

AValiação MORFOMÉTRICA DA ALFACE CRESPA (*Lactuca sativa* L.) SOB ESTRESSE HÍDRICO E DENSIDADE DE PLANTIO

Organizadoras:

Laura Nunes Barreto Sampaio

Maria José de Holanda Leite

2026 - Ampla Editora
Copyright da Edição © Ampla Editora
Copyright do Texto © Os autores
Editor Chefe: Leonardo Tavares
Design da Capa: Os autores
Revisão: Os autores



Avaliação morfométrica da alface crespa (*Lactuca sativa* L.) sob estresse hídrico e densidade de plantio está licenciado sob CC BY-NC 4.0.



Essa licença permite que outros remixem, adaptem e desenvolvam seu trabalho para fins não comerciais e, embora os novos trabalhos devam ser creditados e não possam ser usados para fins comerciais, os usuários não precisam licenciar esses trabalhos derivados sob os mesmos termos. O conteúdo da obra e sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores e não representam a posição oficial da Ampla Editora. O download e o compartilhamento da obra são permitidos, desde que os autores sejam reconhecidos. Todos os direitos desta edição foram cedidos à Ampla Editora.

Catálogo na publicação
Elaborada por Bibliotecária Janaina Ramos – CRB-8/9166

A945

Avaliação morfométrica da alface crespa (*Lactuca sativa* L.) sob estresse hídrico e densidade de plantio / Organização de Laura Nunes Barreto Sampaio, Maria José de Holanda Leite. – Campina Grande/PB: Ampla, 2026.

Livro em PDF

ISBN 978-65-5381-344-1

DOI 10.51859/ampla.ama441.1126-0

1. Agronomia. 2. Alface. 3. Manejo. I. Sampaio, Laura Nunes Barreto (Organizadora). II. Leite, Maria José de Holanda (Organizadora). III. Título.

CDD 630

Índice para catálogo sistemático

I. Agronomia

AUTORES

Laura Nunes Barreto Sampaio

Orcid: <https://orcid.org/0009-0003-5153-2576>

Leonardo Emmanuel Fernandes de Carvalho

Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-3780-8682>

Elisabete Piancó de Sousa Pinheiro

Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-2055-6674>

Maria José de Holanda Leite

Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-4154-3901>

APRESENTAÇÃO

Diante de um cenário fortemente marcado pelas mudanças climáticas, pela crescente escassez de recursos hídricos e pelos desafios enfrentados pela agricultura no semiárido brasileiro, compreender as respostas das plantas às condições de estresse torna-se um fator fundamental para a construção de sistemas produtivos mais eficientes e sustentáveis. A produção de alimentos, especialmente em regiões de clima adverso, exige planejamento, conhecimento técnico e sensibilidade científica para interpretar os limites e as potencialidades do ambiente.

Ao longo dos capítulos seguintes, são apresentados os resultados de uma investigação acerca dos efeitos do estresse hídrico e do adensamento de plantio sobre o desenvolvimento da alface (*Lactuca sativa* L.), uma das hortaliças de maior importância econômica e alimentar no país. A análise dos parâmetros morfométricos e fisiológicos permite compreender como o manejo da água e a densidade de cultivo influenciam diretamente o crescimento e o desempenho da cultura, que apresenta alta sensibilidade e exigência hídrica.

O estudo foi desenvolvido com base em pesquisa bibliográfica e experimentação científica, articulando fundamentação teórica e análise estatística dos dados obtidos. Cada etapa foi conduzida com rigor metodológico, buscando oferecer informações consistentes que possam subsidiar práticas agrícolas mais conscientes e adequadas às condições do semiárido.

Desse modo, espera-se que este material contribua para o aprofundamento dos conhecimentos de estudantes, pesquisadores, docentes e produtores interessados na fisiologia vegetal, no manejo hídrico e na sustentabilidade agrícola. Mais do que apresentar resultados, esta obra pretende estimular reflexões sobre a importância da pesquisa científica na adaptação da agricultura aos desafios ambientais contemporâneos.

As organizadoras

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus e à intercessão de Nossa Senhora, por me concederem a força e as oportunidades que possibilitaram a concretização desta etapa tão significativa da minha trajetória acadêmica.

Aos meus familiares, que representam o alicerce da minha formação humana, expresso minha profunda gratidão pelo amor incondicional, cuidado, incentivo e apoio constantes em cada fase da minha vida.

Aos meus amigos, por tornarem esta caminhada mais leve, oferecendo companheirismo, apoio e alegria, especialmente nos momentos mais desafiadores.

Em especial, agradeço à minha orientadora, Profa. Dra. Maria José de Holanda Leite (Mary), pela confiança, dedicação, compreensão, paciência e valiosas orientações, fundamentais para o desenvolvimento e a conclusão desta monografia.

A todos os professores que fizeram parte da minha formação, deixo meus sinceros agradecimentos pelas contribuições não apenas acadêmicas, mas também humanas, colaborando para a construção do meu pensamento crítico e para a ampliação da minha visão de mundo.

Por fim, agradeço ao Instituto Federal do Rio Grande do Norte (IFRN) pelo suporte à minha formação e à Pró-Reitoria de Extensão (PROEX) pelo incentivo e apoio às atividades extensionistas que possibilitaram a realização deste trabalho.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Visão geral do viveiro de produção de mudas do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte (IFRN), Campus Pau dos Ferros, RN, destacando a estrutura utilizada para a condução do experimento (A) e a vista aérea do viveiro, evidenciando sua organização espacial e inserção no campus (B).....	21
Figura 2 - Identificação comercial das sementes de alface crespa (<i>Lactuca sativa</i> L.), cultivar Itapuã Super, utilizadas no desenvolvimento do experimento.....	22
Figura 3 – Visão geral das mudas durante a fase de germinação, cultivadas em recipientes individuais na casa de vegetação do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte (IFRN), Campus Pau dos Ferros, evidenciando a uniformidade inicial das plântulas e as condições controladas de cultivo.	22
Figura 4 – Representação esquemática dos tratamentos experimentais adotados no cultivo de <i>Lactuca sativa</i> L., correspondentes aos canteiros C0 (A), C1 (B), C2 (C) e C3 (D), diferenciados em função do manejo hídrico e da densidade de plantio.	24
Figura 5 - Representação visual do cultivo em espaçamento padrão e adensado.	25
Figura 6 – Instrumentos e materiais utilizados na coleta de dados experimentais, incluindo mudas de <i>Lactuca sativa</i> L. e equipamentos para medições morfométricas.	26
Figura 7 – Materiais utilizados durante o processo de contabilização dos dados experimentais, incluindo estufa e balança digital: A – Alfaces durante etapa de secagem na estufa; B – Visualização da parte aérea e radicular secas; C – Pesagem da parte aérea e radicular.....	27
Figura 8 – Modelos de regressão ajustados para o diâmetro médio do coleto (A e B) e para o número médio de folhas (C) de plantas de <i>Lactuca sativa</i> L. ao longo das semanas de avaliação, sob diferentes tratamentos de manejo hídrico e densidade de plantio.....	37
Figura 9 - Avaliação visual individual das plântulas de <i>Lactuca sativa</i> L. na terceira semana de cultivo, evidenciando diferenças morfofisiológicas entre os tratamentos: C0 – controle com irrigação diária (A); C1 – estresse hídrico (B); C2 – adensamento com irrigação adequada (C); e C3 – adensamento associado ao estresse hídrico (D).....	43
Figura 10 - Vista geral dos canteiros de <i>Lactuca sativa</i> L. na terceira semana de cultivo, demonstrando os efeitos do manejo hídrico e da densidade de plantio sobre a uniformidade, o desenvolvimento vegetativo e a ocorrência de pendoamento: C0 – controle (A); C1 – estresse hídrico (B); C2 – adensamento com irrigação adequada (C); e C3 – adensamento associado ao estresse hídrico (D).....	43

LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Análise de variância (ANOVA) para altura das plantas, diâmetro do caule e número de folhas de mudas de <i>Lactuca sativa</i> L., cultivadas sob diferentes condições de manejo hídrico e densidade de plantio, ao longo de 28 dias após a semeadura.	30
Tabela 2 - Valores médios de altura das plantas, diâmetro do caule e número de folhas de mudas de <i>Lactuca sativa</i> L. submetidas a diferentes tratamentos de manejo hídrico e densidade de plantio, avaliadas aos 28 dias após a semeadura.	31
Tabela 3 - Evolução temporal das variáveis morfométricas (valores médios da altura das plantas, diâmetro do caule e número de folhas) de mudas de <i>Lactuca sativa</i> L. ao longo do período experimental, independentemente dos tratamentos aplicados.	33
Tabela 4 - Crescimento absoluto e relativo das variáveis morfométricas de mudas de <i>Lactuca sativa</i> L. ao longo do período experimental (07/12 a 04/01).	33
Tabela 5 - Análise de variância (ANOVA) da biomassa aérea fresca, biomassa aérea seca, biomassa radicular fresca e biomassa radicular seca de plantas de <i>Lactuca sativa</i> L. cultivadas sob diferentes condições de manejo hídrico e densidade de plantio.	38
Tabela 6 - Valores médios da biomassa aérea fresca e da biomassa aérea seca de plantas de <i>Lactuca sativa</i> L. submetidas a diferentes tratamentos de manejo hídrico e densidade de plantio, ao final do ciclo experimental.	38
Tabela 7 - Valores médios da biomassa seca aérea e da biomassa seca radicular de plantas de <i>Lactuca sativa</i> L. cultivadas sob diferentes condições de manejo hídrico e densidade de plantio.	39

RESUMO

A produção de hortaliças folhosas no semiárido brasileiro é limitada pela escassez hídrica, altas temperaturas e manejo inadequado, fatores que impactam o desempenho agrônomo e a qualidade comercial. A alface crespa (*Lactuca sativa* L.), por sua elevada exigência hídrica e sensibilidade a estresses ambientais, constitui modelo relevante para estudos de manejo sustentável de irrigação e densidade de plantio. A presente pesquisa teve como objetivo avaliar o desenvolvimento morfológico e a produção de biomassa de plantas de alface submetidas a diferentes níveis de estresse hídrico e densidade de plantio. O experimento foi conduzido em casa de vegetação do Instituto Federal do Rio Grande do Norte (IFRN) – Campus Pau dos Ferros, RN, no período de outubro de 2025 a janeiro de 2026. O delineamento utilizado foi inteiramente casualizado, com quatro tratamentos, cada um em um canteiro, sendo eles: C0, que consistiu em irrigação diária em espaçamento padrão 20x25 cm (controle); C1, que foi submetido a estresse hídrico, com redução da frequência de irrigação em dias alternados; C2 recebeu irrigação diária em alta densidade de plantas (espaçamento 15x15 cm); e C3 combinou irrigação reduzida com plantio adensado. Cada tratamento foi dividido em três repetições utilizadas para análise estatística. As análises morfológicas realizadas compreenderam características dimensionais da planta, como altura das plantas (H), diâmetro do coleto (DC) e número de folhas (NF), bem como características relacionadas à biomassa, incluindo biomassa aérea fresca (BAF), biomassa aérea seca (BAS) e biomassa radicular seca (BRS) e biomassa radicular fresca (BRF). Os dados foram analisados por ANOVA, teste de Tukey e regressão, com nível de significância de 5% no programa Sisvar. Os resultados indicaram crescimento contínuo das variáveis morfológicas ao longo do tempo, com forte efeito do fator temporal e sem diferenças significativas nos estágios iniciais. O estresse hídrico reduziu significativamente, conforme o teste de Tukey a 5% de probabilidade a BAF, afetando a retenção de água e a expansão foliar, especialmente em plantios densos, enquanto BAS e BRS mantiveram-se estáveis, indicando que os efeitos estiveram principalmente ligados à dinâmica hídrica dos tecidos, que motivou melhor desenvolvimento biométrico. Também foi observada maior incidência de pendoamento precoce e perda de qualidade comercial sob restrição hídrica. Conclui-se que, nas condições do semiárido, o manejo hídrico é determinante para o desempenho e a qualidade da alface, sendo o cultivo adensado viável apenas com irrigação adequada. Recomenda-se, em estudos futuros, ampliar o período experimental, testar diferentes lâminas de irrigação e avaliar cultivares de alface mais tolerantes ao estresse hídrico, visando aprimorar a produtividade e a sustentabilidade da cultura no semiárido.

Palavras-chave: alface; manejo da irrigação; horticultura no semiárido; crescimento vegetal.

ABSTRACT

The production of leafy vegetables in the Brazilian semi-arid region is limited by water scarcity, high temperatures, and inadequate management, factors that impact agronomic performance and commercial quality. Loose-leaf lettuce (*Lactuca sativa* L.), due to its high water requirement and sensitivity to environmental stresses, constitutes a relevant model for studies on sustainable irrigation management and planting density. The present research aimed to evaluate the morphometric development and biomass production of lettuce plants subjected to different levels of water stress and planting density. The experiment was conducted in a greenhouse at the Federal Institute of Rio Grande do Norte (IFRN) – Pau dos Ferros Campus, RN, from October 2025 to January 2026. The design used was completely randomized, with four treatments, each in a cultivation bed, as follows: C0, which consisted of daily irrigation at standard 20x25 cm spacing (control); C1, which was subjected to water stress, with the reduction of irrigation frequency to alternate days; C2 received daily irrigation at high plant density (15x15 cm spacing); and C3 combined reduced irrigation with high-density planting. Each treatment was divided into three replicates used for statistical analysis. The morphometric analyses performed included plant dimensional characteristics, such as plant height (H), stem diameter (SD), and number of leaves (NL), as well as biomass-related characteristics, including shoot fresh biomass (SFB), shoot dry biomass (SDB), root dry biomass (RDB), and root fresh biomass (RFB). Data were analyzed by ANOVA, Tukey's test, and regression, with a significance level of 5% in the Sisvar software. The results indicated continuous growth of morphometric variables over time, with a strong effect of the temporal factor and no significant differences in the initial stages. Water stress significantly reduced, according to Tukey's test at 5% probability, the SFB, affecting water retention and leaf expansion, especially in dense plantings, while SDB and RDB remained stable, indicating that the effects were mainly linked to the water dynamics of the tissues, which prompted better biometric development. A higher incidence of early bolting and loss of commercial quality were also observed under water restriction. It is concluded that, under semi-arid conditions, water management is decisive for lettuce performance and quality, with high-density cultivation being viable only with adequate irrigation. It is recommended, in future studies, to extend the experimental period, test different irrigation depths, and evaluate lettuce cultivars more tolerant to water stress, aiming to improve crop productivity and sustainability in the semi-arid region.

Keywords: lettuce; irrigation management; horticulture in the semi-arid region; plant growth.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	11
2.1 Aspectos botânicos e morfológicos da <i>Lactuca sativa</i> L.....	13
2.2 Ciclo de vida e fases de desenvolvimento.....	14
2.3 Fisiologia vegetal e crescimento	15
2.4 Estresse hídrico.....	16
2.5 Densidade de plantio	18
3 MATERIAL E MÉTODOS	20
3.1 Local do experimento	20
3.2 Preparo dos canteiros, semeadura, tratamentos, transplante e manejo hídrico	22
3.3 Parâmetros avaliados.....	25
3.4 Análise de dados	27
3.5 Análise e avaliação do aspecto visual das plântulas	28
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	30
4.1 Análise de variância (ANOVA) dos parâmetros morfométricos iniciais	30
4.2 Avaliação das variáveis morfométricas em função dos diferentes tratamentos	30
4.3 Avaliação das variáveis morfométricas ao longo do tempo.....	32
4.4 Avaliação das variáveis morfométricas sob análise de regressão (0,05) ao longo do tempo	35
4.5 Biomassa aérea e radicular.....	37
4.6 Avaliação visual e morfofisiológica das plântulas de <i>Lactuca sativa</i> ao longo do experimento	42
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	46
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	48

1 INTRODUÇÃO

A crescente demanda por alimentos frescos, seguros e produzidos de forma ambientalmente responsável tem impulsionado a adoção de sistemas agrícolas sustentáveis e biologicamente eficientes. Entre as hortaliças mais relevantes para a segurança alimentar e nutricional, destaca-se a alface (*Lactuca sativa* L.), amplamente cultivada e valorizada por seu conteúdo de vitaminas A e C, minerais e baixo teor calórico (Ferreira et al., 2021). Apesar da relevância agrônômica, socioeconômica e nutricional da alface e da existência de estudos que investigam individualmente os efeitos do estresse hídrico ou da densidade de plantio (Medeiros, 2015; Paim, 2020; Santos et al., 2023), observa-se uma lacuna científica relacionada à abordagem integrada desses fatores, especialmente no que se refere aos seus efeitos combinados sobre as características morfológicas e produtivas da cultura.

A *Lactuca sativa*, pertencente à família Asteraceae, é uma hortaliça folhosa originária da região mediterrânea e uma das mais consumidas mundialmente. Trata-se de uma planta anual, herbácea, com crescimento em forma de roseta. As folhas podem ser lisas ou crespas, de cor verde ou roxa, podendo ou não formar cabeça. No Brasil, o tipo crespa predomina, representando cerca de 70 % do mercado (Costa; Junqueira, 2000; Sala; Costa, 2012). A importância econômica da cultura é confirmada pela Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil (CNA), que constatou que, em 2017, foram produzidas 671,5 mil toneladas de alface no território nacional, representando um valor de produção total de R\$ 1,7 bilhão (Kist; Beling, 2023).

Vale destacar que, quando comparada a outras hortaliças, a alface apresenta alta exigência quanto à quantidade e qualidade da água, sendo tanto o excesso quanto a deficiência hídrica fatores determinantes para a produtividade total (Maggi, 2006). A falta de água provoca aumento da temperatura foliar e fechamento estomático, reduzindo a fotossíntese e ajustando a superfície foliar à disponibilidade hídrica, resultando em menor rendimento (Taiz et al., 2017).

A disponibilidade de água influencia trocas gasosas, crescimento e produtividade da alface, e regimes com menor água podem reduzir trocas gasosas e biomassa fresca, enquanto regimes moderadamente reduzidos tendem a manter níveis relativamente altos de eficiência de uso da água (WUE), apesar da redução de rendimento sob estresse severo. Esses mecanismos fisiológicos refletem a importância de estudar respostas da planta em diferentes níveis de disponibilidade hídrica (Lucena et al., 2018).

No semiárido do Rio Grande do Norte, a disponibilidade hídrica apresenta grande variabilidade espacial e temporal, com precipitações irregulares, elevadas temperaturas médias anuais e altas taxas de evapotranspiração potencial, características que contribuem para um balanço

hídrico negativo e acentuam o risco de déficit hídrico em culturas sensíveis como a *Lactuca sativa*. Essa combinação de baixa precipitação, irregularidade pluviométrica e alta evapotranspiração dificulta a reposição de água no solo e reforça a dependência da irrigação para garantir rendimento e qualidade produtiva no cultivo de hortaliças (Silva et al., 2022; Santos; Montenegro, 2012).

No contexto do semiárido, a produção agrícola é frequentemente limitada pela disponibilidade e qualidade da água, tornando essencial o uso de sistemas de irrigação eficientes. Entre as técnicas de irrigação, o gotejamento tem sido amplamente recomendado em cultivos protegidos por permitir melhor controle da lâmina aplicada e maior eficiência do uso da água no solo próximo às raízes, especialmente onde a água é recurso escasso e estratégico para a agricultura (Michelon et al., 2020).

O desempenho agrônômico da alface depende de condições ambientais e práticas culturais que afetam parâmetros morfológicos, fisiológicos e bioquímicos. A disponibilidade hídrica é crucial para processos como fotossíntese, expansão celular, absorção de nutrientes e acúmulo de biomassa (Urbano Júnior; Oliveira Neto, 2021). O déficit hídrico provoca respostas adaptativas, incluindo fechamento estomático, redução da transpiração e fotossíntese, ajustes osmóticos e alocação de assimilados que favorecem o crescimento radicular em detrimento da parte aérea. Essas respostas adaptativas podem reduzir a área foliar, a biomassa fresca e comprometer a qualidade comercial da alface, reforçando a importância de estratégias de manejo hídrico adequadas para maximizar o rendimento sob condições de menor disponibilidade de água.

Paralelamente, a densidade de plantio influencia o desenvolvimento e a produtividade, regulando a competição por luz, água e nutrientes. Plantios mais espaçados favorecem o crescimento individual, enquanto maiores densidades podem aumentar a produtividade por área, embora reduzam parâmetros biométricos individuais (Ceconello et al., 2020; Mettifogo, 2019). O equilíbrio entre densidade ideal e disponibilidade hídrica continua sendo um desafio agrônômico, principalmente em sistemas orgânicos sob clima semiárido.

A compreensão das respostas da *Lactuca sativa* L. ao manejo da irrigação e da densidade de plantio em condições de cultivo orgânico no semiárido é fundamental para o desenvolvimento de sistemas produtivos mais eficientes e resilientes (Andrade Júnior; Duarte; Ribeiro, 1992). A disponibilidade limitada de água e as altas temperaturas típicas da região tornam essenciais estratégias alternativas que promovam a sustentabilidade e a adaptação climática das hortas (Terassi et al., 2024). De tal maneira que estudos nessa vertente servirão para subsidiar práticas agrícolas em hortas familiares, escolares e comunitárias, fortalecendo a produção agroecológica e a segurança alimentar regional, ao mesmo tempo em que incentivam o uso racional da água, recurso estratégico e escasso no semiárido.

A presente pesquisa teve como objetivo avaliar o desenvolvimento morfométrico, respostas fisiológicas e a produção de biomassa de plantas de *Lactuca sativa* submetidas a diferentes níveis de estresse hídrico e densidade de plantio.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Aspectos botânicos e morfológicos da *Lactuca sativa* L.

A alface *Lactuca sativa* L. é uma hortaliça herbácea pertencente à família Asteraceae, derivada de espécies silvestres de clima temperado originárias da Ásia e da Europa, compartilhando ancestralidade botânica com a chicória e o almeirão (Melo et al., 2020). Trata-se de uma espécie amplamente domesticada, cuja adaptação a diferentes ambientes e sistemas produtivos consolidou sua importância agrônômica. Segundo Filgueira (2008, apud Aires, 2019), a planta apresenta caule reduzido e não lenhoso, que sustenta folhas amplas, delicadas e organizadas em roseta, variando em coloração do verde claro ao roxo intenso conforme a cultivar, manejo adotado e condições ambientais (Barros; Cavalcante, 2021).

Do ponto de vista nutricional, por ser consumida predominantemente crua, a alface preserva integralmente os compostos bioativos e micronutrientes naturalmente presentes nos tecidos foliares. Constitui fonte relevante de minerais essenciais, como cálcio, ferro, magnésio, fósforo, potássio e sódio, além de vitaminas (C, B1, B2 e B5) e fitoquímicos associados à saúde humana. Sua elevada disponibilidade, baixo custo, sabor suave e versatilidade culinária justificam o fato de ser a hortaliça folhosa mais consumida no Brasil (Maggi, 2006), integrando rotineiramente sistemas alimentares familiares, escolares e institucionais.

A espécie apresenta notável plasticidade fenotípica, manifestada em ampla variação morfológica relacionada à textura, formato, tamanho e coloração das folhas. Essa diversidade torna fundamental sua classificação em grupos varietais que compartilham características físicas e fisiológicas semelhantes. A expressão plena desses caracteres depende diretamente de condições ambientais adequadas, especialmente luminosidade, umidade do ar, disponibilidade hídrica, pH do solo e oferta equilibrada de nutrientes, fatores que condicionam o crescimento e o desempenho da planta ao longo do ciclo produtivo (Lobato, 2024). Assim, a interação entre genética e ambiente desempenha papel central na definição da produtividade e da qualidade comercial.

Entre as variedades mais cultivadas no território nacional, destacam-se grupos com características distintas: a repolhuda lisa, com folhas oleosas e cabeça compacta; a repolhuda

crespa ou americana, de textura crocante e elevada densidade foliar; a solta lisa, com folhas tenras e sem formação de cabeça; a solta crespa e sua variante roxa, ambas caracterizadas por consistência crocante, coloração verde ou arroxeada e ausência de cabeça; e a alface tipo romana, marcada por folhas longas e rígidas, formando cabeças alongadas de elevado valor comercial (Henz; Suinaga, 2009). Essa diversidade varietal atende diferentes demandas de mercado, sistemas de cultivo e preferências do consumidor, reafirmando a importância socioeconômica da cultura.

2.2 Ciclo de vida e fases de desenvolvimento

Assim como em outras espécies hortícolas, a produção de mudas vigorosas e plantas adultas saudáveis está diretamente associada a um conjunto de fatores intrínsecos e extrínsecos que regulam o desempenho fisiológico e o estabelecimento inicial. Entre os fatores intrínsecos, destacam-se as características genéticas, a expressão do genótipo, a integridade física das sementes e sua qualidade fisiológica e sanitária, que determinam o potencial germinativo e a uniformidade do estande. Do ponto de vista extrínseco, condições ambientais como temperatura, luminosidade, disponibilidade hídrica, composição e manejo da adubação, condicionamento osmótico e idade fisiológica das sementes exercem influência significativa sobre os processos germinativos, crescimento inicial e desenvolvimento subsequente das plantas (Nascimento; Croda; Lopes, 2012). A interação entre esses fatores determina a eficiência do estabelecimento das mudas e a expressividade dos caracteres produtivos ao longo do ciclo.

A alface apresenta um ciclo de desenvolvimento de aproximadamente 130 dias, estruturado em quatro fases fisiológicas distintas. O estágio vegetativo, que se estende até cerca de 35 dias após o plantio (DAP), caracteriza-se pela formação intensa de folhas, caule reduzido e arquitetura em roseta, etapa essencial para a definição do potencial produtivo da cultura. Entre 35 e 75 DAP, inicia-se o estágio de hasteamento ou pendoamento, marcado pelo alongamento acelerado do caule e pela transição do metabolismo vegetativo para o reprodutivo, momento no qual a planta perde qualidade comercial devido ao aumento da lignificação e ao acúmulo de substâncias amargas. Em seguida, no período aproximado de 75 a 95 dias, instala-se o estágio de inflorescência, no qual o caule já erguido se ramifica e inicia a formação dos capítulos florais. Por fim, entre 95 e 125 dias, ocorre o estágio de floração, seguido pela polinização e pelo desenvolvimento e maturação das sementes, as quais atingem viabilidade máxima cerca de duas semanas após a antese (Chen et al., 2014).

A compreensão desses estágios evidencia que a produtividade e a qualidade final da alface dependem de manejo rigoroso e contínuo ao longo de todo o ciclo, dada a interdependência

funcional entre as fases fenológicas. No estudo realizado por Vazquez (1986), observou-se que o estágio vegetativo representou o período mais crítico para cultivos destinados ao consumo in natura, pois a planta direciona seus recursos fisiológicos para a expansão foliar, determinante para textura, suculência e massa comercial. Nessa fase, foi possível observar que a irrigação adequada, luminosidade moderada, fertilidade equilibrada e ausência de estresses bióticos ou abióticos são essenciais para a formação de folhas macias e atrativas, que agregam valor comercial ao produto. O estágio de pendoamento, por sua vez, configura-se como o principal ponto de vulnerabilidade da produção, visto que fatores como altas temperaturas, déficit hídrico ou desbalanço nutricional aceleram a transição reprodutiva, comprometendo severamente a qualidade sensorial e a vida útil no campo. Consequentemente, grande parte das estratégias de manejo em cultivos comerciais visa retardar ou mitigar o pendoamento precoce.

Em sistemas destinados à produção de sementes, entretanto, o pendoamento passa a ser um processo desejável e necessário. Nesses casos, o manejo é manipulado de modo a favorecer a indução reprodutiva, com maior exposição à luminosidade, temperaturas elevadas e leve redução da irrigação, garantindo expressão plena e acelerando o ciclo reprodutivo (Aires, 2019). Durante as fases de inflorescência e floração, embora a planta já não tenha valor comercial como hortaliça, o manejo permanece fundamental para assegurar a formação adequada dos capítulos florais, a produção de sementes com elevada viabilidade fisiológica e a redução da incidência de patógenos. Portanto, compreender a dinâmica fenológica da cultura e ajustar as práticas de manejo conforme o objetivo, produção de folhas ou de sementes, é essencial para otimizar produtividade, qualidade e rentabilidade ao longo de toda a safra.

2.3 Fisiologia vegetal e crescimento

Compreende-se a fisiologia vegetal como o ramo da botânica dedicado a investigar os processos vitais que sustentam o crescimento, o desenvolvimento e a manutenção das plantas. Esse campo analisa, em níveis celular, tecidual e orgânico, os mecanismos físico-químicos que regulam desde a absorção de água e nutrientes até processos complexos como fotossíntese, respiração, translocação de fotoassimilados, síntese de hormônios e respostas adaptativas a estímulos ambientais. A fisiologia vegetal, portanto, estabelece a ponte conceitual entre a estrutura e a função, elucidando como componentes anatômicos, sistemas metabólicos e sinais ambientais se integram para produzir o desempenho observado ao longo do ciclo de vida das plantas (Taiz et al., 2017).

Dentre os aspectos fisiológicos mais abordados na cultura de alface temos a fotoblastia positiva, que segundo os mesmos autores, é uma característica que evidencia elevada sensibilidade

à luz durante o processo germinativo, fator determinante para a ativação fisiológica das sementes. A incidência luminosa atua como sinal ambiental primário, promovendo a ativação do fitocromo e desencadeando respostas hormonais que regulam a transição da dormência para a germinação, sobretudo por meio do aumento na síntese de giberelinas e da redução nos níveis de ácido abscísico, hormônio associado à manutenção do estado dormente. O equilíbrio entre esses reguladores de crescimento viabiliza a formação da radícula e o estabelecimento inicial da plântula. Na sequência, o desenvolvimento do sistema radicular passa a ser fortemente influenciado pela auxina, hormônio responsável pela indução e diferenciação dos pelos radiculares, estruturas fundamentais para a absorção eficiente de água e nutrientes, conferindo maior capacidade de adaptação e rápido estabelecimento das mudas em condições de cultivo.

A fotossíntese constitui o processo central na fisiologia da alface e das demais plantas cultivadas, por converter energia luminosa em energia química armazenada sob a forma de carboidratos. Ocorre nos cloroplastos, envolvendo tanto as reações fotoquímicas nos tilacóides quanto o ciclo de fixação de carbono no estroma. A absorção de luz por pigmentos fotossintéticos direciona o fluxo de elétrons necessário à síntese de ATP e NADPH, moléculas fundamentais para a fixação do CO₂ atmosférico. A eficiência dessa etapa condiciona diretamente o crescimento vegetativo, o acúmulo de biomassa e a formação de novas folhas, que constituem o principal produto comercial da cultura (Taiz et al., 2017).

Os fotoassimilados produzidos durante a fotossíntese são utilizados em processos de expansão celular, deposição de matéria seca e aumento da massa fresca foliar. Assim, quanto maior a taxa de fotossíntese líquida, maior a disponibilidade de energia e carbono para o crescimento, refletindo em plantas mais vigorosas e produtivas. Esse mecanismo evidencia que o acúmulo de biomassa está intrinsecamente associado tanto à eficiência metabólica quanto à disponibilidade de nutrientes no solo. A alface, devido ao metabolismo acelerado e à elevada taxa de crescimento, apresenta alta demanda de nitrogênio, cálcio e potássio, sendo estes determinantes para formação de folhas suculentas, firmeza estrutural, qualidade comercial e resistência a distúrbios fisiológicos. Segundo Torres et al. (2015), suprimentos adequados e balanceados desses nutrientes resultam em maior acúmulo de matéria fresca e seca, reforçando a interdependência entre processos bioquímicos, fisiológicos e condições ambientais no desempenho final da cultura.

2.4 Estresse hídrico

A água constitui um dos elementos fundamentais para a existência e o funcionamento

dos organismos vivos, desempenhando papel indispensável em processos metabólicos, fisiológicos e bioquímicos essenciais à manutenção da vida. Nas plantas, é componente estrutural e funcional, participando de eventos que incluem fotossíntese, respiração, transporte de solutos, manutenção do turgor celular, expansão foliar e sinalização hormonal. A indisponibilidade desse recurso compromete profundamente tais mecanismos, afetando o crescimento, a sobrevivência e a expressão do potencial produtivo das plântulas e de seus tecidos especializados (Martins et al., 2008).

O estresse hídrico caracteriza-se como uma condição adversa resultante da redução da disponibilidade de água no solo em relação à demanda evaporativa da planta. Essa condição provoca diminuição da absorção de água e nutrientes, queda da condutância estomática, comprometimento do metabolismo fotossintético e alterações na homeostase iônica e na integridade das membranas celulares (Campos; Santos; Nacarath, 2021). Culturas pertencentes à família Asteraceae, como alface (*Lactuca sativa* L.), chicória (*Cichorium intybus*), escarola (*Cichorium endivia*), almeirão/radite (*Cichorium sp.*) e alcachofra (*Cynara cardunculus var. scolymus*), compartilham elevada sensibilidade à variação hídrica devido à predominância de tecidos foliares suculentos e com alta relação área/volume, o que as torna particularmente vulneráveis à perda de água (Martinez; Ferrarezi; Damaceno, 2022).

Vale destacar que, os prejuízos decorrentes do déficit hídrico envolvem uma série de eventos fisiológicos interdependentes. A queda do potencial hídrico induz a redução imediata da pressão de turgor, parâmetro determinante para a expansão celular e para o crescimento das folhas, estruturas de maior valor comercial em espécies como alface, escarola e chicória. A desidratação celular promove concentração iônica no citoplasma, podendo gerar citotoxicidade e distúrbios metabólicos. Segundo Taiz et al. (2017), o estresse hídrico estimula o acúmulo de ácido abscísico (ABA), hormônio responsável pelo fechamento estomático, o que reduz a entrada de CO₂ e compromete a fotossíntese, afetando diretamente a produção de carboidratos essenciais para o crescimento vegetativo.

Na alface e em outras hortaliças folhosas da família Asteraceae, cuja qualidade comercial depende da integridade e suculência das folhas, a redução do turgor leva rapidamente ao murchamento, à diminuição da área foliar e ao comprometimento da formação de estruturas típicas, como a roseta (no caso da alface e do almeirão) ou das folhas basais amplas e texturizadas (como observado em escarola e chicória). A menor expansão foliar reduz a capacidade de interceptação luminosa, resultando em queda da taxa fotossintética e, conseqüentemente, do acúmulo de biomassa. Assim, o estresse hídrico limita de forma sistêmica o potencial produtivo dessas espécies, afetando desde a morfogênese até a qualidade sensorial, como textura, crocância e

coloração (Kleiber et al., 2021; Urbano Júnior; Oliveira Neto, 2021).

Considerando essas limitações fisiológicas, o manejo hídrico eficiente torna-se fundamental para otimizar o cultivo de espécies da família Asteraceae, especialmente em ambientes semiáridos, onde a disponibilidade de água é naturalmente limitada e o uso desse recurso precisa ser rigorosamente controlado (Leite; Barros Júnior; Oliveira, 2011). Tecnologias baseadas em monitoramento contínuo da umidade do solo, utilizando sensores de baixo custo, demonstram elevada eficiência ao permitir que a irrigação seja aplicada apenas conforme a necessidade real da cultura, reduzindo desperdícios e mantendo condições ideais para o crescimento (Abdelmoneim et al., 2025).

Além disso, métodos inovadores como a subirrigação por capilaridade, utilizando subcamadas de areia úmida na produção de mudas, têm apresentado resultados promissores, reduzindo o consumo hídrico sem comprometer o vigor inicial das plantas (Leite; Barros Júnior; Oliveira, 2011). Outra estratégia amplamente estudada é o uso de água residuária tratada em sistemas de gotejamento, técnica sustentável que diminui a demanda por água potável e, quando manejada adequadamente, não interfere negativamente no desenvolvimento de alface, chicória ou escarola (Juchen; Suszek; Boas, 2013). A integração dessas práticas evidencia que o manejo hídrico racional, fundamentado em monitoramento, reposição precisa e reaproveitamento de recursos, é determinante para garantir produtividade, qualidade e sustentabilidade no cultivo de hortaliças da família Asteraceae em regiões de baixa disponibilidade hídrica, tendo em vista que diferentes estudos comprovam os impactos comerciais no ciclo de produção (Marques, 2024; Paim, 2020; Urbano Júnior; Oliveira Neto, 2021).

2.5 Densidade de plantio

O processo de adensamento no plantio constitui uma estratégia agrônômica amplamente utilizada com o propósito de otimizar o uso do espaço disponível e aumentar a eficiência produtiva, especialmente em sistemas hortícolas de pequeno porte e elevada demanda comercial, como o cultivo de alface. Em cenários onde a área cultivada é limitada, a redução do espaçamento entre plantas permite elevar a densidade populacional e, conseqüentemente, incrementar a produção por unidade de área (Cecconelo et al, 2020). Essa prática tem se tornado cada vez mais frequente tanto em cultivos convencionais quanto em cultivos orgânicos, cuja dinâmica de manejo requer atenção redobrada devido à ausência de insumos químicos, maior dependência de adubações orgânicas e maior sensibilidade às interações bióticas e abióticas. Lima et al. (2021) reforçam que, embora o adensamento seja uma ferramenta promissora para elevar a produtividade, sua aplicação exige análise criteriosa das condições ecológicas e nutricionais do ambiente de cultivo, uma vez que o

estresse competitivo pode ser intensificado em sistemas orgânicos.

Apesar das vantagens econômicas associadas ao maior número de plantas por área, o adensamento pode gerar limitações expressivas ao desenvolvimento individual das hortaliças, sobretudo em espécies da família Asteraceae, como a alface, cuja porção comercial é constituída pela roseta foliar. Tavares et al. (2016) destacam que a alta densidade de plantio intensifica a competição intraespecífica por recursos essenciais, como luz, água e nutrientes. O sombreamento provocado por plantas vizinhas altera profundamente o microclima e a distribuição de radiação fotossinteticamente ativa (RFA) dentro do dossel, desencadeando mecanismos fisiológicos de evitação da sombra. Segundo Taiz et al. (2017), tais mecanismos incluem alterações morfofisiológicas reguladas por fitormônios, como o alongamento do caule e pecíolos, redução da ramificação e reorganização da arquitetura foliar, respostas induzidas pelo balanço espectral entre radiação vermelha e vermelho-distante (R/FR), percebido pelo fitocromo. Essas respostas, embora adaptativas, desviam recursos do crescimento foliar, comprometendo a formação da roseta e reduzindo o rendimento individual.

Vale destacar que, o manejo do espaçamento exerce efeitos divergentes sobre a produtividade, dependendo da escala de análise e do objetivo produtivo. Em densidades menores, plantas de alface apresentam maior desenvolvimento individual devido à menor competição por recursos edáficos e luminosos, resultando em rosetas mais amplas e maior massa individual. Cecconello et al. (2020) observaram que espaçamentos mais amplos favorecem o crescimento vegetativo, aumentam o diâmetro da planta e promovem folhas mais expandidas, refletindo diretamente no rendimento por indivíduo. No entanto, para sistemas cujo objetivo é maximizar a produção total por área, como cultivos intensivos, hortas comerciais urbanas e sistemas orgânicos de alta demanda, espaçamentos reduzidos tornam-se vantajosos, pois o aumento no número de plantas por metro quadrado compensa a redução do tamanho individual. Além disso, o cultivo mais adensado favorece o sombreamento do solo, diminuindo a emergência de plantas espontâneas e reduzindo a temperatura superficial, o que contribui para a conservação da umidade e criação de microclimas mais estáveis.

Ferreira et al. (2017) demonstram que o incremento na densidade populacional promove expressiva competição entre plantas, resultando em redução da massa aérea individual. Esse efeito está diretamente ligado à morfologia da alface, cuja parte comercial depende da capacidade de expansão foliar e da formação completa da roseta. Em sistemas adensados, a limitação de luz, água e nutrientes restringe a fotossíntese, diminui a disponibilidade de fotoassimilados, reduz o diâmetro da planta e compromete a arquitetura foliar. Consequentemente, ainda que a produtividade total por área possa aumentar devido ao maior número de indivíduos, cada planta tende a apresentar

folhas menores, menor área foliar e menor acúmulo de biomassa.

Estudos adicionais reforçam esse padrão. Marcelis e Heuvelink (2019), ao analisarem espécies folhosas cultivadas sob diferentes densidades, verificaram reduções consistentes na massa fresca individual à medida que o adensamento aumentava, confirmando que a competição por luz é o principal fator limitante em espécies cuja parte comercial é predominantemente foliar. Em alface, fenômeno semelhante foi descrito por Pôrto et al. (2012), que relatam queda no número foliar e na massa individual em densidades elevadas, mesmo quando a produtividade por área aumenta significativamente.

Assim, o impacto do adensamento no cultivo da alface e de outras hortaliças folhosas da família Asteraceae, evidencia um trade-off entre rendimento individual e rendimento por área. A escolha do espaçamento ideal deve considerar o objetivo produtivo, as condições edafoclimáticas, o sistema de cultivo (orgânico ou convencional), a disponibilidade de recursos e a arquitetura específica da cultivar utilizada. Dessa forma, o manejo da densidade populacional se configura como um dos fatores mais determinantes na definição do desempenho agrônomo, atuando diretamente sobre a morfogênese, fisiologia, eficiência produtiva e sustentabilidade do sistema agrícola.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Local do experimento

O experimento foi conduzido no período de outubro de 2025 à janeiro de 2026 na casa de vegetação (Figura 1) do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte (IFRN), Campus Pau dos Ferros, localizado no município de Pau dos Ferros, RN, Brasil, nas coordenadas geográficas aproximadas de 6°08'43" S de latitude e 38°12'09" W de longitude, com altitude média de 230,46 m. A região está inserida no semiárido nordestino, apresentando clima do tipo BSh, ou seja, que segundo a classificação de Köppen-Geiger, é definido como semiárido quente e seco, caracterizado por chuvas escassas e irregularmente distribuídas ao longo do ano, baixa humidade relativa do ar e temperaturas elevadas (Köppen; Geiger, 1936; Alvares et al., 2013).

A precipitação média anual da região é em torno de 800 mm, concentrada principalmente entre os meses de fevereiro e maio, enquanto a temperatura média anual situa-se em aproximadamente 27 °C, com elevada evapotranspiração potencial, características típicas do semiárido do estado do Rio Grande do Norte. Os solos predominantes na região são, em geral,

rasos a moderadamente profundos, apresentando baixa fertilidade natural, textura variando de arenosa a franco-arenosa, e limitada capacidade de retenção de água, o que os torna suscetíveis ao estresse hídrico, conforme descrito para ambientes semiáridos do Nordeste brasileiro (Sá; Silva, 2010).

Figura 1 - Visão geral do viveiro de produção de mudas do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte (IFRN), Campus Pau dos Ferros, RN, destacando a estrutura utilizada para a condução do experimento (A) e a vista aérea do viveiro, evidenciando sua organização espacial e inserção no campus (B).



Fonte: Autores (2026)

3.2 Preparo dos canteiros, semeadura, tratamentos, transplante e manejo hídrico

A produção das mudas de alface (*Lactuca sativa* L.) foi realizada em ambiente protegido, utilizando copos plásticos para a semeadura e desenvolvimento inicial (Figura 3). Em cada copo foram semeadas duas sementes de alface crespa (*Lactuca sativa* L.), cultivar Itapuã Super (Figura 2), obtidas de fornecedor nacional, conforme informações do fabricante., sendo posteriormente realizado o desbaste, mantendo apenas a plântula mais vigorosa por recipiente, garantindo uniformidade e vigor das mudas (Silva et al., 2025). A germinação ocorreu entre 8 e 20 de outubro de 2025, e as mudas permaneceram em viveiro até 7 de dezembro de 2025, quando apresentavam de três a quatro folhas definitivas e sistema radicular bem desenvolvido, critérios adotados para o transplante. Durante esta fase, a irrigação foi diária, preferencialmente no início da manhã ou final da tarde, para assegurar adequada disponibilidade hídrica, reduzir perdas por evaporação e minimizar estresse térmico e incidência de doenças foliares (Koetz et al., 2006).

Figura 2 - Identificação comercial das sementes de alface crespa (*Lactuca sativa* L.), cultivar Itapuã Super, utilizadas no desenvolvimento do experimento.



Fonte: Autores, 2026

Figura 3 – Visão geral das mudas durante a fase de germinação, cultivadas em recipientes individuais na casa de vegetação do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte (IFRN), Campus Pau

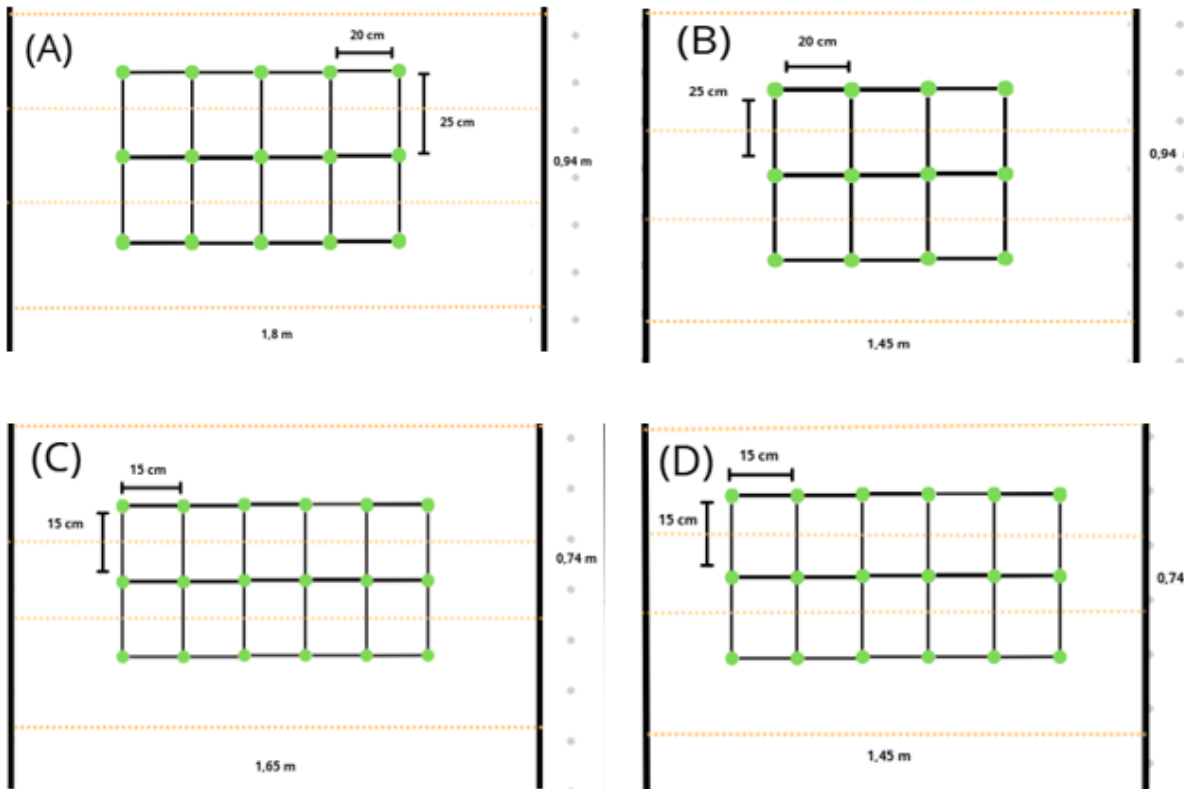
dos Ferros, evidenciando a uniformidade inicial das plântulas e as condições controladas de cultivo.



Fonte: Autores (2026)

Paralelamente, foram construídos quatro canteiros experimentais, sendo identificados pela letra C seguida do número correspondente à ordenação estabelecida nos tratamentos aplicados. Assim, foi realizado o delineamento com dimensões específicas para cada tratamento: C0 ($1,80 \times 0,94$ m), C1 ($1,45 \times 0,94$ m), C2 ($1,65 \times 0,74$ m) e C3 ($1,45 \times 0,74$ m) (Figura 4). Considerando que o sistema radicular da alface se desenvolve principalmente nos primeiros 25 cm do solo (Campos, 2020), realizou-se a aeração do substrato até 30 cm, visando favorecer o crescimento radicular, melhorar a infiltração de água e aumentar a oxigenação.

Figura 4 – Representação esquemática dos tratamentos experimentais adotados no cultivo de *Lactuca sativa* L., correspondentes aos canteiros C0 (A), C1 (B), C2 (C) e C3 (D), diferenciados em função do manejo hídrico e da densidade de plantio.



Fonte: Autores (2026)

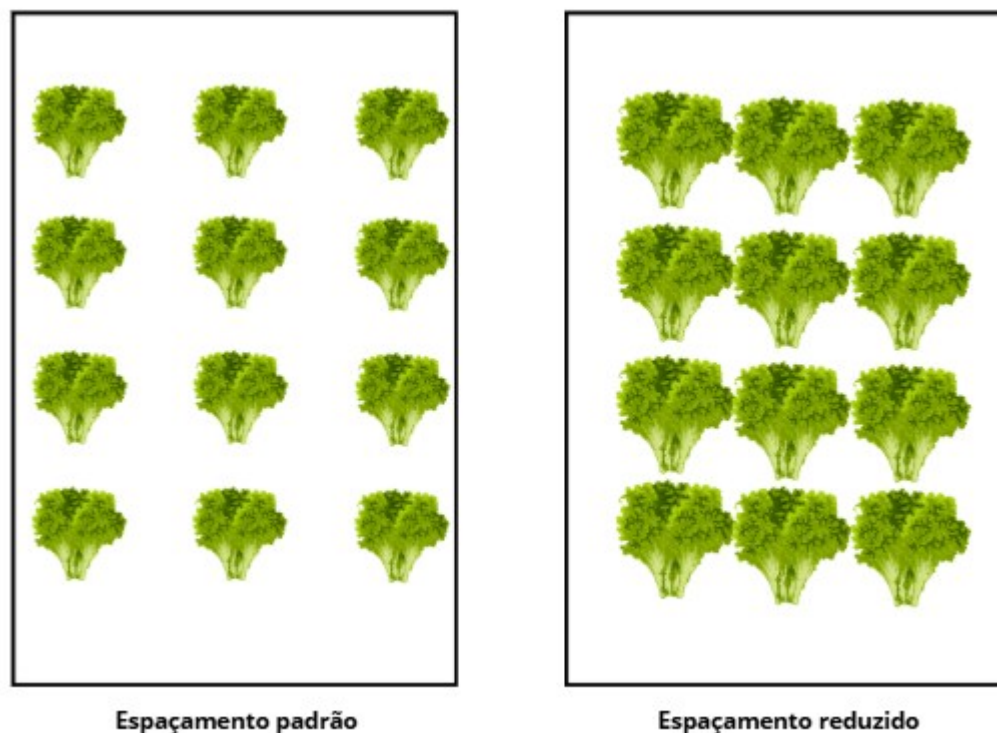
O substrato dos canteiros foi preparado com areia, esterco bovino curtido e palha de arroz na proporção volumétrica 4 medidas de areia para 4 de esterco curtido, para 2 de palha de arroz, homogeneizados manualmente em carro de mão, garantindo mistura uniforme sem formação de torrões ou segregação de componentes, proporcionando adequada drenagem, estrutura física e fornecimento de nutrientes essenciais (Botelho et al., 2020).

O transplante das mudas ocorreu em 7 de dezembro de 2025, no final da tarde, horário de temperatura amena, visando reduzir estresse hídrico e térmico. As mudas foram distribuídas conforme os tratamentos: C0 com espaçamento de 20 × 25 cm (controle), C1 com mesmo espaçamento, C2 e C3 em adensamento com 15 cm entre plantas e entre linhas. Cada tratamento contou com três repetições, delimitadas com barbantes para organização, sem interferir no desenvolvimento das plantas.

O manejo hídrico variou conforme os tratamentos: C0 recebeu irrigação diária (controle); C1 foi submetido a estresse hídrico, com redução da frequência de irrigação para rega em dias alternados; C2 recebeu irrigação diária em alta densidade; C3 combinou irrigação em dias alternados

e cultivo em alta densidade (Silva et al., 2019; Koetz et al., 2006). As mudas utilizadas foram previamente selecionadas com base em melhor aspecto visual durante a germinação, garantindo uniformidade inicial e confiabilidade dos resultados.

Figura 5 - Representação visual do cultivo em espaçamento padrão e adensado.



Fonte: Autores (2026)

3.3 Parâmetros avaliados

A avaliação dos efeitos da densidade de plantio e do manejo hídrico sobre o desenvolvimento da alface foi realizada com base em parâmetros morfológicos e biométricos amplamente utilizados em estudos de crescimento vegetal e produtividade da cultura (Filgueira, 2013; Taiz et al., 2017). As avaliações foram conduzidas ao final do ciclo de cultivo (28 dias), utilizando-se a média de cada repetição em seus respectivos tratamentos, de modo que a delimitação do período experimental concentrou-se na fase vegetativa e no início da transição fenológica, com o objetivo de avaliar os efeitos dos tratamentos em um momento em que o crescimento ainda ocorre de forma predominantemente vegetativa e comparável, permitindo verificar se manejos específicos retardam ou aceleram a fase reprodutiva.

A altura (H) das plantas foi determinada pela medição da distância entre o nível do substrato e o ápice da folha mais desenvolvida, utilizando-se régua graduada, sendo os valores

expressos em centímetros (cm), conforme metodologia adotada em estudos com hortaliças folhosas (Filgueira, 2013). O diâmetro do coleto (DC) foi mensurado na região basal da planta, próxima à superfície do substrato, com o auxílio de paquímetro digital, sendo os resultados expressos em milímetros (mm), permitindo a obtenção precisa da espessura do eixo caulinar, parâmetro frequentemente associado ao vigor vegetativo (Benincasa, 2003).

Figura 6 – Instrumentos e materiais utilizados na coleta de dados experimentais, incluindo mudas de *Lactuca sativa* L. e equipamentos para medições morfométricas.



Fonte: Autores (2026)

O número de folhas por planta foi obtido por contagem manual, considerando-se apenas as folhas plenamente expandidas e visualmente saudáveis, desconsiderando-se folhas senescentes ou em processo de abscisão, conforme recomendação metodológica para a cultura da alface (Urbano Júnior; Oliveira Neto, 2021).

Para a determinação da biomassa fresca da parte aérea (BAF) e do sistema radicular (BRF), expressas em gramas (g), as plantas foram colhidas manualmente, imediatamente separadas em parte aérea e raízes e pesadas em balança semianalítica da marca Marte Científica, modelo AD4200, classe II, com capacidade máxima de 4210 g e resolução de 0,01 g, devidamente verificada conforme normas do INMETRO. A pesagem foi realizada logo após a colheita, com o objetivo de minimizar perdas de água por transpiração e garantir maior confiabilidade dos dados obtidos, conforme metodologia descrita por Benincasa (2003). Em seguida, o material vegetal foi acondicionado e submetido à secagem em estufa de circulação de ar forçado, marca Tecnal, modelo TE-394/3 MP, operando a 220 V e com potência de 4000 W, à temperatura média de 65 °C, até atingir peso constante, o que ocorreu após aproximadamente 48 horas. Esse procedimento possibilitou a determinação da massa seca da parte aérea (BAS) e do sistema radicular (BRS), parâmetro essencial para a avaliação da produção e distribuição de biomassa vegetal (Taiz et al.,

2017).

Figura 7 – Materiais utilizados durante o processo de contabilização dos dados experimentais, incluindo estufa e balança digital: A – Alfaces durante etapa de secagem na estufa; B – Visualização da parte aérea e radicular secas; C – Pesagem da parte aérea e radicular.



Fonte: Autores (2026)

A partir desses parâmetros, foi possível quantificar de forma precisa o crescimento das plantas e a alocação de biomassa entre os diferentes compartimentos vegetativos, fornecendo subsídios consistentes para a análise dos efeitos isolados e combinados da densidade de plantio e do manejo da irrigação sobre o desempenho da cultura da alface.

3.4 Análise de dados

A análise dos dados foi realizada com base em registros semanais e avaliações finais dos parâmetros das plantas de alface, incluindo altura, diâmetro do coleto, número de folhas, massa fresca da parte aérea e do sistema radicular, bem como massa seca da parte aérea e das raízes, ao longo do ciclo experimental, com o objetivo de avaliar os efeitos da densidade de plantio e do manejo hídrico sobre o crescimento e o desenvolvimento da cultura.

Inicialmente, os dados obtidos foram organizados e tabulados em planilhas eletrônicas no Microsoft Excel, sendo calculadas as médias por repetição em cada tratamento (C0, C1, C2 e C3). Em seguida, os dados foram submetidos à verificação dos pressupostos estatísticos, por meio de testes de normalidade dos resíduos e homogeneidade das variâncias. Atendidos esses pressupostos,

procedeu-se à análise estatística no software Sisvar versão 5.6, utilizando-se a análise de variância (ANOVA). Quando constatadas diferenças significativas entre os tratamentos, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey, adotando-se o nível de significância de 5% ($p \leq 0,05$).

Para complementar a avaliação do comportamento temporal das variáveis morfológicas, foram ajustados modelos de regressão, considerando-se o nível de significância de 5%, relacionando os valores médios aos períodos de avaliação, o que possibilitou a identificação de padrões de crescimento ao longo das semanas.

A fim de incrementar a avaliação do padrão de crescimento observado ao fim do ciclo, realizou-se o cálculo do crescimento absoluto das variáveis morfométricas altura, diâmetro do caule e número de folhas. O crescimento absoluto (CA) foi determinado pela diferença entre os valores final (Vf) e inicial (Vi), conforme a Equação 1:

$$CA = Vf - Vi$$

De modo semelhante, o crescimento relativo (CR) foi utilizado de forma complementar para avaliar o incremento proporcional das variáveis morfométricas ao longo do período experimental, considerando o tamanho inicial das plantas. O CR foi determinado pela razão entre o crescimento absoluto (CA) e o valor inicial (Vi) da variável avaliada, conforme apresentado na Equação 2:

$$CR = (Vf - Vi) / Vi$$

3.5 Análise e avaliação do aspecto visual das plântulas

A avaliação do desenvolvimento da alface ao longo do experimento foi conduzida combinando a análise individual das plantas com a observação geral dos canteiros, de modo a permitir uma compreensão mais integrada das respostas da cultura às condições de manejo adotadas. A análise individual ocorreu por meio de registros fotográficos, e envolveu a seleção de plantas representativas em cada canteiro, nas quais foram observados aspectos como vigor, padrão de crescimento, expansão e disposição das folhas, coloração e uniformidade morfológica, além das variáveis quantitativas definidas previamente no delineamento experimental. Essa abordagem possibilitou identificar respostas específicas das plantas, especialmente nas fases iniciais de desenvolvimento, em que alterações morfofisiológicas tendem a se manifestar de forma mais sutil.

Paralelamente, a avaliação geral dos canteiros teve caráter predominantemente visual e comparativo, considerando a homogeneidade nos tratamentos, a regularidade do crescimento entre plantas, a presença de falhas, desuniformidades ou sinais visíveis de estresse, especialmente os sinais de pendoamento. Essa observação em nível de canteiro mostrou-se fundamental para interpretar o comportamento coletivo das plantas, particularmente em uma cultura de ciclo curto como a

alface, na qual diferenças no manejo frequentemente se refletem primeiro na aparência geral e no vigor do cultivo antes de se traduzirem em alterações mais expressivas nos parâmetros biométricos. A integração dessas duas abordagens permitiu relacionar as observações visuais com os dados quantitativos obtidos, contribuindo para uma análise mais coerente e contextualizada dos resultados, assim como realizado no estudo de Fontana (2016).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Análise de variância (ANOVA) dos parâmetros morfométricos iniciais

A ANOVA indicou que os tratamentos não exerceram efeito significativo sobre a altura das plantas, o diâmetro do caule e o número de folhas ($p > 0,05$) (Tabela 1), demonstrando que, nas condições experimentais adotadas, as mudas de *Lactuca sativa* L. apresentaram comportamento de crescimento semelhante independentemente do tratamento aplicado. Esse resultado pode estar associado à curta duração do experimento (28 dias) e ao fato de que, na fase inicial de desenvolvimento, o crescimento das mudas é predominantemente controlado por fatores fisiológicos intrínsecos à espécie, especialmente quando cultivadas sob condições ambientais homogêneas.

Por outro lado, o fator tempo após a semeadura influenciou significativamente todas as variáveis analisadas ($p < 0,05$), evidenciando que as variações observadas no crescimento das mudas estão fortemente relacionadas à dinâmica natural de desenvolvimento vegetal ao longo do ciclo inicial. Esse comportamento reforça a importância do fator temporal em estudos de crescimento, sobretudo em hortaliças folhosas.

Tabela 1- Análise de variância (ANOVA) para altura das plantas, diâmetro do caule e número de folhas de mudas de *Lactuca sativa* L., cultivadas sob diferentes condições de manejo hídrico e densidade de plantio, ao longo de 28 dias após a semeadura.

Fonte de variação	GL	Altura (cm)	Diâmetro do caule (mm)	Número de folhas
Tratamento	3	ns	ns	ns
Tempo (dias)	4	**	**	**
Erro	52			
CV (%)		48,45	19,30	19,96

ns = não significativo ($p > 0,05$); ** = significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.

4.2 Avaliação das variáveis morfométricas em função dos diferentes tratamentos

A avaliação das variáveis morfométricas das mudas de *Lactuca sativa* L. em função dos tratamentos não evidenciou diferenças estatisticamente significativas para a altura das plantas, o diâmetro do caule e o número de folhas (Tabela 2). Esse resultado indica que, durante o período experimental, os tratamentos avaliados não foram suficientes para promover alterações

mensuráveis no crescimento das mudas.

A ausência de efeito significativo pode estar associada à curta duração do experimento, limitada à fase inicial de desenvolvimento das plantas, período em que o crescimento é fortemente condicionado por fatores fisiológicos intrínsecos à espécie. Nesse sentido, Zuffo e Aguilera (2020), embora não tratem especificamente de hortaliças, destacam que a fenologia das plantas, área de estudo dos eventos biológicos que se repetem ao longo do desenvolvimento e da interação de fatores ambientais que modulam esses eventos, é determinante para analisar o padrão de desenvolvimento dos indivíduos, definindo o momento em que ocorrem mudanças morfológicas ao longo do ciclo de cultivo, o que nos leva a interpretar a importância do fator temporal em estudos de crescimento, especialmente na alface, que possui ciclo curto. Além disso, a condução do experimento sob condições ambientais homogêneas pode ter contribuído para a redução da variabilidade entre tratamentos, dificultando a detecção de possíveis diferenças.

Tabela 2 - Valores médios de altura das plantas, diâmetro do caule e número de folhas de mudas de *Lactuca sativa* L. submetidas a diferentes tratamentos de manejo hídrico e densidade de plantio, avaliadas aos 28 dias após a semeadura.

Tratamentos	Altura média (cm)	Diâmetro médio do caule (mm)	Número médio de folhas
C0	9,23 a	6,37 a	8,45 a
C1	8,07 a	6,09 a	7,76 a
C2	6,78 a	5,70 a	6,94 a
C3	8,80 a	6,55 a	8,08 a
CV (%)	48,45	19,30	19,96

*Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. C0: Controle; C1: Estresse hídrico; C2: Adensamento; C3: Estresse hídrico + Adensamento; H = Altura; NF = número de folhas e DC = Diâmetro do caule

Em estudo realizado por Abdelkader et al. (2024), não foi constatado diferenças significativas nas variáveis sob estresse hídrico moderado, atribuindo esse comportamento à capacidade de autorregulação fisiológica da cultura na fase de estabelecimento. De forma semelhante, Li et al. (2023) relataram que, em condições de estresse hídrico moderado, as respostas da alface tendem a manifestar-se inicialmente em nível fisiológico e bioquímico, como alterações na condutância estomática e no potencial hídrico foliar, antecedendo mudanças morfológicas detectáveis. Esses achados corroboram os resultados do presente estudo, reforçando que a ausência

de diferenças estatísticas a 5% de probabilidade nas fases iniciais não indica ausência de efeito do manejo hídrico, mas sim um atraso na expressão morfométrica das respostas ao estresse.

Esses resultados assumem especial relevância quando considerados no contexto edafoclimático do Alto Oeste Potiguar, região caracterizada por elevadas temperaturas, alta demanda evaporativa e irregularidade na distribuição das chuvas. Em ambientes semiáridos como Pau dos Ferros (RN), os efeitos do estresse hídrico tendem a se manifestar de forma cumulativa ao longo do ciclo da cultura, o que explica a ausência de respostas morfométricas imediatas nas fases iniciais, mas a intensificação dos impactos fisiológicos em estágios subsequentes do desenvolvimento.

De tal maneira que, a inexistência de diferenças estatísticas entre os tratamentos não deve ser interpretada como ausência de efeito do estresse hídrico, mas como indicativo de que as respostas fisiológicas iniciais da alface tendem a ocorrer em nível funcional e bioquímico antes de se refletirem em alterações morfométricas mensuráveis. Em culturas de ciclo curto, como a *Lactuca sativa*, tais respostas costumam ser mais evidentes em variáveis relacionadas à qualidade visual, isso pode ser evidenciado no estudo de Fontana (2016) que considera atributos visuais, textura, cor e composição como indicadores de desempenho agrônomo e de qualidade do produto, os quais podem sofrer influência do sistema de cultivo. Na presente pesquisa, buscou-se verificar especialmente o pendoamento e o acúmulo de biomassa fresca, como descrito nas etapas subsequentes deste estudo.

Do ponto de vista ecofisiológico, a ausência de diferenças morfométricas iniciais indica que *Lactuca sativa* apresenta elevada plasticidade fenotípica, que refere-se à capacidade das plantas de ajustar suas características morfológicas e fisiológicas em resposta às variações ambientais, permitindo a manutenção do crescimento e do desempenho mesmo sob condições adversas (Sultan, 2000). Isso foi evidenciado nas fases iniciais de desenvolvimento, em que manteve-se as taxas de crescimento semelhantes mesmo sob condições contrastantes de manejo hídrico e densidade de plantio. Essa estratégia adaptativa permite à cultura priorizar o estabelecimento inicial e a formação do aparato fotossintético antes de responder de forma mais evidente às restrições ambientais, o que é particularmente relevante em ambientes semiáridos, onde a variabilidade hídrica é recorrente.

4.3 Avaliação das variáveis morfométricas ao longo do tempo

Em contraste, a análise das variáveis morfométricas ao longo do tempo evidenciou crescimento progressivo e significativo das mudas de *Lactuca sativa* L., com incrementos consistentes na altura das plantas, no diâmetro do caule e no número de folhas ao longo das datas

de avaliação. Os maiores valores registrados na última coleta refletem a intensificação da atividade metabólica e vegetativa típica das fases subsequentes ao estabelecimento das mudas (Tabela 3).

O aumento no diâmetro do caule indica maior robustez estrutural das plantas, enquanto o acréscimo no número de folhas está diretamente relacionado à ampliação da área fotossintética, favorecendo o crescimento contínuo. Os coeficientes de variação indicam maior variabilidade para a altura das plantas, característica comum em variáveis mais sensíveis às condições microambientais e ao crescimento individual, enquanto o diâmetro do caule e o número de folhas apresentaram menor dispersão, evidenciando maior uniformidade dessas características.

De modo geral, os resultados demonstram que, no período avaliado, o crescimento das mudas de *Lactuca sativa* L. foi determinado predominantemente pelo tempo após a semeadura, enquanto os tratamentos não promoveram alterações significativas nas variáveis morfométricas analisadas, o que faz constatar que os efeitos e respostas morfológicas nas plântulas submetidas à diferentes manejos e estresses não tendem a ser imediatas, mas acumulativas. Dessa forma, ressalta-se a importância de avaliar previamente as condições ambientais as quais a hortaliça será exposta, a fim de que se obtenha produtos de qualidade e maior valor comercial possível.

Tabela 3 - Evolução temporal das variáveis morfométricas (valores médios da altura das plantas, diâmetro do caule e número de folhas) de mudas de *Lactuca sativa* L. ao longo do período experimental, independentemente dos tratamentos aplicados.

Data de coleta	Altura média (cm)	Diâmetro médio do caule (mm)	Número médio de folhas
Período 1 (0 DAT)	4,91 a	4,51 a	5,67 a
Período 2 (7 DAT)	5,03 a	5,26 a	5,85 a
Período 3 (14 DAT)	6,48 a	5,47 ab	7,28 ab
Período 4 (21 DAT)	9,40 a	6,77 b	8,53 b
Período 5 (28 DAT)	15,29 b	8,88 c	11,70 c
CV (%)	48,45	19,30	19,96

*DAT = dias após o transplante. *Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. H = Altura; NF = número de folhas e DC = Diâmetro do caule

Tabela 4 - Crescimento absoluto e relativo das variáveis morfométricas de mudas de *Lactuca sativa* L. ao longo do

período experimental (07/12 a 04/01).

Variável	Valor inicial	Valor final	Crescimento absoluto	Crescimento relativo
Altura (cm)	4,91	15,29	10,38	2,11
Diâmetro do caule (mm)	4,51	8,88	4,37	0,96
Número de folhas	5,67	11,70	6,03	1,06

Vale ressaltar que, o crescimento progressivo observado ao longo do tempo reflete o balanço positivo entre assimilação de carbono e expansão celular durante a fase vegetativa inicial da cultura. Em condições de disponibilidade hídrica moderada, a alface tende a maximizar a área foliar como estratégia para otimizar a interceptação luminosa e a eficiência fotossintética, o que explica o incremento simultâneo na altura, no diâmetro do caule e no número de folhas observado nas avaliações finais.

De modo semelhante, na Tabela 4, é possível observar que a altura das plantas foi a variável com maior destaque, apresentando crescimento absoluto de elevado (10,38 cm) e crescimento relativo de 2,11, o que demonstra que as mudas mais que dobraram de tamanho em relação ao valor inicial. Esse resultado é típico da fase inicial de crescimento da alface, que assim como dito anteriormente, ocorre intensa expansão celular e, conseqüentemente, alongamento da parte aérea (Chen et al., 2014)

O diâmetro do caule também aumentou ao longo do experimento, com crescimento absoluto de 4,37 mm, embora com menor crescimento relativo (0,96), indicando que o espessamento do caule ocorreu de forma mais gradual quando comparado ao aumento em altura. Já o número de folhas apresentou incremento absoluto de 6,03 folhas e crescimento relativo de 1,06, evidenciando que houve emissão contínua de novas folhas, aspecto fundamental para a ampliação da área fotossintética e para o acúmulo de biomassa fresca.

Dessa forma, constata-se que a variável tempo constitui o principal fator determinante do crescimento vegetativo em hortaliças folhosas, especialmente quando as condições ambientais permanecem relativamente estáveis. Assim, o crescimento das hortaliças folhosas está diretamente associado ao avanço fenológico da cultura, uma vez que o acúmulo de biomassa ao longo do ciclo resulta de processos cumulativos de divisão e expansão celular, dependentes do tempo de desenvolvimento da planta, exercendo maior influência sobre o crescimento inicial da alface do que variações moderadas no manejo hídrico, corroborando os padrões observados neste estudo

(Ruml; Vulić, 2005).

4.4 Avaliação das variáveis morfométricas sob análise de regressão (0,05) ao longo do tempo

a) Altura (H)

Vale destacar que altura (H) das plantas, Figura 6 (A), apresentou elevado coeficiente de determinação ($R^2 = 0,9961$), evidenciando forte relação entre o crescimento vertical da *Lactuca sativa* L. e o avanço temporal do ciclo de cultivo. O ajuste quadrático observado indica que o desenvolvimento em H não ocorreu de forma linear, mas seguiu a dinâmica fisiológica típica da cultura, marcada por fases distintas ao longo do ciclo. Visto que, nas primeiras semanas após o transplante, o crescimento foi mais lento, comportamento associado ao período de adaptação das mudas ao novo ambiente, no qual há priorização do estabelecimento radicular e reorganização metabólica. A partir da quarta semana, verificou-se aceleração significativa do crescimento em altura, sobretudo nos tratamentos submetidos ao estresse hídrico isolado (C1) e combinado ao adensamento (C3). Esse padrão é compatível com relatos da literatura, que indicam que condições de estresse podem antecipar o pendoamento em alface, resultando em alongamento excessivo do caule (Filgueira, 2013; Taiz et al., 2017).

Nesse contexto, é fundamental destacar que o aumento contínuo da altura não deve ser interpretado, isoladamente, como indicativo de desempenho agronômico positivo. Em *Lactuca sativa*, o crescimento vertical acentuado está frequentemente associado à transição do estágio vegetativo para o reprodutivo, processo indesejável em sistemas comerciais, uma vez que o pendoamento compromete a qualidade sensorial e o valor de mercado das folhas, devido ao amargamento e à perda de textura (Filgueira, 2013; Urbano Júnior; Oliveira Neto, 2021).

O alongamento excessivo do caule associado ao estresse hídrico observado neste estudo também foi relatado por Silva (2017), que relataram antecipação do pendoamento em alface submetida a déficits hídricos e térmicos, com consequente aumento da altura das plantas. De acordo com esses autores, o estresse atua como sinal ambiental desencadeador da transição precoce do estágio vegetativo para o reprodutivo. Taiz et al. (2017) associam o aumento da altura da alface sob estresse hídrico à ativação de mecanismos hormonais, especialmente relacionados ao aumento da síntese de giberelinas, responsáveis pelo alongamento celular e caulinar.

Sob a ótica fisiológica, o pendoamento observado nos tratamentos submetidos ao estresse hídrico pode ser interpretado como uma estratégia adaptativa de escape ao estresse, na qual a planta antecipa seu ciclo reprodutivo diante de condições ambientais desfavoráveis. Embora essa resposta

seja indesejável do ponto de vista comercial, ela representa um mecanismo de sobrevivência evolutivamente conservado em espécies herbáceas anuais, especialmente em ambientes caracterizados por elevada instabilidade hídrica.

b) Diâmetro do Coleto (DC)

Para o diâmetro do coletor Figura 7 B, também observou alto coeficiente de determinação ($R^2 = 0,98$), indicando incremento progressivo dessa variável ao longo das semanas de avaliação. Esse comportamento reflete o incremento caulinar estrutural das plantas, necessário para sustentar tanto o aumento da biomassa aérea quanto o alongamento do caule observado nos tratamentos com maior estresse. Embora a influência dos tratamentos não tenha apresentado significância estatística expressiva, o padrão observado sugere que o manejo hídrico e a densidade de plantio exerceram efeito fisiológico relevante sobre essa variável, conforme descrito por Benincasa (2003), que relaciona o diâmetro do coletor à capacidade de suporte mecânico e ao vigor vegetal.

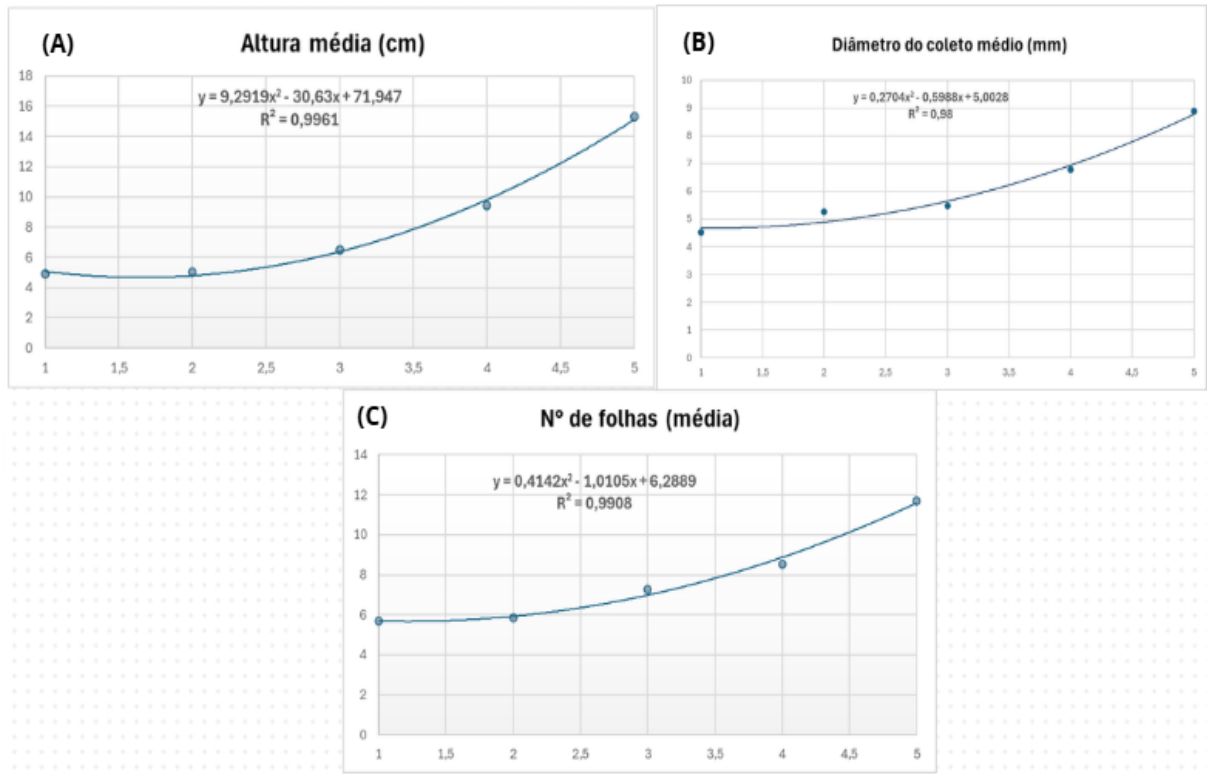
No entanto, importante destacar que o incremento do diâmetro do coletor observado nos tratamentos com estresse hídrico pode estar associado à necessidade de maior sustentação do eixo caulinar durante o processo de pendoamento, corroborando estudos que apontam modificações anatômicas e morfológicas como respostas adaptativas das plantas a condições ambientais adversas (Taiz et al., 2017).

c) Número de folhas (NF)

Em relação ao número de folhas Figura 7 C, observou-se crescimento contínuo ao longo das semanas de avaliação, com excelente ajuste ao modelo quadrático ($R^2 = 0,9908$). Esse resultado indica que a emissão foliar foi fortemente dependente do avanço do ciclo da cultura, apresentando baixa sensibilidade aos tratamentos impostos. Tal comportamento é consistente com o padrão fisiológico da alface, cuja emissão de folhas ocorre de forma progressiva após o estabelecimento das mudas, independentemente de variações moderadas no manejo hídrico ou na densidade de plantio (Urbano Júnior; Oliveira Neto, 2021).

A estabilidade do número de folhas ao longo do tempo reforça sua utilidade como indicador do desenvolvimento vegetativo, embora não represente, isoladamente, um parâmetro confiável de qualidade comercial. Observações qualitativas revelaram que, nos tratamentos submetidos ao estresse hídrico, houve ocorrência de queimaduras foliares, perda de turgor e indícios de amargamento, típicos do avanço para a fase reprodutiva. Em contraste, os tratamentos C0 e C2 apresentaram folhas com coloração, textura e expansão mais uniformes e atrativas, características desejáveis do ponto de vista comercial.

Figura 8 – Modelos de regressão ajustados para o diâmetro médio do colete (A e B) e para o número médio de folhas (C) de plantas de *Lactuca sativa* L. ao longo das semanas de avaliação, sob diferentes tratamentos de manejo hídrico e densidade de plantio.



Fonte: Autores (2026)

Embora o estresse hídrico tenha comprometido a qualidade comercial da cultura, sua avaliação controlada em condições experimentais permite compreender os limites fisiológicos da espécie e estabelecer estratégias de manejo mais eficientes. Em regiões semiáridas, o conhecimento do limiar de tolerância da alface ao déficit hídrico torna-se fundamental para o planejamento da irrigação, especialmente em contextos de escassez hídrica, onde o uso racional da água é imperativo.

4.5 Biomassa aérea e radicular

A análise de variância confirmou efeito significativo dos tratamentos apenas para a biomassa aérea fresca (BAF), enquanto a biomassa aérea seca (BAS), bem como as biomassas radiculares fresca (BRF) e seca (BRS), não diferiram estatisticamente entre si, indicando que os efeitos observados estiveram relacionados principalmente à dinâmica hídrica dos tecidos vegetais (Tabela 4).

Tabela 5 - Análise de variância (ANOVA) da biomassa aérea fresca, biomassa aérea seca, biomassa radicular fresca e biomassa radicular seca de plantas de *Lactuca sativa* L. cultivadas sob diferentes condições de manejo hídrico e densidade de plantio.

Fonte de variação	GL	BAF (g)	BRF (g)	BAS (g)	BRS (g)
Tratamentos	3	*	ns	ns	ns
Erro	8				
CV (%)		30,68	43,22	32,11	52,45

ns = não significativo ($p > 0,05$); *significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.

BAF: biomassa aérea fresca; BAS: biomassa aérea seca; BRF: biomassa radicular fresca; BRS: biomassa radicular seca.

Em relação à biomassa aérea fresca, verificou-se efeito significativo dos tratamentos, com maior acúmulo no tratamento C2 e os menores valores no tratamento C3, enquanto C0 e C1 apresentaram comportamento intermediário, sem diferença estatística entre si (Tabela 5). Esses resultados evidenciam que o estresse hídrico constituiu o principal fator limitante do acúmulo de biomassa fresca, sendo seu efeito intensificado quando associado ao adensamento de plantas.

Tabela 6 - Valores médios da biomassa aérea fresca e da biomassa aérea seca de plantas de *Lactuca sativa* L. submetidas a diferentes tratamentos de manejo hídrico e densidade de plantio, ao final do ciclo experimental.

Tratamentos	BAF (g)	BRF (g)
C0	58,61 ab	4,71 a
C1	40,50 ab	3,87 a
C2	72,77 b	4,40 a
C3	27,03 a	3,99 a
CV (%)	30,68	43,22

Médias seguidas pela mesma letra na coluna diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

BAF: biomassa aérea fresca; BRF: biomassa radicular fresca.

O maior valor de biomassa aérea fresca observado no tratamento C2 indica que o cultivo em alta densidade, na ausência de restrição hídrica, favoreceu a expansão celular e a manutenção da pressão de turgor, resultando em maior retenção de água nos tecidos foliares, observação que também foi constatada por Costa (2024), ao afirmar que o cultivo adensado, ao proporcionar maior conforto à cultura, influencia positivamente sobre variáveis produtivas. Em contrapartida, o tratamento C3, submetido simultaneamente ao estresse hídrico e ao adensamento, apresentou redução expressiva da biomassa fresca, evidenciando que a limitação no suprimento de água

comprometeu diretamente a absorção hídrica, a expansão celular e o crescimento da parte aérea.

Em hortaliças folhosas como a alface, a biomassa aérea fresca está diretamente associada ao conteúdo hídrico dos tecidos, sendo uma das variáveis mais sensíveis ao déficit hídrico (Urbano Júnior; Oliveira Neto, 2021). A redução observada sob estresse hídrico reflete a diminuição da pressão de turgor e a limitação da expansão foliar, processos fisiológicos que ocorrem antes de alterações mais severas nos mecanismos metabólicos relacionados à assimilação de carbono. Tal comportamento explica a ausência de diferenças significativas na biomassa seca, mesmo diante de variações expressivas na biomassa fresca (Kleiber et al., 2024).

Lima et al. (2023) também verificaram reduções expressivas na massa fresca da alface sob estresse hídrico, sem alterações igualmente proporcionais na biomassa seca. Segundo esses autores, a biomassa fresca reflete diretamente o estado hídrico dos tecidos, enquanto a biomassa seca representa o acúmulo efetivo de assimilados ao longo do ciclo. De modo semelhante, Kleiber et al. (2024) abordaram como a alface sob estresse hídrico demonstra que o principal processo fisiológico alterado em resposta à água limitada é a fotossíntese, principalmente por meio do fechamento estomático que restringe a entrada de CO₂, sem que isso necessariamente cause imediata queda dramática da produção de matéria seca, especialmente sob déficits moderados.

Urbano Júnior e Oliveira Neto (2021), observaram redução significativa da biomassa fresca da alface sob condições de déficit hídrico, atribuída à perda de turgidez e à menor expansão foliar, sem alterações substanciais na biomassa seca. Já Taiz et al. (2017) destacaram que o estresse hídrico afeta inicialmente processos físicos relacionados à expansão celular, antes de comprometer de forma mais intensa a fotossíntese e a produção de matéria seca. Esses resultados corroboram os achados do presente estudo, confirmando que o estresse hídrico, isolado ou associado ao adensamento, exerce papel determinante sobre a biomassa aérea fresca da alface.

A biomassa seca, tanto da parte aérea quanto do sistema radicular, não apresentou diferenças estatísticas entre os tratamentos avaliados (Tabela 6), indicando que as condições impostas ao longo do experimento não foram suficientes para alterar de forma significativa a produção de matéria seca estrutural das plantas de alface. Esse resultado demonstra que, embora tenham ocorrido variações expressivas na biomassa fresca, o acúmulo de compostos orgânicos permaneceu relativamente estável, independentemente do manejo hídrico e da densidade de plantio adotados.

Tabela 7 - Valores médios da biomassa seca aérea e da biomassa seca radicular de plantas de *Lactuca sativa* L.

cultivadas sob diferentes condições de manejo hídrico e densidade de plantio.

Tratamento	BAS (g)	BRS (g)
C0	4,24 a	0,88 a
C1	4,34 a	0,83 a
C2	4,98 a	0,69 a
C3	3,17 a	0,64 a
CV (%)	32,11	52,45

Não houve diferença estatística entre os tratamentos pelo teste F ($p > 0,05$).

BAS: biomassa aérea seca; BRS: biomassa radicular seca.

Do ponto de vista fisiológico, esse comportamento sugere que o estresse hídrico aplicado caracterizou-se como moderado, afetando prioritariamente o conteúdo de água dos tecidos e a expansão celular, sem comprometer de maneira substancial os processos bioquímicos associados à assimilação de carbono e à síntese de biomassa. Em condições dessa natureza, a planta tende a ajustar seu crescimento por meio da redução da turgescência e da expansão foliar, mantendo, entretanto, a produção de matéria seca em níveis semelhantes aos observados em condições não limitantes.

Dessa forma, estudos conduzidos por Paulus et al. (2012) demonstraram que restrições hídricas leves a moderadas reduziram o crescimento visual e a massa fresca da alface, sem provocar alterações significativas no acúmulo de matéria seca. Segundo esses autores, a manutenção da biomassa seca está associada à preservação da atividade fotossintética basal, mesmo sob condições de limitação hídrica parcial.

Em estudo realizado por Abdelkader et al. (2024), a proporção de matéria seca acumulada nas folhas não diminuiu e até apresentou tendência de aumento em relação a condições sem estresse, enquanto a massa fresca foi significativamente reduzida com o agravamento do estresse. Esses resultados sugerem que a biomassa seca em alface apresenta menor sensibilidade às variações imediatas do suprimento hídrico quando comparada à massa fresca, pois sua acumulação está mais relacionada ao balanço de carbono e à eficiência de uso de água do que ao estado hídrico momentâneo dos tecidos. . Esses resultados corroboram os achados do presente estudo, evidenciando que o manejo imposto não foi suficientemente severo para induzir alterações na alocação de assimilados entre parte aérea e sistema radicular.

Dessa forma, a ausência de diferenças estatísticas para a biomassa seca aérea e radicular confirma que os tratamentos influenciaram predominantemente a dinâmica hídrica e a expansão

celular, sem comprometer de forma expressiva a produção de biomassa estrutural da cultura ao longo do ciclo avaliado.

Assim, pode-se dizer que os resultados obtidos para a biomassa das plantas de alface demonstraram que os tratamentos exerceram efeito significativo apenas sobre a biomassa fresca, especialmente da parte aérea, evidenciando que o manejo hídrico, associado à densidade de plantio, influenciou predominantemente o estado hídrico e os processos de expansão celular dos tecidos vegetais. Em contraste, a biomassa seca, tanto da parte aérea quanto do sistema radicular, não apresentou diferenças estatísticas entre os tratamentos, indicando que a produção de matéria seca estrutural manteve-se estável ao longo do ciclo experimental.

Em hortaliças folhosas, como a alface, a biomassa fresca constitui um parâmetro altamente sensível às condições de disponibilidade de água, uma vez que variações relativamente pequenas no suprimento hídrico refletem-se diretamente na pressão de turgor, na expansão foliar e no aspecto visual das plantas, sem necessariamente comprometer o acúmulo de matéria seca. Esse comportamento fisiológico, amplamente descrito na literatura (Filgueira, 2013; Taiz et al., 2017), foi claramente confirmado pelos resultados do presente estudo, reforçando que os efeitos observados decorreram, predominantemente, da dinâmica hídrica dos tecidos vegetais e não de alterações na capacidade metabólica de síntese de biomassa.

A dissociação entre biomassa fresca e biomassa seca observada neste estudo evidencia que o estresse hídrico atuou predominantemente sobre processos físicos e hidráulicos, como a pressão de turgor e a expansão celular, sem comprometer significativamente a assimilação de carbono. Esse padrão confirma que, em condições de estresse moderado, a alface mantém sua capacidade metabólica basal, ajustando seu crescimento principalmente por meio da modulação do conteúdo hídrico dos tecidos, e não pela redução drástica da síntese de biomassa estrutural.

4.6 Avaliação visual e morfofisiológica das plântulas de *Lactuca sativa* ao longo do experimento

A avaliação visual das plântulas de *Lactuca sativa* realizada na terceira semana de cultivo permitiu identificar respostas morfofisiológicas distintas entre os tratamentos, evidenciando, de forma qualitativa, os efeitos do manejo hídrico e da densidade de plantio sobre o desenvolvimento vegetativo, o pendoamento e a qualidade comercial das plantas. As análises foram conduzidas tanto em nível individual das plântulas (Figura 8) quanto em nível de canteiro (Figura 9), possibilitando uma interpretação integrada dos efeitos dos tratamentos.

No tratamento C0, caracterizado como controle, observou-se elevada homogeneidade entre as plântulas (Figura 8 A), com coloração verde intensa, bom estado de turgor, folhas bem expandidas e disposição típica em roseta. A análise do canteiro como um todo (Figura 9 A) reforça esse padrão, evidenciando uniformidade no crescimento e aspecto visual compatível com padrões comerciais, indicando condições hídricas adequadas para o desenvolvimento vegetativo da cultura.

Em contraste, no tratamento C1, submetido ao estresse hídrico, a avaliação individual das plântulas (Figura 8 B) revelou sinais precoces de transição para a fase reprodutiva, com início da formação de estruturas florais características do pendoamento, além da presença de queimaduras nas bordas das folhas. Esses sintomas refletem a redução do turgor celular e o efeito combinado do déficit hídrico com as elevadas temperaturas típicas do clima semiárido. A análise do canteiro (Figura 9 B) evidencia menor uniformidade e perda de qualidade visual, indicando comprometimento do potencial comercial.

No tratamento C2, que combinou adensamento de plantas com irrigação adequada, observou-se o melhor desempenho visual entre os tratamentos. As plântulas apresentaram folhas largas, sobrepostas e bem expandidas, com ausência de alongamento excessivo do caule (Figura 8 C). Em nível de canteiro (Figura 9 C), nota-se a formação de um dossel contínuo e uniforme, sem indícios de pendoamento. Esses resultados indicam que o adensamento, quando não associado à limitação hídrica, contribuiu para a manutenção da fase vegetativa e para a preservação da qualidade comercial das plantas.

Por sua vez, o tratamento C3 apresentou o aspecto visual mais comprometido. A análise individual das plântulas (Figura 8 D) evidenciou plantas pouco desenvolvidas, desuniformes, com alongamento do caule e presença acentuada de pendoamento, mesmo em indivíduos de menor porte. A avaliação do canteiro (Figura 9 D) revelou elevada desuniformidade, maior incidência de mortalidade e redução da área foliar funcional, caracterizando respostas típicas de estresse severo. Esses efeitos refletem a ação conjunta do estresse hídrico e da competição por recursos, resultando

em transição precoce para a fase reprodutiva e perda significativa da qualidade comercial.

As alterações visuais observadas nas plântulas submetidas ao estresse hídrico, como queimaduras foliares, perda de turgor e pendoamento precoce, são amplamente descritas na literatura como respostas típicas da alface em ambientes com restrição hídrica e elevadas temperaturas. Aires (2019) relatar que as altas temperaturas, bem como fatores ambientais adversos, como a combinação de déficit hídrico e alta demanda evaporativa, resulta em redução da área foliar funcional e antecipação do florescimento, comprometendo severamente a qualidade comercial da cultura. De forma semelhante, Marques (2024) destaca que o estresse hídrico afeta não apenas o crescimento quantitativo, mas também atributos qualitativos essenciais à aceitação do produto pelo consumidor.

Figura 9 - Avaliação visual individual das plântulas de *Lactuca sativa* L. na terceira semana de cultivo, evidenciando diferenças morfofisiológicas entre os tratamentos: C0 – controle com irrigação diária (A); C1 – estresse hídrico (B); C2 – adensamento com irrigação adequada (C); e C3 – adensamento associado ao estresse hídrico (D).



Fonte: Autores (2026)

Figura 10 - Vista geral dos canteiros de *Lactuca sativa* L. na terceira semana de cultivo, demonstrando os efeitos do manejo hídrico e da densidade de plantio sobre a uniformidade, o desenvolvimento vegetativo e a ocorrência de pendoamento: C0 – controle (A); C1 – estresse hídrico (B); C2 – adensamento com irrigação adequada (C); e C3 – adensamento associado ao estresse hídrico (D).



Fonte: Autores (2026)

Vale destacar que, a análise visual confirmou que o estresse hídrico foi o principal fator determinante das respostas morfofisiológicas observadas, sendo seus efeitos intensificados quando associado ao adensamento de plantas. Os resultados obtidos permitem inferir que, em regiões semiáridas como Pau dos Ferros (RN), o manejo hídrico adequado é decisivo para o sucesso do cultivo da alface, uma vez que déficits hídricos, mesmo moderados, antecipam o pendoamento e comprometem a qualidade comercial. Adicionalmente, o adensamento pode ser recomendado como prática viável apenas quando associado a um fornecimento hídrico regular, preferencialmente realizado em horários de menor demanda evaporativa, como início da manhã ou final da tarde.

Do ponto de vista produtivo, os resultados indicam que, nas condições climáticas do semiárido potiguar, a adoção de práticas como o adensamento de plantas só é viável quando associada a um manejo hídrico adequado e contínuo. A combinação de déficit hídrico com alta densidade intensifica a competição por água e nutrientes, antecipando o pendoamento e reduzindo drasticamente a qualidade comercial da alface, o que representa risco econômico para pequenos produtores da região.

Assim, os resultados reforçam que o manejo hídrico constitui o principal fator determinante do desempenho morfofisiológico da alface em ambientes semiáridos, superando os efeitos isolados da densidade de plantio, e evidenciam a necessidade de estratégias de irrigação ajustadas às condições climáticas locais para garantir produtividade, qualidade comercial e sustentabilidade do cultivo no Alto Oeste Potiguar.

A convergência entre os dados quantitativos e a avaliação visual reforça que a qualidade comercial da alface é altamente dependente do equilíbrio hídrico durante a fase vegetativa. Em regiões semiáridas, a manutenção da turgescência, da uniformidade foliar e da arquitetura em roseta depende diretamente de estratégias de irrigação que minimizem o estresse térmico e hídrico, destacando a importância de práticas de manejo adaptadas às condições climáticas locais.

Em um cenário de crescente escassez hídrica e intensificação das mudanças climáticas, especialmente no semiárido brasileiro, os resultados deste estudo reforçam a necessidade de estratégias de manejo que conciliem produtividade agrícola e uso eficiente da água. O conhecimento dos limites fisiológicos da alface ao estresse hídrico permite não apenas otimizar o manejo da irrigação, mas também subsidiar políticas públicas voltadas à segurança alimentar, à adaptação da agricultura familiar às condições climáticas adversas e à sustentabilidade dos sistemas de produção de hortaliças.

Conclui-se que, nas condições edafoclimáticas do semiárido do Rio Grande do Norte, o manejo hídrico constitui o principal fator determinante do desempenho morfofisiológico e da qualidade comercial da alface, superando os efeitos isolados da densidade de plantio. O estresse hídrico moderado induz respostas adaptativas que se manifestam prioritariamente por ajustes hidráulicos, alterações na expansão celular e antecipação fenológica, sem comprometer de forma expressiva a produção de biomassa seca. O cultivo adensado mostrou-se viável apenas quando associado a fornecimento hídrico adequado, evidenciando que estratégias de intensificação produtiva em ambientes semiáridos devem estar necessariamente alinhadas à gestão eficiente da água. Assim, este estudo contribui para a compreensão dos mecanismos de adaptação da alface ao estresse hídrico e fornece subsídios técnicos e conceituais para o desenvolvimento de sistemas de produção mais resilientes, eficientes e sustentáveis em regiões de clima semiárido.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

De forma geral, os resultados obtidos indicam que, nas condições avaliadas, os tratamentos não promoveram alterações significativas nas variáveis morfométricas iniciais das mudas de *Lactuca sativa* L., como altura das plantas, diâmetro do caule e número de folhas, sugerindo que, durante o período inicial de cultivo, o crescimento das plântulas foi predominantemente determinado por fatores fisiológicos intrínsecos à espécie e pelo avanço temporal do ciclo, especialmente ao longo dos 28 dias de avaliação.

Embora não tenham sido observadas diferenças estatísticas entre os tratamentos para essas variáveis iniciais, o crescimento contínuo das plantas ao longo das semanas evidenciou que os efeitos dos fatores ambientais são cumulativos. Nesse contexto, o aumento acentuado da altura, particularmente nos tratamentos submetidos ao estresse hídrico, esteve associado ao início do pendoamento, processo fisiológico indesejável do ponto de vista comercial, por comprometer a qualidade sensorial e o valor de mercado da cultura.

Em relação à biomassa, constatou-se que os tratamentos influenciaram significativamente apenas a biomassa aérea fresca, indicando que os efeitos observados estiveram majoritariamente relacionados à dinâmica hídrica dos tecidos vegetais, especialmente à retenção de água e à expansão celular. A ausência de diferenças na biomassa aérea seca e na biomassa radicular, tanto fresca quanto seca, demonstra que os manejos impostos não comprometeram a produção de matéria seca estrutural nem induziram alterações na alocação de assimilados para o sistema radicular como mecanismo adaptativo.

A avaliação visual das plântulas corroborou os resultados quantitativos, evidenciando melhor desempenho morfofisiológico e maior qualidade comercial nos tratamentos controle (C0) e adensado com irrigação adequada (C2), caracterizados por maior uniformidade, folhas bem expandidas, bom estado de turgor e ausência de sinais precoces de pendoamento. Em contraste, os tratamentos submetidos ao estresse hídrico, especialmente quando associado ao adensamento (C3), apresentaram maior incidência de pendoamento precoce, redução da área foliar útil, desuniformidade e maior mortalidade, confirmando o impacto negativo da restrição hídrica sobre o desenvolvimento vegetativo da cultura.

Dessa forma, conclui-se que, nas condições do semiárido nordestino, particularmente na região de Pau dos Ferros (RN), o manejo hídrico constitui o fator determinante para o sucesso do cultivo da alface. O cultivo adensado pode ser recomendado como estratégia viável para a manutenção da fase vegetativa e obtenção de plantas com melhor padrão morfológico e comercial, desde que não esteja associado a estresse hídrico. Assim, a adoção de irrigação adequada e bem

distribuída ao longo do ciclo mostra-se essencial para mitigar os efeitos das elevadas temperaturas e da baixa umidade relativa do ar, contribuindo para o aumento da produtividade e da qualidade comercial da cultura na região.

Sugere-se que estudos futuros aprofundem a avaliação dos efeitos do estresse hídrico em diferentes estádios fenológicos da cultura, bem como investiguem as respostas fisiológicas e bioquímicas, como as trocas gasosas e a eficiência do uso da água, ampliando a compreensão dos limites de tolerância da alface em ambientes semiáridos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABDELKADER, Mostafa. Studying the Combined Impact of Salinity and Drought Stress-Simulated Conditions on Physio-Biochemical Characteristics of Lettuce Plant. **Horticulturae**, [s. l.], p. 1-16, 10 nov. 2024. DOI <https://doi.org/10.3390/horticulturae10111186>. Disponível em: <https://www.mdpi.com/3035456>. Acesso em: 25 jan. 2026.
- AIRES, Eduardo Santana. **Cultivares de alface americana em função de épocas de produção e ambientes de cultivo no Submédio do Vale São Francisco**. Orientador: Carlos Alberto Aragão. 2019. 71 p. Dissertação (Mestre em Agronomia) - Universidade do Estado da Bahia. Departamento de Tecnologia e Ciências Sociais, Juazeiro, 2019. Disponível em: https://sucupira.capes.gov.br/sucupira/public/consultas/coleta/trabalhoConclusao/viewTrabalhoConclusao.jsf?popup=true&id_trabalho=7615641. Acesso em: 25 jan. 2026.
- ALVARES, Clayton Alcarde *et al.* Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, [s. l.], p. 711–728, January 2013. DOI 10.1127/0941-2948/2013/0507. Disponível em: http://www.dca.iag.usp.br/material/mftandra2/ACA0225/Alvares_etal_Koppen_climate_classesBrazil_MeteoZei_2014.pdf. Acesso em: 25 jan. 2026.
- ANDRADE JUNIOR, A. S. de; DUARTE, R. L. R.; RIBEIRO, V. Q. **Níveis de irrigação na cultura de alface**. [S. l.: s. n.], 1992. 16 p. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/49460>. Acesso em: 27 jan. 2026.
- BARROS, José Anderson Soares; CAVALCANTE, Marcelo. O uso do Mulching no cultivo de alface: Revisão de Literatura. **Diversitas Journal**, [s. l.], p. 3796-3810, 3 fev. 2026. DOI 10.48017/dj.v6i4.1825. Disponível em: https://diversitasjournal.com.br/diversitas_journal/article/view/1825. Acesso em: 27 jan. 2026.
- BENINCASA, Margarida M. P. **Análise de crescimento de plantas (Noções básicas)**. 2. ed. rev. e aum. Jaboticabal: [s. n.], 2003. 41 p. Disponível em: <https://www.bdpa.cnptia.embrapa.br/consulta/busca?b=ad&id=418424&biblioteca=vazio&busca=autoria:%22M%22&qFacets=autoria:%22M%22&sort=&paginacao=t&paginaAtual=3>. Acesso em: 25 jan. 2026.
- BOTELHO, Sônia Maria *et al.* Alface e outras folhosas (jambu, coentro, salsa, cebolinha, couve, rúcula, chicorinha). *In*: BRASIL, E. C. *et al.* **Recomendações de calagem e adubação para hortaliças**. 2. ed. Brasília, 2020. cap. 1, p. 297-299. Disponível em:

- <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/1127293>. Acesso em: 25 jan. 2026.
- CAMPOS, Anna Júlia de Moraes; SANTOS, Sarah Medeiros; NACARATH, Naia Rhavene Freire Fagundes. Estresse hídrico: uma revisão. **Research, Society and Developmen**, [s. l.], v. 10, n. 15, p. 1-7, 19 nov. 2022. DOI <https://doi.org/10.33448/rsd-v10i15.23155>. Disponível em: <https://rsdjournal.org/rsd/article/view/23155/20047>. Acesso em: 25 jan. 2026.
- CAMPOS, João Pedro Pedrolli. Aspectos gerais na cultura da alface. 2020. 35 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Técnico em agropecuário) - ETEC Orlando Quagliato, Santa Cruz do Rio Pardo, 2020. Disponível em: <https://ric.cps.sp.gov.br/handle/123456789/13382>. Acesso em: 27 jan. 2026.
- FERREIRA, Luiz Gustavo de Souza et al. Análise comparativa comparativa do alface químico e orgânico na hidroponia. Orientador: Reginaldo Borges. 2021. 25 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Técnico em Agropecuária) - Etec Orlando Quagliato, Santa Cruz do Rio Pardo, 2021. Disponível em: https://ric.cps.sp.gov.br/handle/123456789/8671?locale=pt_BR. Acesso em: 27 jan. 2026.
- FONTANA, Larissa. **Avaliação física, físico-química e sensorial de cultivares alface produzidas em diferentes sistemas de cultivo**. 2016. 68 p. Dissertação (Mestrado em Agroecologia e Desenvolvimento Rural) - Universidade Federal de São Carlos, Araras, 2016. Disponível em: <https://repositorio.ufscar.br/server/api/core/bitstreams/dd425a54-5adc-4b8f-85bf-cc401f4ccc7e/content>. Acesso em: 27 jan. 2026.
- CECCONELLO, Antonio M. *et al.* No-tillage curly lettuce cultivated under different spacings. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 24, n. 4, p. 231-237, 2020. DOI <http://dx.doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v24n4p231-237>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbeaa/a/7H4KY8jqcPdcKzZz9Cvd7hy/?format=pdf&lang=en>. Acesso em: 25 jan. 2026.
- CHEN, Xiao-li. Growth and quality responses of ‘Green Oak Leaf’ lettuce as affected by monochromic or mixed radiation provided by fluorescent lamp (FL) and light-emitting diode (LED). **Scientia Horticulturae**, [s. l.], p. 168-175, 4 maio 2014. DOI <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2014.04.009>. Disponível em: <http://www.plantgrower.org/uploads/6/5/5/4/65545169/1-s2.0-s030442381400212x-main.pdf>. Acesso em: 25 jan. 2026.
- COSTA, Juliana S.; JUNQUEIRA, Ana Maria R. Diagnóstico do cultivo hidropônico de

- hortaliças na região do Distrito Federal. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 18, n. 1, p. 49-52, março 2000. Disponível em:
<https://www.scielo.br/j/hb/a/4KMmMPbRDt9zSxhz6zHYqfr/?format=pdf&lang=pt>.
Acesso em: 25 jan. 2026.
- COSTA, Leandro Ferreira da. **Tolerância ao estresse salino da alface e da rúcula em diferentes sistemas hidropônicos**. Orientador: Tales Miler Soares. 2024. 96 p. Tese (Doutorado) (Doutorado em Engenharia Agrícola.) - Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Cruz das Almas, 2024. Disponível em:
https://ufrb.edu.br/pgea/images/Teses/Leandro_TESE.pdf. Acesso em: 25 jan. 2026.
- FERREIRA, Luiz Gustavo de Souza et al. Análise comparativa comparativa do alface químico e orgânico na hidroponia. Orientador: Reginaldo Borges. 2021. 25 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Técnico em Agropecuária) - Etec Orlando Quagliato, Santa Cruz do Rio Pardo, 2021. Disponível em: https://ric.cps.sp.gov.br/handle/123456789/8671?locale=pt_BR. Acesso em: 27 jan. 2026.
- FERREIRA, Regina Lúcia Félix *et al.* Produtividade de alface orgânica em diferentes densidades de plantas. **Artigo agricultura orgânica**, Recife, v. 21, n. 1, p. 12-16, 25 jan. 2016. DOI doi:<https://doi.org/10.12661/pap.2016.003>. Disponível em:
<https://pap.emnuvens.com.br/pap/article/view/pap.2016.003/64>. Acesso em: 25 jan. 2026.
- FILGUEIRA, Fernando Antonio Reis. **Novo manual de olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças**. 3. ed. rev. e aum. [S. l.: s. n.], 2013. 421 p. ISBN 978-85-7269-313-4. Disponível em:
[https://www.bdpa.cnptia.embrapa.br/consulta/busca?b=ad&id=995452&biblioteca=vazio&busca=\(autoria:%22FILGUEIRA,%20F.%20A.%20R.%22\)&qFacets=\(autoria:%22FILGUEIRA,%20F.%20A.%20R.%22\)&sort=&paginacao=t&paginaAtual=1](https://www.bdpa.cnptia.embrapa.br/consulta/busca?b=ad&id=995452&biblioteca=vazio&busca=(autoria:%22FILGUEIRA,%20F.%20A.%20R.%22)&qFacets=(autoria:%22FILGUEIRA,%20F.%20A.%20R.%22)&sort=&paginacao=t&paginaAtual=1). Acesso em: 25 jan. 2026.
- FONTANÉTTI, Anastácia *et al.* Adubação verde na produção orgânica de alface americana e repolho. **Horticultura Brasileira**, Viçosa, v. 24, n. 2, p. 146-150, abr-jun 2006. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/hb/a/xRgNw4jk5N8dp5Qx7LxGmxc/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 25 jan. 2026.
- HENZ, Gilmar Paulo; SUINAGA, Fábio. **Tipos de Alface Cultivados no Brasil**. Brasília: [s. n.], 2009. 7 p. Disponível em:
<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/783588/1/cot75.pdf>. Acesso em: 25 jan. 2026.
- JUCHEN, C. R. et al. IRRIGAÇÃO POR GOTEJAMENTO PARA PRODUÇÃO DE ALFACE FERTIRRIGADA COM ÁGUAS RESIDUÁRIAS AGROINDUSTRIAIS.

- IRRIGA, Botucatu, v. 18, n. 2, p. 243–256, 2013. DOI: 10.15809/irriga.2013v18n2p243. Disponível em: <https://revistas.fca.unesp.br/index.php/irriga/article/view/408>. Acesso em: 22 jan. 2026.
- URBANO JÚNIOR, Sidney Antônio; OLIVEIRA NETO, Sebastião Soares de. RESPOSTAS MORFOLÓGICAS DE CULTIVARES DE ALFACE SOB DEFICIÊNCIA HÍDRICA. **Revista Brasileira de Engenharia de Biosistemas**, Tupã, v. 15, n. 3, p. 351-366, 18 jan. 2026. DOI <https://doi.org/10.18011/bioeng2021v15n3p351-366>. Disponível em: <https://seer.tupa.unesp.br/index.php/BIOENG/article/view/1036>. Acesso em: 25 jan. 2026.
- KIST, B. B. *et al.* **Anuário brasileiro de horti & fruti**. Santa Cruz do Sul: Gazeta Santa Cruz, 2018. 96 p. ISBN 2178-0897. Disponível em: https://www.editoragazeta.com.br/wp-content/uploads/2019/07/HortiFruti_2019_DUPLA.pdf. Acesso em: 25 jan. 2026.
- KLEIBER, Tomasz *et al.* Enhancing Lettuce Drought Tolerance: The Role of Organic Acids in Photosynthesis and Oxidative Defense. **Applied sciences**, [s. l.], p. 1-22, 12 jan. 2024. DOI <https://doi.org/10.3390/app14125119>. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2076-3417/14/12/5119>. Acesso em: 25 jan. 2026.
- KOETZ, Marcio *et al.* EFEITO DE DOSES DE POTÁSSIO E DA FREQUÊNCIA DE IRRIGAÇÃO NA PRODUÇÃO DA ALFACE-AMERICANA EM AMBIENTE PROTEGIDO. **Engenharia de Água e Solo**, Jaboticabal, v. 26, n. 3, p. 730-737, set-dez 2006. DOI <https://doi.org/10.1590/S0100-69162006000300009>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/eagri/a/g4ph9xx6MzCPK3XKtMQyGSm/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 25 jan. 2026.
- KÖPPEN, W.; GEIGER, R. **Das geographische System der Klimate**. Berlin: [s. n.], 1936. v. 1. Disponível em: https://koeppen-geiger.vu-wien.ac.at/pdf/Koppen_1936.pdf. Acesso em: 25 jan. 2026.
- LEITE, Daniel; BARROS JÚNIOR, Genival; OLIVEIRA, Rosa. Eficiência do uso da água em sistema alternativo de irrigação na produção de mudas de alface. **Resumos do VII Congresso Brasileiro de Agroecologia**, Fortaleza, v. 6, n. 2, p. 1-5, 16 dez. 2006. Disponível em: <https://aba-agroecologia.org.br/revista/cad/article/view/11372/7883>. Acesso em: 25 jan. 2026.
- LI, J. *et al.* Drought resistance index screening and evaluation of lettuce under water deficit conditions on the basis of morphological and physiological differences. **Frontiers in plant science**, [s. l.], p. 1-17, 15 set. 2023. DOI <https://doi.org/10.3389/fpls.2023.1228084>. Disponível em: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC10540308/>. Acesso em: 25 jan. 2026.

- LIMA, Aliny Alencar de *et al.* Densidade de plantio e ambientes de cultivo na produção de biomassa de jambu em sistema orgânico. **Scientia Naturalis**, Rio Branco, v. 3, n. 5, p. 2234-2240, 30 dez. 2021. DOI <https://doi.org/10.29327/269504.3.5-18>. Disponível em: <https://periodicos.ufac.br/index.php/SciNat/article/view/5200>. Acesso em: 25 jan. 2026.
- LIMA, Pedro Felipe Soares *et al.* INFLUÊNCIAS DO HIDROGEL NAS RELAÇÕES HÍDRICAS DA CULTURA DO ALFACE SOB DÉFICIT HÍDRICO. **Inovagri**, Iguatu, p. 2-9, 2023. Disponível em: https://icolibri.com.br/2023/public/__anais/TC0430382.pdf. Acesso em: 25 jan. 2026.
- LOBATO, Lyvia de Moraes. **Avaliação das respostas nutricionais e parâmetros de crescimento em plantas de alface (*Lactuca sativa*) inoculadas com um consórcio de microrganismos**. 2024. 60 p. Dissertação (Mestrado em Biotecnologia Vegetal) - Universidade Vila Velha - ES, Vila Velha, 2024. Disponível em: <https://repositorio.uvv.br/server/api/core/bitstreams/1a3766e8-5884-479d-ad3c-d407f41693f9/content>. Acesso em: 25 jan. 2026.
- LUCENA, Rebecca Luna; CABRAL JÚNIOR, Jório Bezerra; STEINKE, Ercília Torres. Comportamento Hidroclimatológico do Estado do Rio Grande do Norte e do Município de Caicó. **Revista Brasileira de Meteorologia**, [s. l.], v. 33, n. 3, p. 485-496, 2018. DOI <http://dx.doi.org/10.1590/0102-7786333008>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbmet/a/hM4VVRd9BhRNdPFJFRMr3Dq/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 25 jan. 2026.
- ROUPHAEL, Y. *et al.* Alterações agrônômicas, fisiológicas e de eficiência no uso da água em alface em resposta a regimes de irrigação deficitária. **Sociedade Internacional de Ciências Hortícolas**, [s. l.], 2022. DOI <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2022.1335.84>. Disponível em: <https://www.actahort.org/members/showpdf?session=3148030>. Acesso em: 25 jan. 2026.
- RUML, Mirjana; VULIĆ, T. IMPORTANCE OF PHENOLOGICAL OBSERVATIONS AND PREDICTIONS IN AGRICULTURE. **Journal of Agricultural Sciences**, [s. l.], v. 50, n. 2, p. 217-225, 2005. DOI <https://doi.org/10.2298/JAS0502217R>. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/47657916_Importance_of_phenological_observations_and_predictions_in_agriculture. Acesso em: 25 jan. 2026.
- MAGGI, Marcio Furlan. **Espacialização da evaporação e produção de três variedades de alface sob diferentes lâminas de irrigação em ambiente protegido**. Orientador: Antonio Evaldo Klar. 2006. 66 f. Tese (Doutorado) (Doutorado em Agronomia) - UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO” FACULDADE DE

- CIENCIAS AGRONÔMICAS, Botucatu, 2006. Disponível em:
<https://repositorio.unesp.br/server/api/core/bitstreams/585862d4-2fb0-4045-b9d2-0e912b680443/content>. Acesso em: 25 jan. 2026.
- MARCELIS , Leo F. M.; HEUVELINK, Ep. **Achieving sustainable greenhouse cultivation**. 1. ed. [S. l.]: Burleigh Dodds Science Publishing, 2019. 119 p. DOI 10.19103/AS.2019.0052. Disponível em:
<https://www.taylorfrancis.com/books/edit/10.1201/9780429266744/achieving-sustainable-greenhouse-cultivation-leo-marcelis-ep-heuvelink>. Acesso em: 25 jan. 2026.
- MARQUES, Marina Gabriela. **Qualidade de Lactuca sativa L. sob intensidades de LED submetida ao estresse hídrico e atividade micorrízica**. Orientador: Aurélio Rubio Neto. 2024. 65 f. Tese (Doutorado) (Doutorado em Ciências Agrárias) - INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA GOIANO – CAMPUS RIO VERDE, Rio Verde, 2024. Disponível em:
https://repositorio.ifgoiano.edu.br/bitstream/prefix/4862/3/Tese_Marina_Gabriela.pdf. Acesso em: 25 jan. 2026.
- MARTINEZ, R. J. C. et al. **Produção orgânica de alface crespa lactuca sativa var.crispa**. 2022. Trabalho de Conclusão de Curso (Curso Técnico em Agropecuária) - Etec Padre José Nunes Dias, [S. l.], 2022. Disponível em:
https://ric.cps.sp.gov.br/bitstream/123456789/10736/1/etimagropecu%03%a1ria_2022_2_rafa-elajuventinacoutinhomartinez_produ%03%a7%03%a3oorg%03%a2nicadealfacecrespalactucasativavarcrispa_pdf.pdf. Acesso em: 22 jan. 2026.
- MARTINS, Fabrina Bolzan *et al.* Deficiência hídrica no solo e seu efeito sobre transpiração, crescimento e desenvolvimento de mudas de duas espécies de eucalipto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, [s. l.], v. 32, n. 3, p. 1297–1306, jun 2008. DOI
<https://doi.org/10.1590/S0100-06832008000300037>. Disponível em:
<https://www.scielo.br/j/rbcs/a/BpKR9gYYZyMYWXXsTr5PNxn/?format=html&lang=pt>. Acesso em: 25 jan. 2026.
- MELO, Mário Felipe de *et al.* **Hortaliças como comprar, conservar e consumir: alface**. 2. ed. Brasília: [s. n.], 2016. Disponível em:
<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1125585/1/CCCC-07-Alface-2020.pdf>. Acesso em: 25 jan. 2026.
- MEDEIROS, Felipe Bruno Araújo de. **Produção e qualidade de cultivares de alface americana em função do espaçamento de plantio**. 2015. Dissertação (Mestrado em

- Agronomia) - Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró, 2015. Disponível em: <https://ppgfito.ufersa.edu.br/wp-content/uploads/sites/45/2015/02/Disserta%C3%A7%C3%A3o-2015-FELIPE-BRUNO-ARA%C3%A9AJO-DE-MEDEIROS.pdf>. Acesso em: 26 jan. 2026.
- METTIFOGO, Enrico Roboamo Scorpioni. **Crescimento e produtividade de dois tipos de alface cultivadas com diferentes espaçamentos entre plantas**. 2019. 17 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Agronomia) - Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados, 2019. Disponível em: <https://repositorio.ufgd.edu.br/jspui/bitstream/prefix/2304/1/EnricoRoboamoScorpioniMettifogo.pdf>. Acesso em: 25 jan. 2026.
- MICHELON, Nicola *et al.* Strategies for Improved Water Use Efficiency (WUE) of Field-Grown Lettuce (*Lactuca sativa* L.) under a Semi-Arid Climate. **MDPI**, [s. l.], p. 1-15, 2020. DOI <https://doi.org/10.3390/agronomy10050668>. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/341270958_Strategies_for_Improved_Water_Use_Efficiency_WUE_of_Field-Grown_Lettuce_Lactuca_sativa_L_under_a_Semi-Arid_Climate. Acesso em: 25 jan. 2026.
- NASCIMENTO, Warley M.; CRODA, Mariana Dierings; LOPES, Andrielle C. Amaral. Produção de sementes, qualidade fisiológica e identificação de genótipos de alface termotolerantes. **Revista Brasileira de Sementes**, [s. l.], v. 34, n. 3, p. 510 - 517, 2012. DOI <https://doi.org/10.1590/S0101-31222012000300020>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbs/a/sfWKzCgTs9Lxd74gDpQT9cr/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 25 jan. 2026.
- PAIM, Bruna Trindade. **Efeito da aplicação de estresse hídrico sob a qualidade de alface (*Lactuca sativa* L.)**. Pelotas: [s. n.], 2020. 72 p. Disponível em: https://bdtd.ibict.br/vufind/Record/UFPL_a383f12a7b8462179aee73748c47020d. Acesso em: 26 jan. 2026.
- PAULUS, Dalva *et al.* Crescimento, consumo hídrico e composição mineral de alface cultivada em hidroponia com águas salinas. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 59, n. 1, p. 110-117, jan/fev 2012. DOI <https://doi.org/10.1590/S0034-737X2012000100016>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rceres/a/rWzSKH5qFnQYm9Gm8VKdXZp/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 25 jan. 2026.
- PÔRTO, Diego Resende de Queirós *et al.* DENSIDADE POPULACIONAL E ÉPOCA DE PLANTIO NO CRESCIMENTO E PRODUTIVIDADE DA COUVE-FLOR cv. VERONA 284. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 25, n. 2, p. 92-98, mar/jun 2012. Disponível

- em: <https://periodicos.ufersa.edu.br/index.php/caatinga/article/view/2270/pdf>. Acesso em: 25 jan. 2026.
- SÁ, I. B.; SILVA, P. C. G. da. **Semiárido brasileiro: pesquisa, desenvolvimento e inovação.** [S. l.]: Embrapa Semiárido, 2010. 402 p. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/861895/semiariado-brasileiro-pesquisa-desenvolvimento-e-inovacao>. Acesso em: 25 jan. 2026.
- SALA, Fernando Cesar; COSTA, Cyro Paulino da. Retrospectiva e tendência da alfacultura brasileira. **Horticultura Brasileira**, [s. l.], p. 187-194, 2012. DOI <https://doi.org/10.1590/S0102-05362012000200002>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/hb/a/CBjR93vn5NKt4Z9BLMWWYDJ/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 25 jan. 2026.
- SANTOS, Nathany Braga *et al.* ANÁLISE DO ESPAÇAMENTO SOBRE O DESENVOLVIMENTO FISIOLÓGICO DE DIFERENTES CULTIVARES DE ALFACE. **Irriga**, Botucatu, v. 28, n. 2, p. 298-312, abril-junho 2023. DOI <http://dx.doi.org/10.15809/irriga.2023v28n2p298-312>. Disponível em: <https://revistas.fca.unesp.br/index.php/irriga/article/view/4662/3625>. Acesso em: 27 jan. 2026.
- SANTOS, Thais E. M. dos; MONTENEGRO, Abelardo A. A. Erosividade e padrões hidrológicos de precipitação no Agreste Central pernambucano. **Agriambi**, Campina Grande, v. 16, n. 8, p. 871–880, 2012. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbeaa/a/d3Bv45Wxd6nxZPLYLMDHqtL/abstract/?lang=pt>. Acesso em: 27 jan. 2026.
- SULTAN, Sonia E. Plasticidade fenotípica para o desenvolvimento, função e ciclo de vida das plantas. **Cellpress**, [s. l.], v. 5, n. 12, p. 537-542, 3 fev. 2026. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1360138500017970>. Acesso em: 27 jan. 2026.
- SHARMA, S.; YOST, Matt A.; REEVE, Jennifer R. Roles of Organic Agriculture for Water Optimization in Arid and SemiArid Regions. **Effects of Soil and Water Conservation on Sustainable Agriculture**, [s. l.], p. 1-16, 13 jun. 2025. DOI <https://doi.org/10.3390/su17125452>. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2071-1050/17/12/5452>. Acesso em: 25 jan. 2026.
- SILVA, A. D. G. et al. Balanço hídrico climatológico e classificação climática do estado do Rio Grande do Norte. *Revista Brasileira de Climatologia*, [S. l.], v. 30, n. 18, p. 798–816, 2022. DOI: 10.55761/abclima.v30i18.15240. Disponível em:

<https://ojs.ufgd.edu.br/rbclima/article/view/15240>. Acesso em: 24 jan. 2026.

SILVA, Ana Caroline Rodrigues da *et al.* Biodegradable containers affect the morphological and nutritional aspects of Eucalyptus urophylla seedlings. **Revista Brasileira de Solo**, [s. l.], 16 jun. 2025. DOI 10.36783/18069657rbcs20240216. Disponível em: <https://www.rbcsjournal.org/article/biodegradable-containers-affect-the-morphological-and-nutritional-aspects-of-eucalyptus-urophylla-seedlings/>. Acesso em: 27 jan. 2026

SILVA, André Raimundo da. **Crescimento e a produtividade da alface em função da reposição hídrica**. Orientador: Walter Esfrain Pereira. 2017. 59 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Agronomia) - Universidade Federal da Paraíba, Areia, 2017. Disponível em: <https://repositorio.ufpb.br/jspui/bitstream/123456789/4332/1/ARS21052108.pdf>. Acesso em: 25 jan. 2026.

SIMÕES, Antônio C. Qualidade da muda e produtividade de alface orgânica com condicionadores de substrato. **Horticultura Brasileira**, [s. l.], v. 33, n. 4, p. 521-526, 2025. DOI <https://doi.org/10.1590/S0102-053620150000400019>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/hb/a/FHJDPvtYphWVTX4qNQTK7yn/?lang=pt>. Acesso em: 25 jan. 2026.

SOUZA, Jacimar Luís de. **Agroecologia e agricultura orgânica princípios, métodos e práticas**. 2. ed. Vitória: [s. n.], 2015. Disponível em: <https://biblioteca.incaper.es.gov.br/digital/bitstream/item/766/1/Agroecologia-Ainfo.pdf>. Acesso em: 25 jan. 2026.

TAIZ, Lincoln *et al.* **Fisiologia e Desenvolvimento Vegetal**. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 2017. 858 p. Disponível em: <https://archive.org/details/taiz-zeiger-fisiologia-vegetal-6a-ed/mode/2up>. Acesso em: 25 jan. 2026.

TAVARES, Ana E. B. Densidade de plantio na produção de ervilha-de-vagem. **Horticultura Brasileira**, [s. l.], p. 289-293, abr-jun 2016. DOI <https://doi.org/10.1590/S0102-053620160000200021>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/hb/a/TPggnsHfF5DJMVbC67MLdFc/?lang=pt>. Acesso em: 25 jan. 2026.

TERASSI, Daniele de Souza *et al.* IMPACTO DE DIFERENTES TIPOS DE COBERTURAS NO CRESCIMENTO E DESENVOLVIMENTO DE ALFACE IRRIGADA. **Irriga**, [s. l.], v. 29, p. 317–329, 2024. DOI 10.15809/irriga.2024v29p307-329. Disponível em: <https://revistas.fca.unesp.br/index.php/irriga/article/view/4893>. Acesso em: 27 jan. 2026.

TORRES, José Luiz Rodrigues. Desempenho da alface americana e do repolho sobre diferentes resíduos vegetais. **Global Science and Technology**, Rio Verde, v. 8, n. 2, p. 87-95, mai/ago

2015. DOI 10.14688/1984-3801/gst.v8n2p87-95. Disponível em:

https://www.researchgate.net/publication/284781350_Desempenho_da_Alfaca_Americana_e_do_Repolho_Sobre_Diferentes_Residuos_Vegetais. Acesso em: 26 jan. 2026.

VASQUEZ, M. S . V. **Estudo comparativo da morfogênese foliar em seis cultivares de alface (*Lactuca sativa* L.)**. 1986. 61 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Escolar Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" - Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1986. Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11136/tde-20210919-110231/publico/VillalbaVazquezMarcosSalvador.pdf>. Acesso em: 27 jan. 2026.

ZUFFO, Alan Mario; AGUILERA, Jorge González. **Agronomia avanços e perspectivas**. [S. l]: Pantanal, 2020. 137 p. DOI <https://doi.org/10.46420/9786599120862>. Disponível em: <https://www.editorapantanal.com.br/ebooks/2020/agronomia-avancos-e-perspectivas/ebook.pdf>. Acesso em: 27 jan. 2026.

ÍNDICE REMISSIVO

Adensamento, 19, 20, 24, 35

Adensamento, 19, 20, 24, 35

Alface, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 22, 23, 25, 26, 27, 28, 29, 31, 32, 34, 35, 36, 37, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47

ANOVA, 28, 30

Biomassa, 11, 12, 13, 16, 18, 20, 26, 27, 32, 34, 36, 38, 39, 40, 41, 45, 46

Crescimento, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 23, 25, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46

Cultivo, 12, 14, 15, 16, 18, 19, 20, 25, 29, 31, 32, 35, 38, 39, 42, 44, 45, 46

Déficit hídrico, 12, 15, 17, 37, 39, 42, 43, 44

Estresse hídrico, 11, 13, 17, 18, 21, 24, 31, 32, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47

Expansão foliar, 15, 17, 18, 20, 39, 40, 41

Fisiologia, 15, 16, 20

Irrigação, 12, 15, 18, 22, 24, 27, 37, 42, 45, 46

Lactuca sativa, 11, 12, 13, 17, 22, 30, 32, 33, 35, 42, 46

Manejo, 12, 13, 14, 15, 18, 19, 20, 24, 25, 27, 28, 29, 32, 33, 35, 36, 37, 40, 41, 42, 44, 45, 46

Orgânico, 12, 19, 20, 40

Parâmetros, 12, 25, 27, 29

Pendoamento, 14, 15, 29, 32, 35, 36, 42, 43, 44, 46

Plasticidade fenotípica, 13, 32

Regressão, 28

Semiárido, 11, 12, 13, 18, 21, 32, 42, 44, 45, 46, 47

Sisvar, 28

Sustentabilidade, 12, 18, 20, 45

Tukey, 28

SOBRE AS ORGANIZADORAS



Doutora (2018) e Mestre (2014) em Ciências Florestais pela UFRPE e UFCG, respectivamente. Graduada em Engenharia Florestal pela UFCG (2012), Licenciada em Biologia (FAVENI, 2021) e Geografia (Centro Universitário Cidade Verde/UNIP, 2024). Especialista em Engenharia de Segurança do Trabalho (FIP, 2017) e Técnica em Saúde e Segurança do Trabalho (ETER, 2007). Atua no Conselho Científico da Pantanal Editora como organizadora e revisora de e-books na área de Ciências Agrárias, e integra o Conselho Editorial da Atena Editora, voltada à publicação científica. Tem ampla experiência em Extensão Rural, com atuação na Cooptera (2013-2016), elaboração de projetos técnicos e planos de desenvolvimento para assentamentos da reforma agrária. Foi professora substituta na UFAL, UEMA, UNEMAT, IFPI, IFPE e SENAI, ministrando disciplinas nos cursos de Engenharia Florestal, Agroecologia, Agronomia, Ciências Biológicas e áreas da Saúde. Atualmente, é professora visitante de Biologia no IFRN Campus Pau dos Ferros e colaboradora do PROFNIT, no mesmo campus. Possui sólida formação e experiência nas áreas de Engenharia Florestal, Silvicultura, Fisiologia Vegetal, Geotecnologias (Sensoriamento Remoto e SIG), Sistemas Agroflorestais, Educação Ambiental, Manejo da Caatinga e Segurança do Trabalho. Destaca-se ainda na Geografia Ambiental, com foco em análise de impactos ambientais, recuperação de áreas degradadas e planejamento territorial sustentável.



Técnico em Alimentos (cursando) no Instituto Federal do Rio Grande do Norte Campus Pau dos Ferros.

