. Essa diferença entre

os sistemas de cultivo pode estar associada ao microclima favorável, proporcionado pelo túnel baixo.

Para Favarato et al. (2017) o cultivo de alface em túnel baixo apresentou maior temperatura do ar diurna e noturna, revelando que esse sistema de cultivo pode potencializar o crescimento das plantas. Os mesmos autores concluíram que o uso do túnel baixo proporcionou a produção de plantas de alface com folha mais fina e de melhor aspecto visual.

### **3 OBJETIVOS**

#### **3.1 OBJETIVO GERAL**

O trabalho de conclusão de curso teve como objetivo principal avaliar agronomicamente o cultivo de mudas de alface, variedade crespa sem cabeça e cultivar Grand Rapids, em bandejas plásticas, no interior de ambiente protegido, utilizando diferentes substratos com base em casca de arroz, solo e esterco bovino.

#### **3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Avaliar os parâmetros agronômicos de crescimento das mudas de alface (precocidade de germinação, altura de plantas, número de folhas e peso de matéria fresca da parte aérea) relacionados com os tratamentos aplicados;
- Identificar o substrato que proporcione os melhores resultados agronômicos para a produção mudas de alface, indicando para o agricultor familiar aquele de formulação facilitada, de baixo custo e fácil aquisição regional.

## 4 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na cidade de Santana do Livramento, RS, no período de abril a julho de 2023.

A classificação climática de Santana do Livramento é categorizada como Cfa, de acordo com a classificação de Köppen e Geiger (1928), sendo caracterizada como clima subtropical úmido e com verões quentes. No período do experimento as temperaturas foram acima da média, sendo as mínimas de 8,2°C e as máximas de 25°C. A precipitação pluviométrica do período do experimento teve um acumulado de 582,9 mm (Tabela 1) (INMET, 2023).

**Tabela 1.** Média de temperaturas mínimas, máximas (C°), média de temperatura (C°) e precipitação pluviométrica (mm) total dos meses de abril, maio, junho, julho em Santana do Livramento, 2023.

<b>Temperatura mínima, máxima e precipitação pluviométrica</b>				
<b>Meses</b>	<b>ABR</b>	<b>MAI</b>	<b>JUN</b>	<b>JUL</b>
Média temperatura mínima (C°)	13,2	11	9,4	8,2
Média temperatura máxima (C°)	25	20	14,4	13,8
Média de temperatura (C°)	18,2	14,6	12,2	11,8
Precipitação total mensal (mm)	196,6	155,4	118,7	112,2

Fonte: Instituto Nacional de Meteorologia – INMET (2023).

O experimento foi conduzido em uma estufa plástica modelo túnel baixo sobre bancada de madeira com dimensões de 1,05 m de comprimento 0,60 m de largura 1,70 m de altura, coberta com polietileno transparente de baixa densidade (PEBD) de 100 micras de espessura (Figura 1).



Figura 1 – Estufa plástica modelo túnel baixo.

Fonte: PEREZ, C. S. A. (2023).

A espécie vegetal utilizada no experimento foi a alface na variedade crespa sem cabeça, cultivar comercial Grand Rapids (Figura 2).

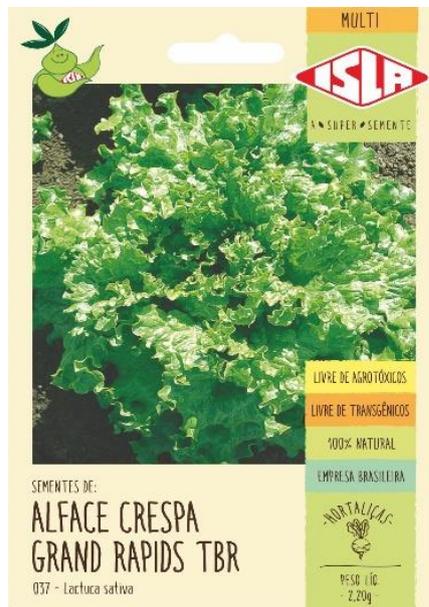


Figura 2 – Sementes de alface utilizadas no experimento.

Fonte:  
[https://www.brseeds.com/loja/produto-248016-1315-sementes\\_alface\\_grand\\_rapids\\_tbr\\_crespa](https://www.brseeds.com/loja/produto-248016-1315-sementes_alface_grand_rapids_tbr_crespa).

A escolha da variedade crespa testada no experimento deve-se à preferência dos consumidores por esse tipo de alface, pois segundo Sala e Costa (2012) até a década de 90 as cultivares do tipo “manteiga” eram as dominantes no mercado brasileiro, com posterior mudança no hábito de consumo a partir dos anos 2000 para as alfaces crespas, que apresentam maior crocância e melhor adaptação ao cultivo em condições de alta pluviosidade.

A alface foi semeada em bandejas de plástico rígido de coloração preta de 200 células (tamanho da célula unitária 2,5 cm x 2,5 cm) que ficaram dispostas no interior da estufa plástica até o final do experimento.

O manejo de abertura e fechamento da estufa plástica foi diário, objetivando a retirada de umidade interna e a manutenção do calor para potencializar o crescimento vegetal. As irrigações ocorreram de acordo com a demanda atmosférica, via regador manual, adicionando cerca de 400 ml de água a cada tratamento quando necessário.

Foram utilizados quatro diferentes substratos para o cultivo da alface, sendo estes os tratamentos experimentais testados na pesquisa: T1 - casca de arroz carbonizada (100%); T2 - casca de arroz carbonizada (50%) + esterco bovino (50%); T3 - solo (50%) + esterco bovino (50%); T4 - casca de arroz carbonizada (33%) + esterco bovino (33%) + solo (33%) (Figura 3).



Figura 3 – Tratamentos utilizados no experimento (A - T1 casca de arroz carbonizada 100%; B - T2 esterco bovino 50% + casca de arroz carbonizada 50%; C - T3 esterco bovino 50% + solo 50%; D - T4 esterco bovino 33% + solo 33% + casca de arroz carbonizada 33%).

Fonte: PEREZ, C. S. A. (2023).

A casca de arroz crua utilizada no experimento foi doada pela empresa Cerealista Fronteiriço Ltda, no município de Santana do Livramento. A casca de arroz é um resíduo descartado durante o processo de secagem e beneficiamento do arroz, sendo um insumo de importante utilização na agricultura por ser facilmente disponível regionalmente, rico em nutrientes e de custo reduzido ou nulo.

Para a carbonização da casca de arroz utilizou-se um método baseado na metodologia de Medeiros (1998), onde a casca é carbonizada de maneira controlada, sem perder a forma e mudando apenas a coloração (Figura 4).



Figura 4 – Processo de carbonização da casca de arroz (A – casca crua; B - carbonização; C - casca de arroz carbonizada).

Fonte: PEREZ, C. S. A. (2023).

O esterco de gado de corte foi utilizado na forma decomposta, cedido por um produtor rural local. O solo testado no experimento tinha textura arenosa e foi coletado no interior de um jardim doméstico. Tanto o esterco bovino quanto o solo foram peneirados em malha metálica nº 5 antes da utilização como substrato.

Os substratos foram caracterizados quanto aos atributos físicos, sendo determinadas a porosidade total (PT), espaço de aeração (EA) e água facilmente

disponível (AFD) (Tabela 2) a partir da metodologia proposta por Kiehl (1979) associado à câmara de pressão de Richards (RICHARDS; FIREMAN, 1943).

Na análise química dos substratos foram determinados o potencial de hidrogênio (pH) e o teor de macronutrientes, sendo nitrogênio total (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca) e magnésio (Mg) (Tabela 3) a partir da metodologia de Tedesco (1995).

Tanto a análise física quanto a química foram realizadas na Universidade Federal de Pelotas, UFPel, nos laboratórios do departamento de Solos da Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, na cidade de Pelotas, RS.

**Tabela 2.** Análise física dos substratos utilizados no experimento de produção de mudas de alface em ambiente protegido, sendo: porosidade total (PT em %), espaço de aeração (EA em %), água disponível (AD em %) e densidade (D em  $\text{g.cm}^{-3}$ ).

<b>Substratos</b>	<b>PT</b> -----	<b>EA</b> % -----	<b>AD</b>	<b>Densidade</b> <b>(<math>\text{g.cm}^{-3}</math>)</b>
T1 - CAC100%	71,33	33,96	25,54	0,12
T2 - CAC50%+BOV50%	88,29	40,03	25,72	0,15
T3 - SOLO50%+BOV50%	77,78	34,46	13,19	0,58
T4 - CAC33%+BOV33%+SOLO33%	79,36	35,16	19,83	0,47

**Tabela 3.** Análise química dos substratos utilizados no experimento de produção de mudas de alface em ambiente protegido, sendo: pH, nitrogênio total ( $\text{g.kg}^{-1}$ ), fósforo ( $\text{g.kg}^{-1}$ ), potássio ( $\text{g.kg}^{-1}$ ), cálcio ( $\text{g.kg}^{-1}$ ), magnésio ( $\text{g.kg}^{-1}$ ) e pH.

<b>Substratos</b>	<b>N total</b> -----	<b>P</b>	<b>K</b> <b>(<math>\text{g.kg}^{-1}</math>)</b> -----	<b>Ca</b>	<b>Mg</b>	<b>pH</b>
T1 - CAC100%	4,37	0,95	3,45	2,89	0,93	6,5
T2 - CAC50%+BOV50%	12,93	1,45	4,51	21,02	4,17	7,4
T3 - SOLO50%+BOV50%	7,05	2,53	1,33	9,20	1,94	7,0
T4 - CAC33%+BOV33%+SOLO33%	5,71	1,63	1,33	6,31	1,56	7,2

As variáveis de crescimento analisadas durante o experimento foram: precocidade na emergência de plântulas (contagem dos dias desde a semeadura até o início da germinação, medição única); altura de plantas (medida direta com régua milimetrada desde o colo da planta até o ponto final de crescimento, semanalmente),

número de folhas (através da contagem diretas das folhas definitivas maiores que 1 cm, semanalmente).

Ao final do experimento mediu-se o peso matéria fresca da parte aérea (pesagem da massa da verde aérea, descartando o caule as raízes) com a utilização da balança de precisão, no Laboratório de Química da Uergs, unidade Santana do Livramento.

As médias finais de todas as variáveis de crescimento foram calculadas aos 53 dias após a semeadura.

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso (DBC), com quatro tratamentos e três repetições, sendo cada repetição constituída de uma bandeja. Para fins de avaliação, foram descartadas as plantas da bordadura das bandejas. Os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e as médias comparadas pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância, com o auxílio do programa GENES.

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Inicialmente ressalta-se que foi realizada a operação de desbaste das plântulas de alface após a germinação das sementes, antes do início da medição das variáveis de crescimento, com o objetivo de manter apenas uma plântula por célula. Essa operação ocorreu aos oito dias após a semeadura, onde foi escolhida a plântula mais centralizada e vigorosa na célula de cultivo, eliminando-se as demais (Figura 5).

Segundo Moreira et al. (2018) o desbaste do excesso de plântulas germinadas em bandejas objetiva reduzir a competição por água, luz e nutrientes, mantendo as remanescentes com melhores características produtivas.



Figura 5 – Desbaste (A – antes do desbaste; B – operação de desbaste; C – após o desbaste).

Fonte: PEREZ, C. S. A. (2023)

Após o desbaste, as folhas definitivas começaram a surgir aos pares. No 14<sup>o</sup> dia após essa operação deu-se o início do período de avaliação do crescimento das mudas de alface.

Na Tabela 4 estão representados os resultados das variáveis agrônômicas de crescimento das mudas de alface nos tratamentos experimentais testados.

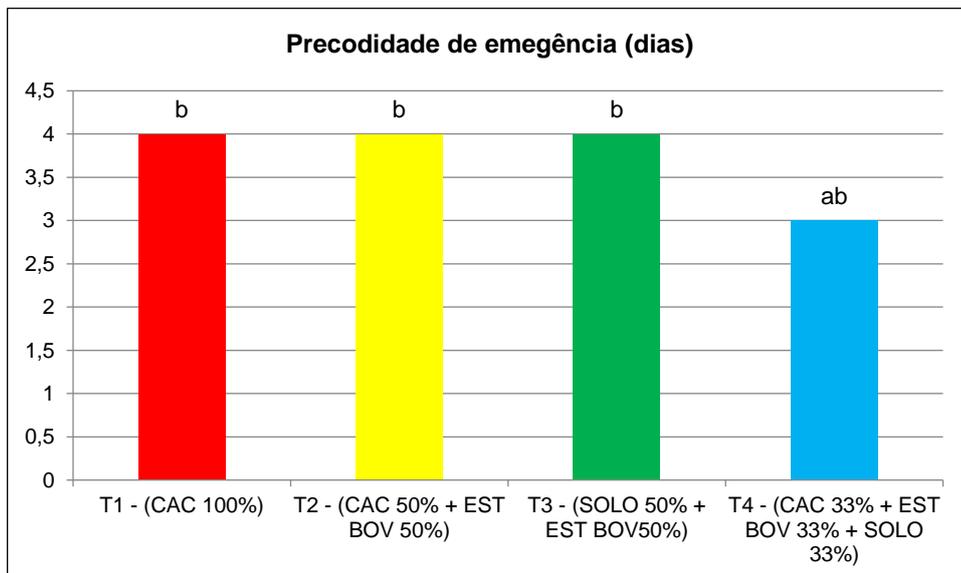
**Tabela 4.** Variáveis analisadas no experimento: precocidade de emergência altura de plantas, número de folhas e matéria fresca da parte aérea das mudas de alface cultivadas em substratos no interior de ambiente protegido. Santana do Livramento, Uergs, 2023.

Substratos	Precocidade emergência (dias)	Altura de plantas (cm)	Número de folhas	Matéria fresca da parte aérea (g)
T1 - CAC100%	4 a	3,17 b	3,60 ab	0,17 b
T2 - CAC50%+BOV50%	4 a	2,79 b	3,51 ab	0,13 b
T3 - SOLO50%+BOV50%	4 a	4,45 a	3,80 a	0,36 a
T4 - CAC33%+BOV33%+SOLO33%	3 ab	2,94 b	3,49 b	0,14 b

\* Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ).

Para a variável precocidade de emergência (Tabela 4 e Gráfico 1) percebe-se que não houve diferença estatística significativa entre os substratos testados, já que todos proporcionaram a germinação das sementes entre três a quatro dias após a semeadura.

**Gráfico 1** – Variável precocidade de emergência das mudas de alface em diferentes substratos. Santana do Livramento, Uergs. 2023.



Fonte: PEREZ, C. S. A. (2023)

Esse resultado possivelmente tem relação com os teores de água disponível nos substratos, que foram suficientes para hidratar o tegumento das sementes e dar

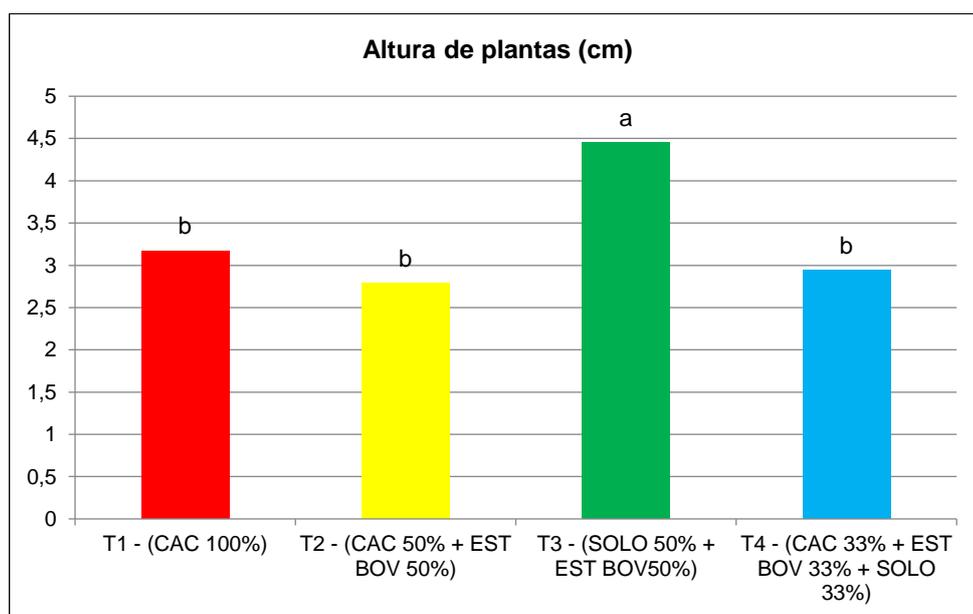
início à germinação, onde os tratamentos T1 (CAC 100%), T2 (CAC 50% + BOV 50%), T3 (SOLO 50% + BOV 50%) e T4 (CAC 33% + BOV 33% + SOLO 33%) apresentaram teores de água disponível de 25,54%, 25,72%, 13,19% e 19,83%, respectivamente (Tabela 2).

A quantidade de água disponível desempenha um papel fundamental no processo de germinação das sementes. Quando há escassez de água podem ocorrer alterações no metabolismo e na fisiologia das sementes, afetando a forma como os nutrientes são transportados dentro delas (SILVA et al., 2020). Por outro lado, quando há excesso de água, pode resultar na limitação da absorção de oxigênio pela semente, afetando seu metabolismo e tornando-a mais suscetível a ataques de patógenos (LEÃO et al., 2019).

Em pesquisas realizadas por Terra et al. (2017) com produção de mudas de tomate em bandejas, o teor de água disponível para o substrato composto por casca de arroz carbonizada (100%) foi de 38% e para o substrato formulado com base em casca de arroz carbonizada (33%) + esterco bovino (33%) + solo (33%) foi de 27%.

Observando a variável altura de plantas (Tabela 4 e Gráfico 2) percebe-se que o substrato T3 (SOLO 50% + BOV 50%) foi superior aos demais, com média de 4,45 cm para as mudas de alface (Figura 6).

**Gráfico 2** – Variável altura de plantas das mudas de alface em diferentes substratos. Santana do Livramento, Uergs. 2023.



Fonte: PEREZ, C. S. A. (2023)

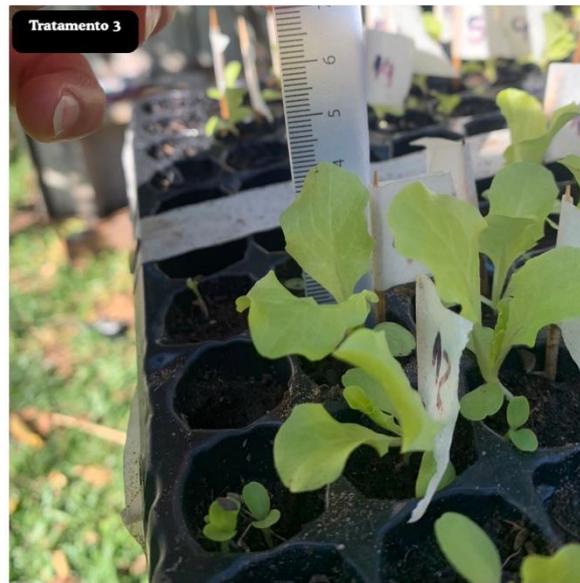


Figura 6 – Medição com régua da altura de plantas no tratamento T3 (SOLO 50% + EST BOV 50%).

Fonte: PEREZ, C. S. A. (2023)

De acordo com a análise física (Tabela 2) o substrato T3 (SOLO 50% + BOV 50%) revelou valores de porosidade total de 77,78%, espaço de aeração de 34,46%, água facilmente disponível de 13,19% e densidade de 0,58 g.cm<sup>3</sup>, ou seja, aquém daqueles recomendados pela literatura.

Pesquisa realizada por Carijo et al. (2002) recomendam que a porosidade total (PT) de substratos para cultivo de hortaliças fique na faixa de 85%, o espaço de aeração (EA) entre 10 e 30% e a água facilmente disponível (AFD) entre 20 a 30%. Já para a densidade dos substratos, Kämpf (2005) indicam que os valores adequados variem entre 0,2 e 0,4 g/cm<sup>-3</sup>.

Porém, pela análise química (Tabela 3) o substrato T3 (SOLO 50% + BOV 50%) foi o mais abundante no nutriente fósforo, contendo 2,53 g.Kg<sup>-1</sup>. Dessa forma, o teor para esse macronutriente no experimento ficou dentro da faixa verificada por Kampf (2000) em pesquisas com substratos, entre 1,1 g.Kg<sup>-1</sup> e 3,2 g.Kg<sup>-1</sup>.

A altura das plantas pode ser atribuída à maior disponibilidade de nutrientes, com destaque para o fósforo, um elemento importante para o crescimento da alface.

A alface pode ser considerada bastante exigente no elemento fósforo, sendo que a deficiência deste reduz o crescimento da planta, podendo haver mal formação da cabeça e coloração verde opaca nas folhas velhas, podendo mostrar tonalidades

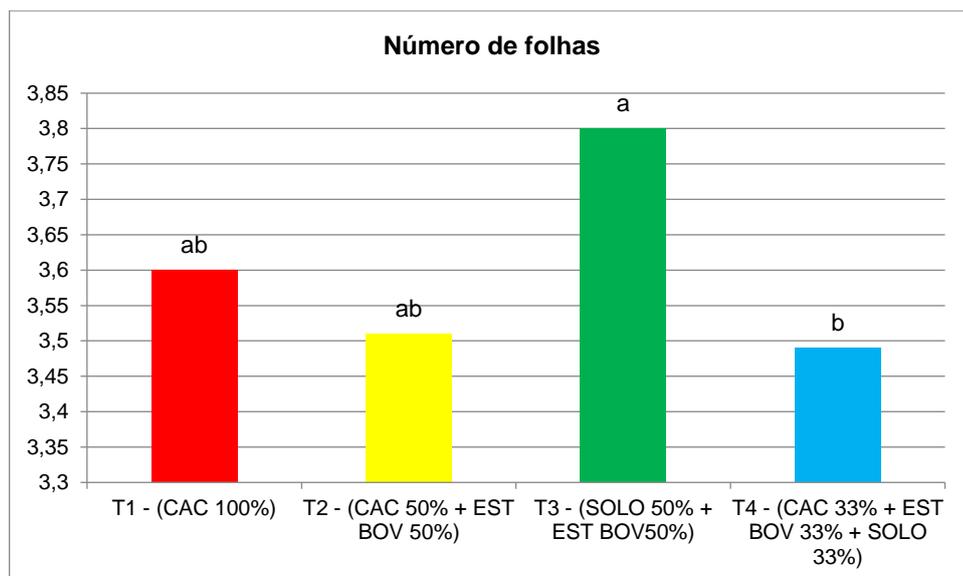
vermelho-bronze ou púrpura (LANA et al., 2004). Os mesmos autores ressaltam que substratos à base de esterco e húmus de minhoca apresentam bom desempenho para a produção de mudas de alface de qualidade, o que pode ter relação com a reserva nutricional que esses materiais apresentam.

A matéria orgânica componente dos esterco animais desempenha um papel fundamental ao fornecer outros nutrientes essenciais, como o nitrogênio (N), o fósforo (P) e o enxofre (S) (ARAÚJO et al., 2010).

Também verificou-se que pH do tratamento T3 (SOLO 50% + BOV 50%) foi de 7,0 (Tabela 3), faixa considerada adequada para absorção de fósforo pelas mudas de alface. De acordo com Malavolta (1989) a fixação do fósforo muitas vezes pode ser diminuída pelo aumento do pH do meio de cultivo, sendo recomendado a manutenção do pH entre 6,0 e 7,0 para uma melhor absorção de fósforo pelas culturas, o que também estimula o crescimento das raízes, garantindo uma arrancada vigorosa na produção vegetal.

Para a variável número de folhas (Tabela 4 e Gráfico 3) o tratamento T3 (SOLO 50% + BOV 50%) novamente apresentou diferença significativa perante os demais, proporcionando uma média de 3,80 folhas (Figura 7).

**Gráfico 3** – Variável número de folhas das mudas de alface em diferentes substratos. Santana do Livramento, Uergs. 2023.



Fonte: PEREZ, C. S. A. (2023)

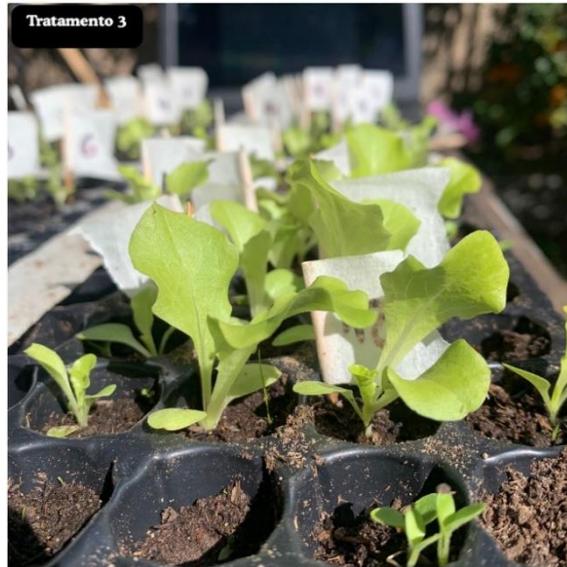


Figura 7 – Avaliação do número de folhas no tratamento T3 (SOLO 50% + EST BOV 50%).

Fonte: PEREZ, C. S. A. (2023)

Segundo Villas Boas (2004) os esterco animais possuem uma relação C:N mais baixa, ocorrendo a liberação de nutrientes para o meio de cultivo de forma mais rápida, o que resultará em melhores condições para o desenvolvimento das plântulas, principalmente aquelas de ciclo curto, como a alface.

Os autores Silva et al. (2011) ressaltam que adubação orgânica não só incrementa a produtividade, mas também produz plantas com características qualitativas melhores que as cultivadas exclusivamente com adubos minerais, portanto, exerce influência sobre a qualidade nutricional da alface.

Porém, percebe-se que tratamento T3 (SOLO 50% + BOV 50%) não diferiu estatisticamente do T1 (CAC100%) e do T2 (CAC50%+BOV50%), com média de 3,60 e 3,51 folhas, respectivamente.

A análise dos atributos físicos (Tabela 2) realizada nesse Trabalho de Conclusão de Curso apontou que o tratamento T3 (SOLO 50% + BOV 50%) teve 13,19% de água disponível, ficando abaixo do que é recomendado pela pesquisa. Mas os tratamentos T1 (CAC 100%) e do T2 (CAC 50%+BOV 50%), também superiores perante a análise estatística, obtiveram 25,54% e 25,72% de água disponível, corroborando com as recomendações de De Boot e Verdonck (1972) para esse

atributo físico, que deve situar-se na faixa entre 20% e 30% do volume total de um substrato.

O benefício da adição da casca de arroz carbonizada ao substrato reside em suas propriedades físicas, que incluem uma capacidade de drenagem eficiente, baixa densidade e alta disponibilidade de água, desde que sua concentração no substrato não exceda 50% em volume (CASTOLDI et al., 2014).

A inserção de casca de arroz carbonizada na composição dos substratos é reconhecida por incrementar seus atributos físicos, como aumento da porosidade e diminuição da densidade, proporcionando aeração e drenagem adequadas, além de ser capaz de tornar o substrato estruturado e com maior capacidade de retenção de água, facilitando o desenvolvimento da planta para um melhor resultado (SILVA et al., 2014; DINIZ et al., 2006)

Os tratamentos T1 (CAC 100%) e do T2 (CAC 50%+BOV 50%) também enquadram-se na faixa indicada para densidade de substratos, com 0,12 e 0,15 g.cm<sup>-3</sup>, respectivamente. Fermino e Bellé (2008) recomendam que a densidade dos substratos para cultivo de plantas em recipientes fique na faixa entre 0,10 e 0,30 g.cm<sup>3</sup> para ser considerada ideal para o meio radicular se desenvolver.

Alguns dos tratamentos testados nesse TCC e que foram considerados superiores estatisticamente para a variável número de folhas (T1 e T3) não apresentaram valores de porosidade total enquadrados nas faixas aconselhadas pela literatura (Tabela 2). A porosidade total do T1 (CAC 100%) foi de 71,33% e do T3 (SOLO 50% + BOV 50%) foi de 77,88%. Apenas o tratamento T2 (CAC 50%+BOV 50%) apresentou valor de porosidade total de 88,29%, ou seja, na faixa indicada pela pesquisa. Possivelmente a casca de arroz carbonizada adicionada ao T2 tenha proporcionado valores ideais de porosidade total.

De Boot e Verdonck (1972) indicam que a porosidade total para plantas cultivadas em substratos fique em torno de 85%.

A casca de arroz carbonizada possui características físico-químicas que a torna adequada para promover um bom desenvolvimento das raízes, o que está diretamente relacionado ao crescimento da parte aérea das plantas. A maior porosidade e a baixa densidade desse material permitem uma adequada drenagem da água no substrato. Essas propriedades tornam a casca de arroz carbonizada recomendada para a germinação de sementes e o enraizamento das plantas (FIGUERÊDO et al., 2014).

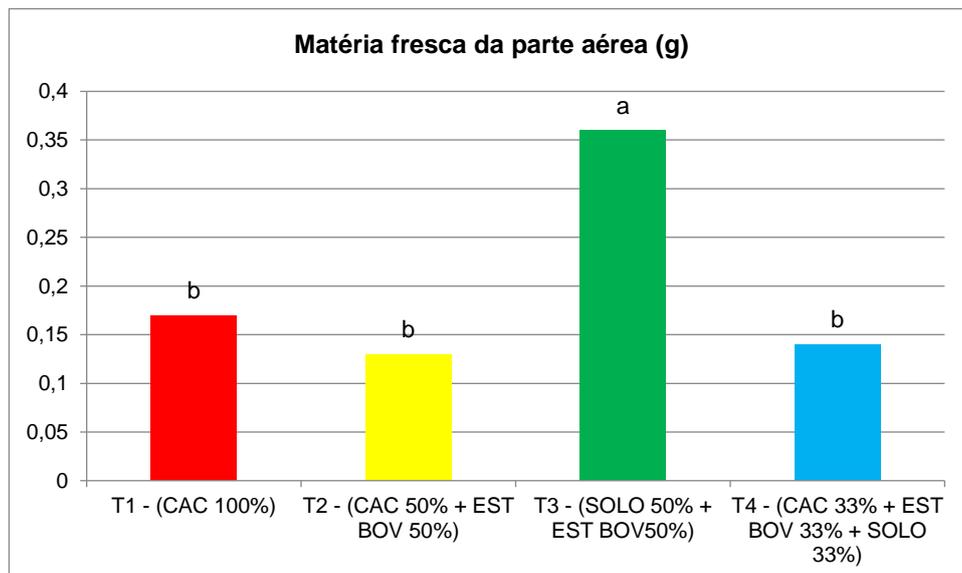
Pesquisas como a de Diniz et al. (2006), com produção de mudas de alface, verificam a importância da porosidade para o pleno desenvolvimento das plantas, já que esse atributo físico proporciona aeração e drenagem adequadas, tornando o substrato estruturado, fatores essenciais para o crescimento de mudas de alface.

Segundo Maia (2020) a casca de arroz carbonizada possui composição química relativamente constante, com baixa salinidade e faixa de pH alcalino, sendo rica em elementos químicos importantes, como o potássio, apesar de possuir baixa capacidade de retenção de água.

Alguns autores citam que é recomendável manter o pH do meio de cultivo na faixa entre 5,5 a 7,0 onde a maioria dos nutrientes são facilmente assimiláveis pelas plantas. Compreender essa propriedade é fundamental, pois ela influencia diretamente na disponibilidade de nutrientes e nos processos fisiológicos das plantas. Substratos com pH inferior a 5,0 podem levar à deficiência de nutrientes essenciais, como nitrogênio, potássio, cálcio e magnésio (SOUZA, 2009; KÄMPF, 2005; KÄMPF, 2000).

Observando a matéria fresca da parte aérea (Tabela 4 e Gráfico 4) novamente verifica-se a superioridade do tratamento T3 (SOLO 50% + BOV 50%) perante os demais, sendo esse o substrato que proporcionou o maior valor para essa variável, com 0,36g.

**Gráfico 4** – Variável matéria fresca da parte aérea das mudas de alface em diferentes substratos. Santana do Livramento, Uergs. 2023.



Fonte: PEREZ, C. S. A. (2023)

Percebe-se que o tratamento T3 (SOLO 50% + BOV 50%) manteve a superioridade na matéria fresca da parte aérea e também em todas as variáveis de crescimento avaliadas durante o experimento, pois existe uma relação entre a altura de plantas, número de folhas e a produção de biomassa verde da parte aérea.

Brzezinski et al. (2017) relacionou altura de plantas de alface com maior produção de matéria fresca da parte aérea, pois plantas mais altas tendem a apresentar uma produção maior de matéria fresca na parte aérea em comparação com as plantas mais baixas. Uma possível explicação para essa observação está relacionada com a capacidade das plantas mais altas de capturar uma maior quantidade de luz solar. A área exposta ao sol é ampliada em plantas mais altas, permitindo uma maior realização da fotossíntese, processo pelo qual as plantas convertem a energia solar em energia química, aumentando assim o crescimento vegetativo geral.

Além disso, a maior altura das plantas de alface pode estar associada a um sistema radicular mais desenvolvido, pois isso permite uma melhor absorção de água e nutrientes do solo, contribuindo para um crescimento e uma maior produção de matéria fresca (ZIECH et al., 2014).

O tratamento T3 (SOLO 50% + EST BOV 50%), apresentou resultados superiores aos demais tratamentos para matéria fresca da parte aérea, mesmo com o atributo físico de porosidade total abaixo do recomendado pela pesquisa (Tabela 2).

Porém, em relação ao espaço de aeração, o tratamento T3 (SOLO 50% + BOV 50%) apresentou valores dentro da faixa recomendada pela pesquisa, com 34,46% (Tabela 3). De Boot e Verdonck (1972) citam que a quantidade de macroporos no espaço de aeração dos substratos agrícolas fique entre 20 a 40%, sendo esse o ideal para o desenvolvimento das raízes.

Um substrato adequado para a produção de mudas deve apresentar capacidade de retenção de água adequada e os valores considerados ideais estão entre 20% e 30% do volume total do substrato ( $0,20$  e  $0,30 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ ). Quando saturado, esse substrato deve garantir uma porosidade total no valor de 85% ( $0,85 \text{ m}^3 \cdot \text{m}^{-3}$ ) suficiente para facilitar o fornecimento de oxigênio. A aeração adequada é uma das características físicas essenciais para o crescimento de plantas em recipientes (BEARDSELL et al., 1979).

É evidente que a medida em que a proporção de compostos orgânicos aumenta, ocorre um acréscimo na água disponível. Esse padrão de comportamento possivelmente é resultado das melhorias na estrutura do substrato e sua capacidade de retenção de água, influenciadas pela presença de matéria orgânica, conforme indicado por Meirelles et al. (2016). Além disso, esse fenômeno pode estar relacionado à redução da macroporosidade (poros preenchidos com ar).

Considera-se como importante observação ao final desse Trabalho de Conclusão de Curso que, apesar da produção de mudas de alface ter sido influenciada pelos substratos testados, onde o tratamento formulado com a mistura de solo (50%) e esterco (50%) (T3) apresentou superioridade no crescimento vegetal todas variáveis de crescimento mensuradas durante essa pesquisa, a altura de plantas, o número de folhas e a matéria fresca da parte aérea da alface foram inferiores aos dados encontrados na literatura.

Mesmo não sendo objetivo da pesquisa, possivelmente esse baixo crescimento das mudas de alface possa ter relação com o volume reduzido das células unitárias (dimensões 2,5 cm x 2,5 cm) da bandeja de plástico rígido utilizada no experimento de TCC, ocasionando falta de espaço, afetando as relações ar-água do meio radicular e influenciando no crescimento vegetal.

Trani et al. (2004) produzindo mudas de alface em substratos e dois tamanhos de células de bandejas de isopor (200 e 288 células) obteve plantas com 4 a 6 folhas definitivas e com 5 cm de altura, aos 20 dias após a semeadura.

Menezes Júnior et al. (2000) verificaram que em bandejas com células menores, como ocorre com aquelas com 288, há um menor espaço disponível para o desenvolvimento das mudas e fica mais difícil o suprimento de fatores como água, ar e nutrientes que otimizam a produção e que garantam o desenvolvimento e o crescimento normal das mudas.

Paula et al. (2020) produziram mudas de alface em bandejas de isopor com 200 células (células unitárias medindo 3,5 cm x 3,5 cm) preenchidas com substratos formulados à base de húmus de minhoca e resíduos de pimenta do reino, obtendo mudas com alturas variando entre 8 cm até 10,2 cm, aos 40 dias após a semeadura.

O tamanho das células dos recipientes e o tipo de substrato são fatores essenciais a serem seguidos para garantir a obtenção de mudas de qualidade, pois afetam diretamente no desenvolvimento e na arquitetura do sistema radicular, bem como no fornecimento adequado de nutrientes para as mudas (ECHER et al., 2000).

Salvador et al. (2001) relataram que em células de tamanho menor, em consequência da maior concentração de raízes, há uma maior demanda de oxigênio e de remoção de CO<sub>2</sub>. Mudanças crescidas em células menores ficam mais vulneráveis ao estresse hídrico, pois a quantidade de substrato nem sempre é suficiente para a retenção adequada de água para a manutenção da turgidez. Há então necessidade de uma maior frequência de irrigação para suprir a demanda de água e para sustentar altas taxas de crescimento num volume muito restrito. Entretanto, a irrigação mais constante torna o substrato mais sujeito à lixiviação de nutrientes.

Nesse contexto, sugere-se recomendar ao produtor rural que utilize bandejas de poliestireno expandido com maior volume de células para a produção de mudas de alface, como as bandejas de isopor de 200 células unitárias.

## 6 CONCLUSÕES

Para as condições locais na qual o trabalho foi desenvolvido, conclui-se:

- Todos os tratamentos testados proporcionaram uma adequada germinação das sementes, entre três a quatro dias após a semeadura, possivelmente influenciados pelo adequado teor de água disponível nos substratos utilizados no experimento;
- Para as variáveis altura de plantas, número de folhas e matéria fresca da parte aérea observou-se que o substrato T3 (SOLO 50% + BOV 50%) foi superior aos demais, proporcionando os maiores valores mensurados dentre todos os tratamentos;
- Misturas de substratos com base em solo (50%) e esterco (50%) podem ser uma alternativa aos agricultores que buscam um meio de cultivo para a produção de mudas de alface, proporcionando baixo custo, facilidade de acesso aos materiais e o aproveitamento os recursos locais disponíveis;
- Apesar do T3 (SOLO 50% + BOV 50%) ter se destacado em todas as variáveis de crescimento ao longo dessa pesquisa, os valores de altura de plantas, número de folhas e matéria fresca da parte aérea da alface foram inferiores aos dados encontrados na literatura, o que pode estar relacionado à restrição de volume nas células das bandejas plásticas utilizadas no experimento, ocasionando falta de espaço, afetando as relações ar-água do meio radicular e influenciando no crescimento vegetal;
- Sugere-se que produtor rural utilize bandejas de poliestireno expandido com maior volume de células para a produção de mudas de alface, como as bandejas de isopor de 200 células unitárias.

## REFERÊNCIAS

- ABCSEM – **Associação Brasileira do Comércio de Sementes e Mudanças**. 2022. Disponível em: <<http://www.abcsem.com.br/download-manual.php>>. Acesso em: 22 de mai. 2023.
- ABREU, M. F. de; ABREU, C. A. de; BATAGLIA, O. C. 2002. Uso da análise química na avaliação da qualidade de substratos e componentes. **Anais do III Encontro Nacional Sobre Substrato Para Plantas**, Campinas, Brasil, p.17-28.
- AGROLINK – Disponível em: <[https://www.agrolink.com.br/noticias/saiba-qual-e-a-olericola-com-maior-area-nors\\_445310.html#:~:text=A%20alface%20%C3%A9%20outra%20cultura,13.893%2C85%20kg%2Fhectare](https://www.agrolink.com.br/noticias/saiba-qual-e-a-olericola-com-maior-area-nors_445310.html#:~:text=A%20alface%20%C3%A9%20outra%20cultura,13.893%2C85%20kg%2Fhectare)>. Acesso em: 23 de mai. de 2023.
- AGUIAR, L. D. S. **Utilização de compostos orgânicos como substratos alternativos na produção de mudas de alface**. 2021. 16 f. Trabalho de Conclusão de Curso, Curso Bacharelado em Agronomia, Universidade de Uruçu, Piauí. 2021.
- AMARAL, J. C. **Produção e tolerância ao florescimento precoce em alface: cultivares e épocas de cultivo**. Monografia (Bacharelado em Agronomia) – Universidade Federal da Fronteira do Sul, Chapecó, 2017.
- ANDRIOLO, J. L.; DUARTE, T. S.; LUDKE, L.; SKREBSKY, E. C. Caracterização e avaliação de substratos para o cultivo do tomateiro fora do solo. **Horticultura Brasileira**, v. 17, n. 3, p. 215-219, 1999.
- ARAÚJO, T. S.; FIDELES FILHO, J.; KUMAR, K. K.; RAO, T. V. R. Crescimento da alface americana em função dos ambientes, épocas e graus-dias. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, 5(4), 441-449, 2010. Disponível em: <<https://doi.org/10.5039/agraria.v5i4a480>>. Acesso em: 21 set. 2023.
- ARAÚJO, W. B. M.; ALENCAR, R. D.; MENDONÇA, V.; MEDEIROS, E. V.; ANDRADE, R. C.; ARAÚJO, R. R. Esterco caprino na composição de substratos para formação de mudas de mamoeiro. **Ciência e Agrotecnologia**, v.34, n.1, p.68-73, 2010. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/cagro/a/6kwbcGMh86wMVJ4cZXFqXVR/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 02 set. 2023.
- BAILEY, D. A.; NELSON, P. V. **Greenhouse substrates and fertilization**. Department of Horticultural Science - NCSU, 2004. Disponível em: <<https://www.hort.vt.edu/ghvegetables/documents/Irrigation%20Fertility%20Media/NcSUSubstrateFert.pdf>>. Acesso em: 05 jul. 2023.
- BATISTA, M. A. V.; VIEIRA, L. A.; SOUZA, J. P.; FERREIRA, J. D. B.; NETO, F. B. Efeito de diferentes fontes de adubação sobre a produção de alface no Município de Iguatu – CE. **Revista Caatinga. Mossoró**, v. 25, n. 3, p. 8 – 11, 2012.
- BEARDSELL, D. V.; NICHOLS, D. G.; JONES, D. L. Physical properties of nursery potting-mixtures. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 11, p. 1-8, 1979.

BOAS, R. C. V.; CARVALHO, J. A.; GOMES, L. A. A.; SOUZA, K. J.; RODRIGUES, R. C.; SOUSA, A. M. G. Efeito da irrigação no desenvolvimento da alface crespa, em ambiente protegido, em Lavras, MG. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 11, n. 4, p. 393-397, 2007.

BONELA, G. D.; SOUZA, H. O.; GUIMARÃES, R. R.; GOMES, E. J. C. Resposta de cultivares de alface a diferentes fontes de matéria orgânica. **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável (RBAS)**, v.5, n.2., p.89-95, Dezembro, 2015.

BORGES, A. **Desempenho de diferentes substratos na produção de mudas de alface (*Lactuca sativa L.*)**. 31 f. Monografia (graduação em Engenharia Agrônômica), Faculdade Centro-Matogrossense, Sorriso, 2014.

BRITO, A. D.; SUGASTI, J.; DO NASCIMENTO, L. M.; DE FIGUEIREDO, C. C.; RAMOS, M. L. G. Influência do pó de café coado na respiração microbiana do solo e sua utilização como substrato. **Acta tecnológica**, v. 5, n. 2, p. 69-83, 2010.

BRZEZINSKI, C. R.; ABATI, J.; GELLER, A.; WERNER, F.; ZUCARELI, C. Produção de cultivares de alface americana sob dois sistemas de cultivo. **Revista Ceres**, v. 64, p. 83-89, 2017.

CALDEIRA, M. V. W.; PERONI, L.; GOMES, D. R.; DELARMELINA, W. M.; TRAZZI P. A. Diferentes proporções de biossólido na composição de substratos para a produção de mudas de timbó (*Ateleia glazioveana* Baill). **Scientia Forestalis**. 2012; 40(93): 15-022.

CAMPANHARO, M. Características físicas de diferentes substratos para produção de mudas de tomateiro. **Caatinga** v. 19, n. 2, p.140-145, 2006.

CARMELLO, Q. A. de C. Cultivo protegido: hidroponia, manejo e instalações. In: Congresso Brasileiro de Olericultura, 38, 1998. Petrolina: SOB, 1998. 43 p. (Apostila de Minicurso).

CARON, B. O. **Crescimento da alface a campo e em estufa plástica**. 2002. 51 p. (Tese de Doutorado), Universidade Federal de Santa Maria, UFSM, Centro de Ciências Rurais, Santa Maria, 2002.

CARRIJO, D. A.; SETTI, de L. R.; MAKISHIMA, N. Fibra da casca do coco verde como substrato agrícola. **Horticultura Brasileira**, v. 20, n. 4, p. 533-535, 2002.

CASTOLDI, G.; FREIBERGER, M. B.; PIVETTA, L. A.; PIVETTA, L. G.; ECHER, M. M. Alternative substrates in the production of lettuce seedlings and their productivity in the field. **Revista Ciência Agrônômica**, 45: 299-304. 2014.

CEASA – RS: **Centrais de Abastecimento do Rio Grande do Sul**. Disponível em:<http://ceasa.rs.gov.br/alface>. Acesso em: 02 out. 2023.

CHAVES, L. H. G.; TITO, G. A.; CHAVES, I. B.; LUNA, J. G.; SILVA, P. C. M. Propriedades químicas do solo aluvial da Ilha de Assunção – Cabrobó (Pernambuco).

**Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 28, n. 3, p. 431-437, 2004. Disponível em:<<https://doi.org/10.1590/S0100-06832004000300004>>. Acesso em: 07 jul. 2023.

CORREIA, D.; ROSA, M. D. F.; NORÕES, E. R. D. V.; ARAUJO, F. B. D. I. Uso do pó da casca de coco na formulação de substratos para formação de mudas enxertadas de cajueiro anão precoce. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 25, n. 3, p. 557-558, 2003.

COUTO, M. A.; WAGNER JÚNIOR, L.; QUEZADA, A. C. Efeito de diferentes substratos durante a aclimatização de plantas micropropagadas do porta-enxerto mirabolano 29C (*Prunus cerasifera* EHRH.) em casa de vegetação. **Revista Brasileira de Agrociência**, v. 11, n. 23, 2003.

DA CUNHA, C.; DE SOUZA, G. A.; DE FRANÇA, G. N.; DA SILVA, R. F. Substratos alternativos para produção de mudas de alface e couve em sistema orgânico. **Scientia Plena**, v. 10, n. 11, 2014.

DE BOODT, M.; VERDONCK, O.; CAPPAERT, I. Determination and study of the water availability of substrates for ornamental plant growing. **In: Symposium on Water Supply under Glass and Plastics** 35. 1972. p. 51-58.

DIAS, R. H. **Desempenho de cultivares de alface em sistema semi-hidropônico fertirrigadas com soluções nutritivas salinizadas**. 2019. 23 f. Monografia (Graduação em Agronomia) – Universidade Federal Rural do Semi-Árido UFRSA, Mossoró, RN, 2019.

DINIZ, K. A.; OLIVEIRA, J. A.; GUIMARÃES, R. M.; CARVALHO, M. L. M.; MACHADO, J. C. Incorporação de micro-organismos, aminoácidos, micronutrientes e reguladores de crescimento em sementes alface pela técnica de peliculização. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 8, p. 37 – 43, 2006.

ECHER, M. M.; ARANDA, A. N.; BORTOLAZZO, E. D.; BRAGA, J. S.; TESSARIOLI NETO, J. Efeito de três substratos e dois recipientes na produção de mudas de beterraba. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.18, suplemento, p.509-511, 2000.

ECHER, M. M.; GUIMARÃES, V.F; ARANDA, A.N; BORTOLAZZO, E.D, BRAGA, J.S. Avaliação de mudas de beterraba em função do substrato e do tipo de bandeja. **Seminário Ciências Agrárias**, Londrina, v. 28, n. 1, p. 45-50, 2007.

FAULIN, E. J.; AZEVEDO, P. F. Distribuição de hortaliças na agricultura familiar: uma análise das transações. **Informações Econômicas**, v. 33, n. 11, p. 2437, 2003.

FAVARATO, L. F.; GUARÇONI, R. C.; SIQUEIRA, A. P. Produção de alface de primavera/verão sob diferentes sistemas de cultivo. **Revista Científica Intelletto**, 2017, Venda Nova do Imigrante, ES, Brasil, N.1, janeiro 2017, p.16-28.

FELTRIM, A. L.; FILHO, A. B. C.; REZENDE, B. L. A.; BRANCO, R. B. F. Produção de alface-crespa em solo e em hidroponia, no inverno e verão, em Jaboticabal-SP. **Científica**, v. 37, n. 1, p. 9-15, 2009.

FERMINO, M. H. **Métodos de análise para caracterização física de substratos para plantas**. 2003. Tese (Doutorado) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

FERMINO, M. H.; BELLÉ, S. Substrato para plantas. **Plantas ornamentais: aspectos para a produção Passo Fundo**: Editora UPF, p. 46-58, 2008.

FERRAZ, M. V.; CENTURION, J. F.; BEUTLER, A. N. et al. Caracterização física e química de alguns substratos comerciais. **Acta Scientia Agronômica**, v.27, n.2, p.209-214, 2005.

FERREIRA, R. R. M.; TAVARES FILHO, J.; FERREIRA, V. M. et al. Efeitos de sistemas de manejo de pastagens nas propriedades físicas do solo. **Seminário Ciências Agrárias**, v.31, n.4, p.913-932, 2010.

FIGUERÉDO, K. S.; DA SILVA, R. R.; DIAS, M. A. R.; DE FREITAS, G. A.; RIBEIRO, M. M. C.; DE MELO, A. V. Adição de casca de arroz carbonizada em diferentes substratos para produção de mudas de *Eucalyptus globulus*. **J. Biotec. Biodivers.** v. 5, N.1: pp. 71-78, Fev. 2014.

FILGUEIRA, F. A. R. Asteráceas Alface e outras folhosas. **Novo manual de Olericultura: Agrotecnologia moderna para produção de hortaliças**. 3ª ed. revista e ampliada. UFV, Viçosa, p. 300-306, 2008.

FILGUEIRA, F. A. R. **Novo Manual de Olericultura: Agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças**: UFV, 402p. 2003.

FILGUEIRA, F. A. R. **Novo manual de olericultura: Agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças** 3 ed. Viçosa, MG: UFV, 2013. 418 p.

FONSECA, T. G. **Produção de mudas de hortaliças em substratos de diferentes composições com adição de CO<sub>2</sub> na água de irrigação**. 2001. 72f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2001.

GAULAND, D. C. S. P. **Relações hídricas em substratos à base de turfas sob o uso dos condicionadores casca de arroz carbonizada ou queimada**. Porto Alegre, 1997. 107p. Dissertação de Mestrado. (Mestrado em Solos). Programa de Pós-graduação em Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. UFRGS. Porto Alegre, 1997.

GONG, X.; ZOU, L.; WANG, L.; ZHANG, B.; JIANG, J. Biochar improves compost humification, maturity and mitigates nitrogen loss during the vermicomposting of cattle manure-maize straw. **Journal of Environmental Management**, v. 325, p. 1-11, 2023. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2022.116432>>. Acesso em: 20 jul. 2023.

GRUPO CULTIVAR. **Alface é a folhosa mais consumida no Brasil**. 2015. Disponível em: <<https://revistacultivar.com.br/noticias/alface-e-a-folhosa-maisconsumida-no-brasil>>. Acesso em: 13 de mai. de 2023.

GRUSZYNSKI, C. **Resíduo agroindustrial “Casca de Tongue” como componente de substrato para plantas**. 99 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia), Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Brasil, 2002.

GUIMARÃES, N. N.; GUIMARÃES, L. N.; TEIXEIRA, R. R.; GONÇALVES, A. H.; INOUE, T. Y.; COSTA, N.; MARTINS, G. A. 2022. Teste de germinação de sementes de alface em diferentes substratos: Lettuce seed germination test on different substrates. **Brazilian Journal of Development**, v. 8, n. 10, p. 65398-65407, 2022.

HENZ, P. G.; SUINAGA, F.; Comunicado Técnico 75: Tipos de Alface cultivados no Brasil. **Embrapa**, Brasília, DF, nov. 2009. Disponível em: <<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/783588/1/cot75.pdf>>. Acesso em: 13 de mai. de 2023.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo agropecuário**. 2021. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/agricultura-e-pecuaria/9827-censo-agropecuario.html>>. Acesso em: 15 de jun. 2023.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Pesquisa de Orçamentos Familiares**. 2022. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/estatisticas/sociais/saude/24786-pesquisa-de-orcamentos-familiares-2.html>>. Acesso em: 26 de mai. 2023.

IGLESIAS, R.; MUNOZ, R.; POLANCO, M.; DIAZ, I.; SUSMOZAS, A.; MORENO, A. D.; GUIRADO, M.; CARRERAS, N.; BALLESTEROS. Biogas from Anaerobic Digestion as an Energy Vector: Current Upgrading Development. **MDPI**, v. 14, n. 10, p. 27-42, 2021. Disponível em: <<https://doi.org/10.3390/en14102742>>. Acesso em: 20 jul. 2023.

INMET. Instituto Nacional de Meteorologia. **Estações automáticas**. 2023. Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=estacoesautomaticas>. Acesso em: 25 abril. 2023.

JAIME, M.; ROBERTS, L.; MC DONALD, M. R. **Growing onion transplants in plug trays**. [S.l.]: Ministry of Agriculture and Food, 2001. Disponível em <<http://www.gov.on.ca/OMAF/english/crops/facts/01-019.htm>>. Acesso em: 02 mai. 2023.

JORGE, M. H. A.; MELO, R. A. C.; RESENDE, F. V.; COSTA, E.; SILVA, J.; GUEDES, I. M. R. **Informações técnicas sobre substratos utilizados na produção de mudas de hortaliças**. Brasília, DF, Embrapa Hortaliças, p.1 – 30, set. 2020. Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/216955/1/DOC-180-18-set>>. Acesso em 20 jul. 2023.

KÄMPF, A. N. **Produção comercial de plantas ornamentais**. Agropecuária Guaíba, 2005, 2. ed., 254 p.

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

KIEHL, E. J. **Manual de Edafologia: Relações Solo-Planta**. São Paulo: Editora Agronômica Ceres Ltda, 1979. 262 p.

KÖPPEN, W.; GEIGER, R. **Klimate der Erde**. Gotha: Verlagcondicionadas. Justus Perthes. n.p. 1928.

KROLOW, I.; SILVEIRA, G.; FILHO, L. O.; KHOLER, K.; MORSELLI, T. Rendimento da alface em ambiente protegido submetida a diferentes adubos orgânicos, **Revista Brasileira de Agroecologia**, 2006. v. 1 n. 1.

LANA, M. M; TAVARES, S. A (Ed.). 50 Hortaliças: como comprar, economizar e consumir. 2. ed. rev. Brasília, DF: **Embrapa Informação Tecnológica**, 2010. 209 p.

LANA, R. M. Q.; ZANÃO JÚNIOR, L. A.; LUZ, J. M. Q.; SILVA, J. C. D. Produção da alface em função do uso de diferentes fontes de fósforo em solo de Cerrado. **Horticultura Brasileira**, v. 22, p. 525-528, 2004.

LEÃO, N. V. M.; CAMPOS, M. V. A.; FELIPE, S. H. S.; SHIMIZU, E. S. C. Influência da quantidade de água no substrato sobre a germinação de sementes de pau-preto (*Cenostigma tocanthum* Ducke). **Enciclopédia Biosfera**, v. 16, n. 29, p. 970–980, DOI: [https://doi.org/10.18677/EnciBio\\_2019A77](https://doi.org/10.18677/EnciBio_2019A77). 2019.

LI, G.; TANG, L.; ZHANG, X.; DONG, J.; XIAO, M. Factors affecting greenhouse microclimate and its regulating techniques: A review. In: IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. IOP Publishing, 2018. p. 012019. Disponível em: <<https://doi.org/10.1088/1755-1315/167/1/012019>>. Acesso em: 08 set. 2023.

MAIA, A. A. **Desenvolvimento de Substrato Formulado com Composto Orgânico e Casca de Arroz para a Produção de Mudanças de Hortaliças**. INSTITUTO DE AGRONOMIA - Seropédica-RJ, 2020.

MALAVOLTA, E. **ABC da adubação**. 5. ed. São Paulo: Agronômica Ceres, 1989. 292 p.

MARTINEZ, P. F. Manejo de substratos para horticultura. In: FURLANI, A.M.C. (Ed.) Caracterização, manejo e qualidade de substratos para produção de plantas. Campinas: IAC. 2002. p. 53-73 (Documentos).

MEDEIROS, C. A. Carbonização da casca de arroz para utilização de substratos destinados à produção de mudas. Brasília, Embrapa. 04 p. 1998. (**Circular Técnica, 08**).

MEDEIROS, L. A. M.; MANFRON, P. A.; MEDEIROS, S. L. P.; BONNECARRÈRE, R. A. Crescimento e desenvolvimento da alface (*Lactuca sativa*) conduzida em estufa plástica com fertirrigação em substratos. **Ciência Rural**, v. 31, n. 2, p. 199-204, 2001.

MEI, N.; ZHANG, X.; WANG, X.; PENG, CHANG, P.; HONGJUN, G.; ZHU, P.; GU, Y. Effects of 40 years applications of inorganic and organic fertilization on soil bacterial community in a maize agroecosystem in northeast China. **European Journal of Agronomy**, v. 130, n. 4, p. 1-9, 2021. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.eja.2021.126332>>. Acesso em: 20 jul. 2023.

MEIRELLES, L.; VENTURIN, L. GUAZZELLI, M. J. **Agricultura ecológica: alguns princípios básicos**. Ipê/RS: Centro Ecológico, 74p. il, 2016.

MELLO, R. P. **Consumo de água do lírio asiático em vaso com diferentes substratos**. Dissertação de Mestrado (Mestrado em Engenharia Agrícola). Universidade Federal de Santa Maria. UFSM. Santa Maria. 2006.

MELO, P. C. T; VILELA, N. J. Importância da cadeia produtiva brasileira de hortaliças. **In: 13º Reunião Ordinária da Câmara Setorial da Cadeia Produtiva de Hortaliças**. Ministério da Agricultura e Pecuária MAPA: Brasília, DF, 2013.

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, v.18, n.3, p.164-170, 2000.

MESQUITA, I. B. S.; ALBUQUERQUE, D. P.; DA SILVA LUZ, A. L.; DE OLIVEIRA, L. S.; DE ARAÚJO NETO, J. P.; DO REGO, F. C.; CUNHA, I. C. M.; SILVA, É. J. C.; SILVA, M. L.; ASSUNÇÃO, G.C.N.; JUNIOR, F. C. R. JUNIOR, F. C. R. Production of lettuce muds (*Lactuca sativa* L.) With different substrates in closed environment. **Brazilian Journal of Animal and Environmental Research**, São José dos Pinhais, v. 2, n. 4, p. 1257-1263, 2019.

MOREIRA, L. A. M.; DE OLIVEIRA, M. D. R.; FERREIRA, L. G. (2018). Desenvolvimento de mudas de melão sob efeitos de diferentes tipos de bandejas e substratos. Centro Universitário de Várzea Grande, MT. **Caderno de Publicações Univag**. Disponível em: <<http://periodicos.univag.com.br/index.php/caderno/article/view/794>>. Acesso em: 24 mai. 2023.

MORSELLI, T. B. G. A. **Cultivo sucessivo de alface sob adubação orgânica em ambiente protegido**. Pelotas, 2001. 178f. Universidade Federal de Pelotas, 2001. Tese (Doutorado em Agronomia - Produção Vegetal) Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, UFPel, 2001.

NETO, H de S. **Silício na atenuação dos efeitos da salinidade em alface hidropônica**. 2019. 106 f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Programa de PósGraduação em Agronomia – Fitotecnia, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2019. Disponível em: <[https://repositorio.ufc.br/bitstream/riufc/39954/1/2019\\_tese\\_hslemosneto](https://repositorio.ufc.br/bitstream/riufc/39954/1/2019_tese_hslemosneto)>. Acesso em: 15 jun. 2023.

OLIVEIRA, E. Q.; SOUZA, R. J.; CRUZ, M. C. M.; MARQUES, V. B. FRANÇA, A. Produtividade de Alface e Rúcula em Sistema Consorciado, sob Adubação Orgânica

e Mineral. **Horticultura Brasileira**, v. 28, n. 1, p. 36-40, 2010. Disponível em:<<http://65.108.49.104/bitstream/123456789/574/1/tcc%20josmar.pdf>>. Acesso em: 09 agos. 2023.

PAULA, L. I. S.; MONACO, P. A. V. L.; KRAUSE, M. R.; SALLA, P. H.; NANDORF, R. J.; Moreira, C. Produção de mudas de alface (*Lactuca sativa*) em substrato composto por húmus e resíduos do beneficiamento dos grãos de pimenta do reino. **Revista Eficiência**. ISSN 2359-4799, v. 6, n. 4. 2020. p.105-113. Disponível em: <https://ojs.ifes.edu.br/index.php/ric/article/download/731/601>. Acesso em: 26 jul. 2023.

PEIXOTO FILHO, J.; FREIRE, M. B. G. S; FREIRE, F. J.; MIRANDA, M. F. A.; PESSOA, L. G. M.; KAMIKURA, K. M. Produtividade de Alface com Doses de Esterco de Frango, Bovino e Ovino em Cultivos Sucessivos. **Brasileira Agrícola e Ambiental**, v. 17, n. 4, p. 419-424, 2013. Disponível em:<<http://65.108.49.104/bitstream/123456789/574/1/tcc%20josmar.pdf>>. Acesso em: 09 agos. 2023.

PURQUERIO, L. F. V.; TIVELLI, S. W. **Manejo do ambiente em cultivo protegido**. São Paulo: Codeagro, 2006. Disponível em: <<https://www.bibliotecaagptea.org.br/administracao/educacao/artigos/MANEJO%20O%20AMBIENTE%20EM%20CULTIVO%20PROTEGIDO.pdf>>. Acesso em 08 set. 2023.

RADIN, B.; REISSER, JÚNIOR C.; MATZENAUER, R.; BERGAMASCHI, H. Crescimento de cultivares de alface conduzidas em estufa e a campo. **Horticultura Brasileira**, 2014, vol. 22, n. 2, p. 178-181.

REBOUÇAS, P. M.; DIAS, Í. F.; ALVES, M. A.; BARBOSA FILHO, J. A. D. Radiação solar e temperatura do ar em ambiente protegido. **Revista Agrogeoambiental**, v. 7, n. 2, 2015.

REIS, L. S.; SOUZA, J. L. D.; DE AZEVEDO, C. A.; LYRA, G. B.; FERREIRA JUNIOR, R. A.; DE LIMA, V. L. Componentes da radiação solar em cultivo de tomate sob condições de ambiente protegido. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.16, n.7, p.739-744, 2012.

RICHARDS, L. A.; FIREMAN, M. Pressure plate apparatus for measuring moisture sorption and transmission by soils. **Soil Science**, Baltimore, v. 56, p. 395-404, 1943.

RÖBER, R. Substratos hortícolas: possibilidades e limites de sua composição e uso; exemplos da pesquisa, da indústria e do consumo. **Anais do I Encontro Nacional Sobre Substrato Para Plantas**, Porto Alegre, Brasil, p.209-215. 2000.

ROCHA, B. D. S. **Acompanhamento da produção de alface no município de Viamão/RS**. 2023. 37f. Trabalho de Conclusão de Curso, Curso Bacharelado em Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre. 2023.

ROQUE APAZA, M. **Análise do crescimento de quatro hortaliças em um sistema de produção orgânica em um ambiente urbano familiar na cidade de La**

**Paz.** 2016. Tese (Doutorado em Agronomia), Universidad Mayor de San Andrés, Facultad de Agronomia.

SAIDELLES, F. L. F. et al Casca de arroz carbonizada como substrato para produção de mudas de tamboril da mata e garapeira. **Seminário: Ciências Agrárias**, v. 30, p. 1173-1186, 2009.

SALA, F. C.; COSTA, C. P. da.; Retrospectiva e tendência da alfacicultura brasileira. **Horticultura Brasileira**, 2012. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/hb/a/CBjR93vn5NKt4Z9BLMWWYDJ/?lang=pt>>. Acesso: 13 de mai. de 2023.

SALVADOR, E. D.; PAQUAL, M.; SPERA, M. R. N. Efeito de diferentes substratos no crescimento de samambaia matogrossense (*Polypodium aureum* L.) **Ciência Agrotécnica**, Lavras, v.25, n.4, p.1006-1011, 2001.

SAMPAIO, E. V. S. B.; OLIVEIRA, N. M. B, D; NASCIMENTO, P. R. F. Eficiência da adubação orgânica com esterco bovino e com *Egeria densa*. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 31, p. 995-1002, 2007.

SANTOS, J. F. **Fertilização orgânica de batata-doce com esterco biofertilizante**. Areia – PB, 2008. Thesis (Doctor Science in Agronomy). Centro de Ciências agrárias, Universidade Federal da Paraíba.

SANTOS, J. F.; XAVIER, J. F.; MENINO, I. B. et al. Produção de alface em função de adubação de esterco bovino em sistema agroecológico. **In: I Congresso Internacional da Diversidade do Semiárido**, 2015. Anais...Campina Grande, 2015.

SCHMITZ, J. A. K.; SOUZA, P. V. D.; KÄMPF, A. N. Propriedades químicas e físicas de substratos de origem mineral e orgânica para o cultivo de mudas em recipientes. **Ciência Rural**, 32: 937-944. 2002. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/cr/a/XqTnr7h33zQHxXb6zMM6Wkd/?format=pdf&lang=pt>>. Acesso em: 20 jun. 2023.

SILVA, B. A.; SILVA, A. R. da; PAGIUCA, L. G. Cultivo protegido: em busca de mais eficiência produtiva. 2014. **Hortifruti Brasil**, 1:10-18. 2014.

SILVA, E. M. N. C. P.; FERREIRA, R. L. F.; ARAÚJO NETO, S. E.; TAVELLA, L. B.; SOLINO, A. J. S. Qualidade de alface crespa cultivada em sistema orgânico, convencional e hidropônico. **Horticultura Brasileira**, v.29, p.242-245, 2011.

SILVA, E.C.; LEAL, N.R.; MALUF, W.R. Avaliação de cultivares de alface sob altas temperaturas em cultivo protegido em três épocas de plantio na região norte fluminense. **Ciência e Agrotecnologia**, v.23, p.491-499, 1999.

SILVA, G. A.; PACHECO, M. V.; LUZ, M. N.; NONATO, E. R. L.; DELFINO, R. C. H.; PEREIRA, C. T. Fatores ambientais na germinação de sementes e mudança de defesa para garantir sua perpetuação. **Pesquisa, Sociedade e Desenvolvimento**, v. 9, n. 11, pág. e93491110524-e93491110524, 2020.

SILVEIRA, C. C. DA. **Agricultura urbana**: cultivo de alface (*Lactuca sativa*) em sistema horizontal e vertical. 2019. Trabalho de conclusão de curso, Universidade Estadual do Rio Grande do Sul (Curso de Engenharia Agrônômica). Santana do Livramento, RS. 49p.

SMIDERLE O. J.; SALIBE, A. B.; HAYASHI, A. H.; PACHECO, A. C.; MINAMI, K. Produção de mudas de alface, pepino e pimentão em substratos combinando areia, solo e Plantmax. Insumos e Cultivares em Teste. **Horticultura Brasileira**, v. 19, n. 3, p. 253 – 257, 2001.

SMIDERLE, O. J.; SALIBE, A. B.; HAYASHI, A. H.; PACHECO, A. C.; MINAMI, K. Produção de mudas de alface, pepino e pimentão desenvolvidas em quatro substratos. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 18, p. 510-512, jul. 2000.

SOUZA, P. V. D.; SCHÄFER, G. Produção de mudas de tangerineiras. In: KOLLER, O. C. (Org.). **Citricultura**: cultura de tangerineiras: tecnologia de produção, pós-colheita e industrialização. Porto Alegre: Editora Rígel, 2009. p. 63- 89.

STERRETT, S. B. Compost as horticultural substrates for vegetable transplant production. **Compost Utilization in Horticultural Cropping Systems**. 2001. 227-240. Disponível em: <<https://pubag.nal.usda.gov/download/37185/PDF>>. Acesso em: 16 jun. 2023.

STRECK, L.; SCHNEIDER, F. M.; BURIOL, G. A.; LUZZA, J.; SANDRI, M. A. Sistema de produção de alface em ambiente parcialmente modificado por túneis baixos. **Revista Ciência Rural**, vol. 37, n. 3. 2007. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/cr/a/DQhCHvQCx6CZm58s3PzMF5P/#>. Acesso em 23 set. 2023.

STRINGUETA, A. C. O.; RODRIGUES, L. A.; FONTES, L. E. F.; COSTA, C. A. Caracterização física de substratos contendo compostos de lixo urbano e casca de arroz carbonizada como condicionadores. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, n.21, p.155-159. 1997.

SUINAGA et al. **Desempenho produtivo de cultivares de alface crespa**. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento 89, Brasília, DF. 2013. Disponível em: <[http://www.cnph.embrapa.br/paginas/serie\\_documentos/publicacoes2013/bpd\\_89.pdf](http://www.cnph.embrapa.br/paginas/serie_documentos/publicacoes2013/bpd_89.pdf)>. Acesso em: 13 de mai. 2023.

TEDESCO, M.J., GIANELLO, C., BISSANI, C.A., BOHNEN, H., VOLKWEISS, S.J. **Análises de solos, plantas e outros materiais**. Porto Alegre: Departamento de Solos-Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 174p. 1995.

TERRA, M. A.; LEONEL, F. F.; DA SILVA, C. G.; FONSECA, A. M. Cinza vegetal na germinação e no desenvolvimento da alface. **Revista Agrogeo ambiental**, v. 6, n. 1, 2014.

TERRA, S. B.; BRAZ, G. M.; MENDES, F. B. Insumo alternativos para produção orgânica de mudas de hortaliças. **Revista Ambiência**, Guarapuava, v.13, n.2, p.412-422, 2017.

TRANI, P. E.; TIVELLI, S.; PURQUERIO, L.; AZEVEDO FILHO, J. A. **Hortaliças: Alface** (*Lactuca sativa* L.). Boletim 200. Instituto Agrônômico – IAC, Campinas, 2005. Disponível em: <[https://www.iac.sp.gov.br/imagem\\_informacoestecnologicas/32.pdf](https://www.iac.sp.gov.br/imagem_informacoestecnologicas/32.pdf)>. Acesso em: 12 de mai. de 2023.

TRANI, P. E.; NOVO, M. C. S. S.; CAVALLARO JÚNIOR, M. L.; TELLES, L. M. G. Produção de mudas de alface em bandejas e substratos comerciais. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.22, n.2, p.290-294, abril-junho 2004.

VÁSQUEZ, M.; FOLEGATTI, M. V.; DIAS, N. S.; SILVA, C. R. Efeito do ambiente protegido cultivado com melão sobre os elementos meteorológicos e sua relação com as condições externas. **Engenharia Agrícola**, vol. 25, p. 137-143, 2005.

VENCE, L. B. Disponibilidade de água-aire em sustratos para plantas. **Ciencia del Suelo**, v.26, p.105-114, 2008. Disponível em: <<http://www.scielo.org.ar/pdf/cds/v26n2/v26n2a01.pdf>>. Acesso em: 10 jun. 2023.

VILELA, N. J.; LUENGO, R. F. A. Produção de Hortaliças Folhosas no Brasil. **Campo & Negócios**, Hortifruti, Uberlândia, ano XII, n. 146, 2017.

VILLAS BÔAS, R. L.; PASSOS, J. C.; FERNANDES, M.; BÜLL, L. T.; CEZAR, V. R. S.; GOTO, R. Efeito de doses e tipos de compostos orgânicos na produção de alface em dois solos sob ambiente protegido. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.22, n.1, p.28-34, 2004.

ZANARDO, B. **Posições de mudas em bandejas de poliestireno e variabilidade na produção de alface**. 2008. 56f. Dissertação de Mestrado – Universidade Federal de Santa Maria, Centro de Ciências Rurais, Programa de Pós-Graduação em Agronomia, RS, 2008.

ZANETTI, M.; FERNANDES, C.; CAZETTA, J. O.; CORÁ, J. E.; MATTOS JÚNIOR, D. Caracterização física de substratos para a produção de mudas e porta-enxerto cítricos sob telado. **Revista Laranja**, 2001. Disponível em: <[http://www.citrograf.com.br/artigos\\_tecnicos.html](http://www.citrograf.com.br/artigos_tecnicos.html)>. Acesso em: 21 jun. 2023.

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**, v. 18, p. 948-954, 2014.