

Comparação do desenvolvimento da alface sob diferentes fontes de adubação

Comparison of lettuce development under different fertilization sources

Éllen Aurora de Oliveira Moura¹

Briza Volusia Schetini Bernardes²

Thaís Fernandes de Jesus Conceschi³

Resumo: A adubação é um dos fatores determinantes para o crescimento e a produtividade da alface, especialmente em sistemas de produção que buscam conciliar desempenho agrônomo e uso de fontes orgânicas de nutrientes. O objetivo deste trabalho foi comparar o desenvolvimento da alface submetida a diferentes fontes de adubação. O experimento foi conduzido em campo, em delineamento em blocos casualizados, com quatro tratamentos e cinco blocos: tratamento mineral (T), mistura de materiais orgânicos (ME), esterco bovino (EB) e cama de frango (CF). Foram avaliados o diâmetro da cabeça em três épocas, o número de folhas em duas avaliações, o comprimento final das raízes e o peso final das plantas. Os dados foram submetidos à análise de variância e, quando significativo, ao teste de Tukey a 5%. A cama de frango apresentou os maiores valores de diâmetro nas três avaliações, maior número de folhas e maior peso final, alcançando 351,50 g por planta. O esterco bovino apresentou desempenho intermediário e, para o comprimento de raízes, não diferiu da cama de frango. Os resultados indicam resposta favorável da alface à cama de frango nas condições avaliadas, evidenciando o potencial dessa fonte orgânica para o desenvolvimento vegetativo da cultura.

Palavras-chave: *Lactuca sativa*. Adubação orgânica. Cama de frango. Esterco bovino. Produtividade.

Abstract: Fertilization is one of the main factors determining lettuce growth and productivity, particularly in production systems seeking to combine agronomic performance with the use of organic nutrient sources. This study aimed to compare lettuce development under different fertilization sources. The field experiment was arranged in a randomized block design with four treatments and five blocks: mineral treatment (T), mixture of organic materials (ME), cattle manure (EB), and poultry litter (CF). Head diameter was evaluated at three times, number of leaves at two times, as well as final root length and final plant weight. Data were subjected to analysis of variance and, when significant, means were compared by Tukey's test at 5% probability. Poultry litter resulted in the highest head diameter values across the three evaluations, the highest number of leaves, and the greatest final plant weight, reaching 351.50 g per plant. Cattle manure showed intermediate performance and did not differ from poultry litter for root length. The results indicate a favorable response of lettuce to poultry litter under

¹ Graduando em Agronomia pelas Faculdades Integradas da América do Sul

² Professora e orientadora do curso de Agronomia das Faculdades Integradas da América do Sul

³ Professora e orientadora do curso de Agronomia das Faculdades Integradas da América do Sul

the evaluated conditions, highlighting the potential of this organic source for vegetative development.

Keywords: *Lactuca sativa*. Organic fertilization. Poultry litter. Cattle manure. Yield.

1 INTRODUÇÃO

A alface (*Lactuca sativa* L.) é uma hortaliça de ciclo curto e elevada exigência nutricional, sendo seu desenvolvimento fortemente influenciado pela disponibilidade de nutrientes no solo. Em razão do sistema radicular relativamente superficial e da rápida formação da parte aérea, o manejo adequado da adubação é fundamental para o crescimento vegetativo e para o rendimento da cultura. Monchelato e Fernandes (2022), ao compararem adubação orgânica e mineral em alface, destacaram a importância do manejo nutricional e observaram que ambas as formas de adubação podem proporcionar desempenho produtivo satisfatório, dependendo das condições de cultivo.

Nesse contexto, o uso de fontes orgânicas tem despertado interesse por possibilitar o aproveitamento de resíduos de origem animal e, ao mesmo tempo, fornecer nutrientes para as plantas. Entre os materiais utilizados na horticultura estão o esterco bovino e a cama de frango, cujas características químicas e velocidade de mineralização podem resultar em respostas distintas da cultura. Suwor, Jeakkhajorn e Kramchote (2020), avaliando diferentes estercos compostados no cultivo de alface, verificaram melhor desempenho das plantas submetidas ao composto de esterco de aves, com incremento em características como número de folhas, comprimento de raízes e massa fresca.

Resultados semelhantes têm sido relatados em estudos mais recentes. Galeriani et al. (2025), ao avaliarem a cama de frango como fonte alternativa de nutrientes para alface, observaram respostas positivas no crescimento e na produtividade da cultura. Os autores verificaram aumento no diâmetro das plantas e produtividade de até 10,58 Mg ha⁻¹ no primeiro ciclo, além de resposta produtiva crescente à aplicação de cama de frango no segundo ciclo.

Embora os adubos orgânicos apresentem potencial para a produção de alface, sua eficiência pode variar em função da origem do material, composição química, grau de decomposição, dose aplicada e condições do solo. Dessa forma, a comparação entre diferentes fontes de adubação é necessária para identificar quais materiais apresentam melhor resposta agrônômica em condições específicas de cultivo.

Diante disso, parte-se da hipótese de que as diferentes fontes de adubação promovem respostas distintas no desenvolvimento da alface. Assim, o objetivo deste trabalho foi comparar o desenvolvimento de plantas submetidas à adubação mineral e a diferentes fontes orgânicas, avaliando o diâmetro da cabeça, o número de folhas, o comprimento das raízes e o peso final das plantas.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

A produção agrícola sustentável tem recebido crescente atenção em razão da necessidade de conciliar produtividade, conservação dos recursos naturais e uso racional de insumos, princípios que também são destacados pela FAO (2018) no contexto da agroecologia. Nesse contexto, a agroecologia apresenta-se como uma abordagem baseada na aplicação de princípios ecológicos aos sistemas de produção, buscando favorecer processos como ciclagem de nutrientes, conservação do solo, diversificação e maior eficiência no uso dos recursos disponíveis. Para Gliessman (2015), a agroecologia compreende o estudo e o manejo dos agroecossistemas a partir de princípios ecológicos, procurando estabelecer sistemas produtivos capazes de manter sua capacidade de produção ao longo do tempo.

A utilização de recursos disponíveis dentro ou próximos das unidades de produção constitui uma das estratégias relacionadas à sustentabilidade dos sistemas agrícolas. Wezel et al. (2020) destacam que reciclagem, eficiência, diversidade e sinergia estão entre os principais elementos associados aos sistemas agroecológicos. Nesse sentido, resíduos de origem animal podem ser utilizados como fontes de matéria orgânica e nutrientes, contribuindo para a ciclagem de elementos no sistema produtivo e reduzindo a dependência exclusiva de fertilizantes minerais.

O manejo da fertilidade do solo é um dos fatores diretamente relacionados ao crescimento e à produtividade das culturas agrícolas. A disponibilidade adequada de nutrientes durante o desenvolvimento vegetal influencia processos fisiológicos essenciais, como formação de tecidos, expansão foliar e produção de biomassa. Nos sistemas convencionais de produção, os fertilizantes minerais são amplamente utilizados por apresentarem concentração conhecida de nutrientes e, geralmente, elevada disponibilidade para absorção pelas plantas.

Apesar das vantagens relacionadas à disponibilidade dos nutrientes, a eficiência da fertilização mineral está associada ao correto dimensionamento das doses e às condições de solo e clima. Aplicações inadequadas podem resultar em perdas de nutrientes por diferentes

processos, diminuindo a eficiência da adubação e aumentando os riscos de impactos ambientais. Dessa forma, a fertilização deve ser estabelecida considerando as exigências nutricionais da cultura e as características químicas do solo (LORI et al., 2018).

Em contrapartida, os fertilizantes orgânicos apresentam dinâmica diferente no sistema solo-planta. Parte dos nutrientes presentes nesses materiais encontra-se associada à matéria orgânica e torna-se disponível gradualmente por meio dos processos de decomposição e mineralização. Além do fornecimento de nutrientes, sua utilização pode promover alterações nas propriedades físicas, químicas e biológicas do solo. Lori et al. (2018), em uma meta-análise envolvendo diferentes sistemas agrícolas, observaram que a aplicação de resíduos orgânicos pode aumentar a atividade microbiana e enzimática do solo, favorecendo processos relacionados aos ciclos do carbono, nitrogênio e fósforo.

Entre os materiais orgânicos empregados na agricultura destacam-se os resíduos provenientes da produção animal, especialmente o esterco bovino e a cama de frango. Esses materiais podem apresentar quantidades relevantes de nutrientes e matéria orgânica, embora sua composição varie de acordo com fatores como alimentação dos animais, sistema de criação, armazenamento, material utilizado na cama e tempo de decomposição. Consequentemente, a resposta das culturas à utilização dessas fontes depende da composição do resíduo, da quantidade aplicada e das condições de fertilidade do solo (ALVES JUSTINO et al., 2021; GALERIANI et al., 2025).

O esterco bovino é tradicionalmente utilizado na horticultura por representar uma fonte de nutrientes e matéria orgânica. Após sua incorporação ao solo, os nutrientes são liberados gradativamente durante a decomposição do material. Essa característica pode favorecer o fornecimento nutricional ao longo do ciclo das culturas, embora a velocidade de mineralização possa variar em função das características do material e das condições ambientais (ALVES JUSTINO et al., 2021).

A cama de frango também apresenta importância como fertilizante orgânico, principalmente em regiões onde existe produção avícola. O material é formado pela mistura do substrato utilizado no piso das instalações com excretas, penas e resíduos de alimentação das aves. Em razão dessas características, pode apresentar concentrações expressivas de nitrogênio, fósforo, potássio e outros nutrientes. Entretanto, sua utilização agrícola exige atenção quanto à composição e à dose utilizada, pois aplicações acima das necessidades nutricionais das culturas podem ocasionar acúmulo de nutrientes no solo (GALERIANI et al., 2025; SUWOR; JEAKKHAJORN; KRAMCHOTE, 2020).

Na horticultura, a adubação exerce influência direta sobre o desenvolvimento e a produtividade das plantas. Esse efeito torna-se especialmente importante em hortaliças folhosas, nas quais a parte comercial é constituída predominantemente pelos tecidos vegetativos. A alface (*Lactuca sativa* L.) apresenta crescimento rápido e ciclo relativamente curto, características que fazem com que alterações na disponibilidade de nutrientes possam resultar em respostas visíveis ainda durante o ciclo de cultivo (MONCHELATO; FERNANDES, 2022; ALGERI et al., 2018).

A nutrição adequada da alface está associada ao desenvolvimento das folhas, aumento do diâmetro das plantas, acúmulo de massa fresca e formação da parte comercial. Dessa maneira, tanto a deficiência quanto o fornecimento excessivo de determinados nutrientes podem comprometer o desenvolvimento e a qualidade das plantas. Por essa razão, diferentes fontes de fertilização têm sido avaliadas com o objetivo de identificar alternativas capazes de suprir as necessidades nutricionais da cultura (ALGERI et al., 2018; MONCHELATO; FERNANDES, 2022).

Algeri et al. (2018), ao estudarem fontes orgânicas e inorgânicas de fertilização na cultura da alface crespa, verificaram que o manejo nutricional pode interferir nas características agrônômicas das plantas. Os resultados evidenciam que diferentes fontes podem ser utilizadas na cultura, desde que proporcionem condições adequadas para o fornecimento dos nutrientes exigidos durante o período de desenvolvimento.

De maneira semelhante, Monchelato e Fernandes (2022), avaliando adubação orgânica e mineral na produção de diferentes cultivares de alface, observaram que ambos os sistemas apresentaram capacidade de promover o desenvolvimento das plantas. Nas condições avaliadas pelos autores, não foram encontradas diferenças significativas na produtividade entre a utilização de esterco bovino e a fertilização mineral, demonstrando que fontes orgânicas adequadamente manejadas podem contribuir para o fornecimento nutricional da cultura.

A utilização de resíduos orgânicos na produção de alface também foi avaliada por Alves Justino et al. (2021), que estudaram materiais de origem animal e vegetal associados ao manejo do solo. Os autores observaram que as fontes utilizadas podem influenciar características relacionadas ao desenvolvimento e à produção das plantas, reforçando que a resposta à adubação depende não apenas do tipo de resíduo, mas também das características do solo e das condições de cultivo.

Embora fertilizantes orgânicos e minerais possam fornecer os nutrientes necessários ao crescimento vegetal, suas características de disponibilização são distintas. Os fertilizantes

minerais apresentam, em geral, maior rapidez e previsibilidade na disponibilização dos nutrientes, enquanto as fontes orgânicas dependem do processo de mineralização. Por outro lado, os materiais orgânicos também contribuem para o aporte de matéria orgânica no solo, podendo proporcionar efeitos que vão além do fornecimento imediato de nutrientes (LORI et al., 2018; LAZICKI; GEISSELER; LLOYD, 2020).

Dessa forma, não é possível estabelecer de maneira generalizada que uma determinada fonte de adubação seja superior às demais, visto que a resposta das plantas está condicionada a fatores como fertilidade inicial do solo, composição dos fertilizantes, dose empregada, condições ambientais e exigências nutricionais da cultura. A avaliação comparativa entre adubação mineral, esterco bovino e cama de frango torna-se, portanto, relevante para compreender a resposta da alface a diferentes fontes nutricionais em condições específicas de cultivo (LORI et al., 2018; SHU et al., 2022).

Nesse contexto, parâmetros como número de folhas, diâmetro das plantas, massa fresca e produção podem ser utilizados para comparar o desempenho agrônomo proporcionado pelas diferentes formas de adubação. Estudos realizados em condições locais são importantes para determinar a resposta da cultura e fornecer informações que possam auxiliar na escolha de fontes de nutrientes adequadas às condições de produção (ALGERI et al., 2018; MONCHELATO; FERNANDES, 2022).

3 MATERIAIS E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na Fazenda Caçula, localizada na região do Sapé do Meio, no município de Caldas Novas, Goiás, em área destinada ao cultivo de hortaliças. Foram utilizadas plantas de alface americana (*Lactuca sativa* L.), transplantadas em 18 de junho de 2026. Os canteiros utilizados no experimento apresentavam 10 m de comprimento por 1 m de largura, e o espaçamento adotado foi de 0,25 m entre plantas e 0,25 m entre linhas. A irrigação e os demais tratos culturais foram realizados de maneira uniforme ao longo do período experimental, mantendo-se condições semelhantes de manejo entre os tratamentos.

O experimento foi conduzido em delineamento em blocos casualizados (DBC), constituído por quatro tratamentos e cinco blocos. Em cada parcela foram avaliadas quatro plantas localizadas na região central do canteiro, excluindo-se as plantas das bordaduras, com o objetivo de reduzir possíveis efeitos de borda. As quatro plantas avaliadas em cada parcela foram consideradas subamostras da unidade experimental, sendo utilizada a média dessas plantas para representar cada parcela na análise estatística. Dessa forma, o experimento foi

composto por 20 unidades experimentais, correspondentes à combinação de quatro tratamentos e cinco blocos.

Os tratamentos corresponderam a diferentes fontes de adubação. O tratamento mineral (T) recebeu 1,5 kg de superfosfato simples por canteiro, conforme cálculo de adubação realizado para a área experimental. O tratamento com esterco bovino (EB) recebeu 100 kg de esterco bovino curtido por canteiro, enquanto o tratamento com cama de frango (CF) recebeu 100 kg de cama de frango curtida por canteiro. O tratamento constituído pela mistura de materiais orgânicos (ME) recebeu 100 kg por canteiro, distribuídos em partes iguais entre cama de frango, esterco bovino, esterco de coelho e maravalha, correspondendo a 25 kg de cada material.

Tabela 1. Tratamentos utilizados no experimento com alface.

Tratamento	Identificação	Descrição
T	Tratamento mineral	Superfosfato simples, na quantidade de 1,5 kg
ME	Mistura de materiais orgânicos	100 kg no total: 25 kg de cama de frango + 25 kg de esterco bovino + 25 kg de esterco de coelho + 25 kg de maravalha.
EB	Esterco bovino	100 kg de esterco bovino.
CF	Cama de frango	100 kg de esterco de aves/cama de frango.

Antes do transplântio, os materiais orgânicos, previamente curtidos, foram distribuídos nos respectivos canteiros e incorporados ao solo por meio de revolvimento. O superfosfato simples utilizado no tratamento mineral também foi aplicado antes do transplântio, de acordo com o cálculo de adubação adotado para o experimento.

As avaliações foram realizadas aos 15, 30 e 45 dias após o transplântio (DAT). O diâmetro da cabeça foi avaliado nas três épocas. O número de folhas foi determinado aos 15 e 30 DAT. Aos 45 DAT também foram avaliados o comprimento final das raízes e o peso final das plantas.

O diâmetro da cabeça foi mensurado em centímetros, considerando-se a maior largura da parte aérea de cada planta avaliada. O número de folhas foi determinado por contagem direta das folhas desenvolvidas em cada planta. Ao final do período experimental, o comprimento das raízes foi mensurado em centímetros, e o peso final das plantas foi determinado em gramas por planta.

Os dados obtidos foram inicialmente organizados a partir da média das quatro plantas avaliadas em cada parcela, utilizando-se uma única média por unidade experimental. Em seguida, os resíduos foram submetidos ao teste de Shapiro-Wilk para verificação da normalidade e ao teste de O'Neill-Mathews para avaliação da homogeneidade das variâncias. Posteriormente, foi realizada análise de variância (ANOVA), considerando os efeitos de tratamentos e blocos. Quando constatado efeito significativo dos tratamentos, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade. As análises estatísticas foram realizadas no software R, utilizando o pacote ExpDes.pt, e os gráficos foram elaborados com o pacote ggplot2.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Houve efeito significativo das fontes de adubação sobre o diâmetro da cabeça das plantas de alface nas três épocas de avaliação, demonstrando que o manejo nutricional interferiu diretamente no desenvolvimento da parte aérea. Na primeira avaliação, a cama de frango (CF) apresentou a maior média, com 26,80 cm, seguida pelo esterco bovino (EB), com 22,50 cm, pela mistura de materiais orgânicos (ME), com 15,35 cm, e pelo tratamento mineral (T), com 13,10 cm, sendo todos os tratamentos estatisticamente distintos entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Respostas diferenciadas da alface em função da fonte de fertilização também foram observadas por Algeri et al. (2018), que verificaram alterações no desenvolvimento e na produção de biomassa da cultura quando utilizadas fontes orgânicas e minerais de nutrientes.

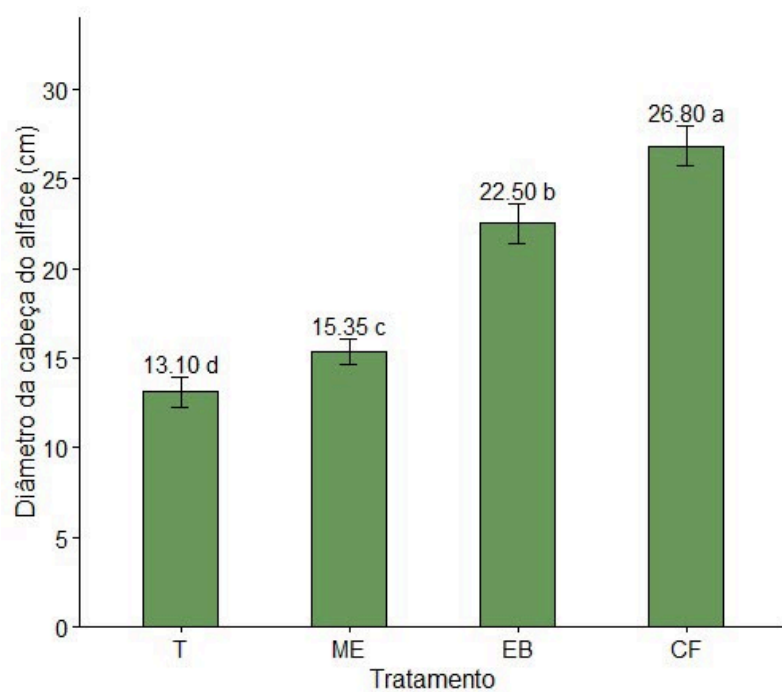


Figura 1. Diâmetro da cabeça de plantas de alface na primeira avaliação. Médias seguidas por letras diferentes diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Na segunda avaliação, a cama de frango manteve a maior média de diâmetro da cabeça, atingindo 28,10 cm e diferindo estatisticamente dos demais tratamentos. ME, EB e T apresentaram médias de 25,25, 23,80 e 23,25 cm, respectivamente, sem diferença estatística entre si. A manutenção da superioridade de CF indica que o efeito observado inicialmente não se restringiu às primeiras fases de desenvolvimento das plantas. Oliveira (2022), ao avaliar fertilizantes derivados de esterco de aves na produção de alface, também constatou que a forma e o manejo do material orgânico influenciaram significativamente variáveis relacionadas ao crescimento e à produtividade da cultura.

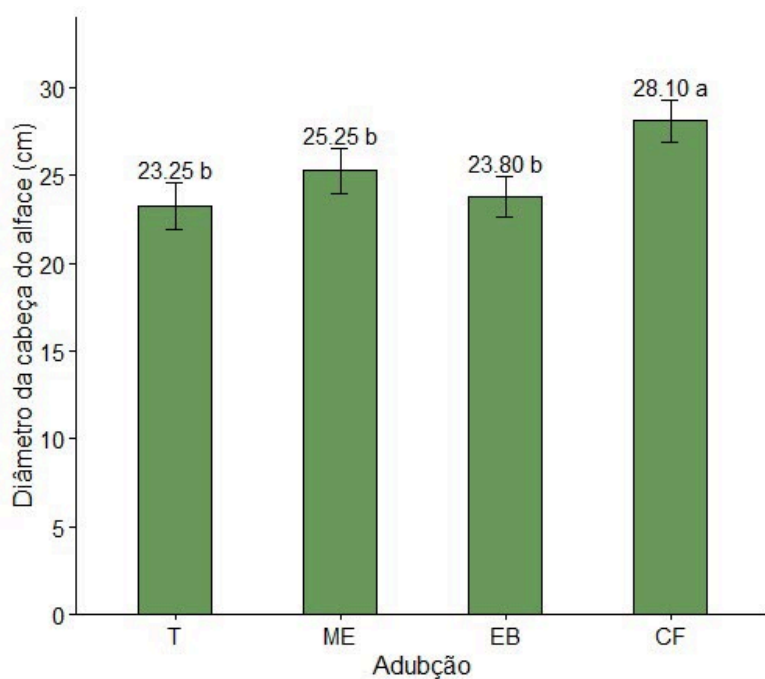


Figura 2. Diâmetro da cabeça de plantas de alface na segunda avaliação. Médias seguidas por letras diferentes diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Na terceira avaliação, a cama de frango novamente apresentou o maior diâmetro da cabeça, com média de 32,65 cm. Os tratamentos EB, ME e T apresentaram valores de 29,05, 28,85 e 28,40 cm, respectivamente, compondo o mesmo grupo estatístico. Considerando conjuntamente as três avaliações, observa-se que CF promoveu maior expansão da parte aérea durante todo o período avaliado. Esse comportamento apresenta concordância parcial com Algeri et al. (2018), que verificaram elevada produção de biomassa da alface em tratamentos que continham cama de frango, principalmente quando essa fonte foi associada à fertilização mineral. No referido estudo, as maiores biomassas frescas da parte aérea alcançaram 326,5 e 315,4 g planta⁻¹ nos tratamentos constituídos pela associação de fertilizantes orgânicos e minerais.

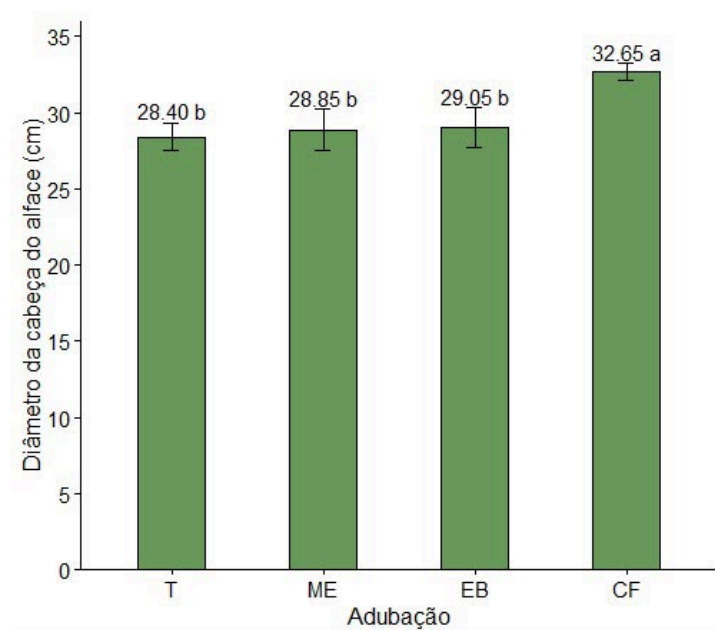


Figura 3. Diâmetro da cabeça de plantas de alface na terceira avaliação. Médias seguidas por letras diferentes diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

O número de folhas por planta também foi significativamente influenciado pelas fontes de adubação. Na primeira avaliação, CF apresentou a maior média, com 13,15 folhas planta⁻¹, seguido pelo esterco bovino, com 11,35 folhas. ME e T apresentaram 6,55 e 6,25 folhas planta⁻¹, respectivamente, sem diferença estatística entre si. O maior número de folhas observado nos tratamentos orgânicos pode estar relacionado à disponibilidade de nutrientes durante o crescimento vegetativo, embora essa hipótese não possa ser confirmada sem a caracterização química dos materiais utilizados. Estudos com fertilização orgânica em alface demonstram que a fonte e a disponibilidade de nutrientes influenciam diretamente a produção de biomassa e os componentes vegetativos da cultura (ALGERI et al., 2018; OLIVEIRA, 2022).

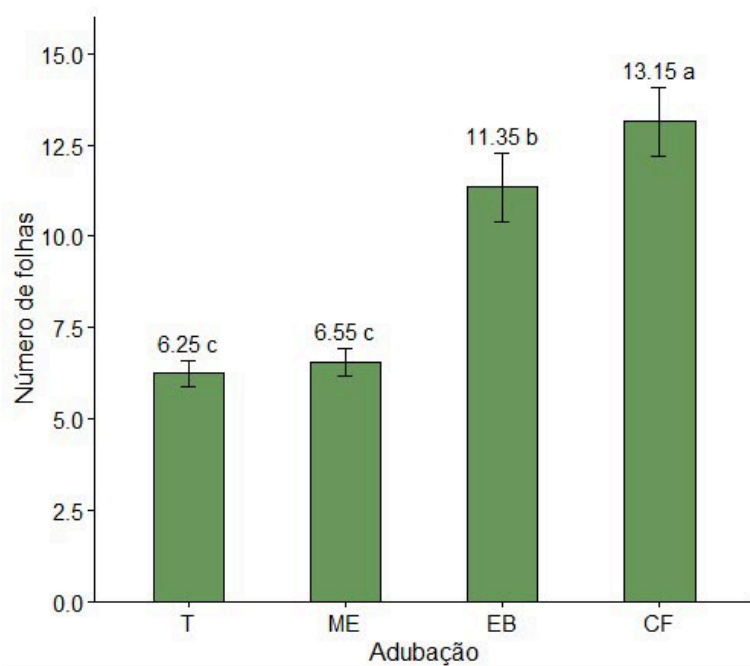


Figura 4. Número de folhas de plantas de alface na primeira avaliação. Médias seguidas por letras diferentes diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Na segunda avaliação do número de folhas, CF permaneceu com a maior média, alcançando 14,15 folhas planta⁻¹, enquanto EB, ME e T apresentaram 11,55, 10,90 e 10,85 folhas planta⁻¹, respectivamente, compondo o mesmo grupo estatístico pelo teste de Tukey. Entretanto, o teste de Shapiro-Wilk indicou desvio da normalidade dos resíduos ($p = 0,0437$). Dessa forma, embora a análise paramétrica tenha indicado diferenças entre tratamentos, esses resultados devem ser interpretados com cautela, uma vez que a normalidade dos resíduos constitui uma das pressuposições da análise de variância. Nesse caso, a confirmação dos resultados por transformação dos dados ou por abordagem não paramétrica poderia aumentar a robustez da inferência estatística.

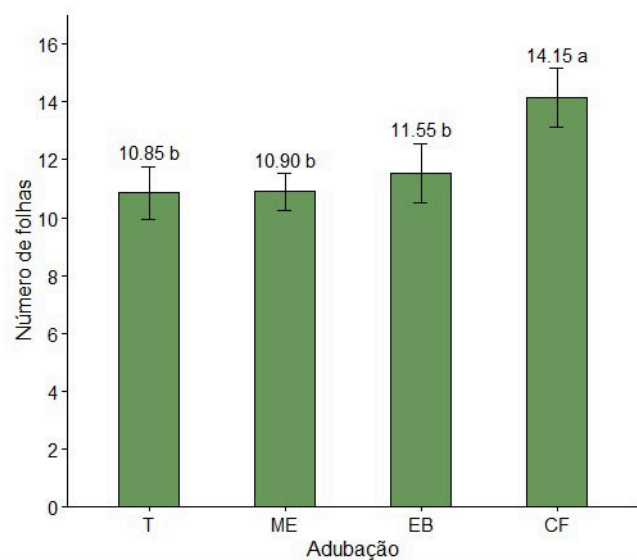


Figura 5. Número de folhas de plantas de alface na segunda avaliação. Médias seguidas por letras diferentes diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Para o comprimento final das raízes, CF e EB apresentaram as maiores médias, com 12,75 e 12,70 cm, respectivamente, sem diferença estatística entre si. ME apresentou valor intermediário de 12,30 cm, enquanto o tratamento mineral apresentou 11,15 cm. Esse resultado demonstra que o efeito das fontes de adubação sobre o sistema radicular foi menos pronunciado do que aquele observado para o crescimento da parte aérea. A utilização de fontes orgânicas pode alterar não apenas a disponibilidade de nutrientes, mas também propriedades químicas e biológicas do solo associadas ao crescimento radicular, embora tais mecanismos dependam do tipo de material e das condições de cultivo (LORI et al., 2018; SHU et al., 2022).

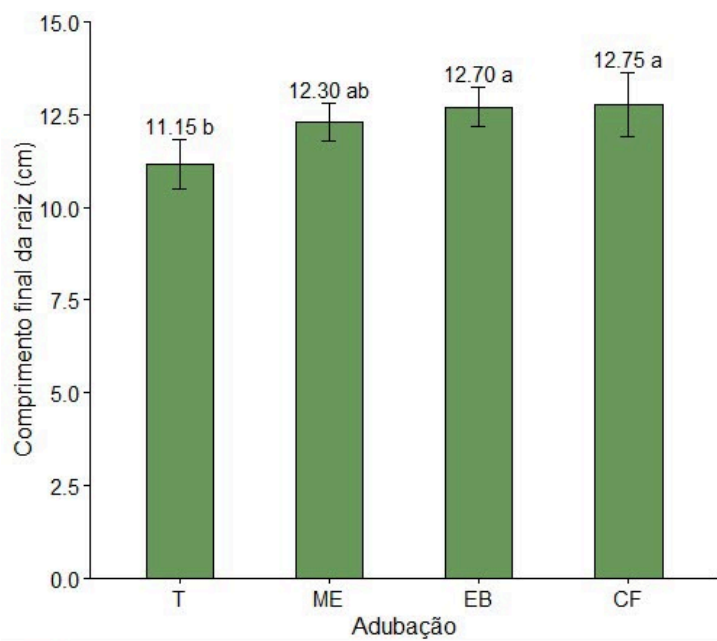


Figura 6. Comprimento final das raízes de plantas de alface. Médias seguidas por letras diferentes diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Para essa variável, o teste de Shapiro-Wilk também indicou desvio da normalidade dos resíduos ($p = 0,0147$), embora a homogeneidade das variâncias tenha sido atendida. Assim, as diferenças observadas para o comprimento radicular devem ser analisadas com cautela quanto à inferência paramétrica. Ainda assim, a proximidade entre CF e EB indica comportamento semelhante dessas duas fontes sobre o desenvolvimento radicular, resultado que pode estar associado à dinâmica de mineralização e disponibilização dos nutrientes provenientes dos materiais orgânicos (LAZICKI; GEISSELER; LLOYD, 2020).

O peso final das plantas também apresentou diferença significativa entre os tratamentos. A cama de frango apresentou a maior média, atingindo $351,50 \text{ g planta}^{-1}$. O esterco bovino alcançou $298,60 \text{ g planta}^{-1}$ e apresentou comportamento intermediário, enquanto ME e T produziram $289,00$ e $252,15 \text{ g planta}^{-1}$, respectivamente. Dessa forma, o tratamento com cama de frango apresentou peso final aproximadamente 39,4% superior ao tratamento mineral, demonstrando que as diferenças observadas durante as avaliações de crescimento se refletiram na biomassa produzida ao final do ciclo.

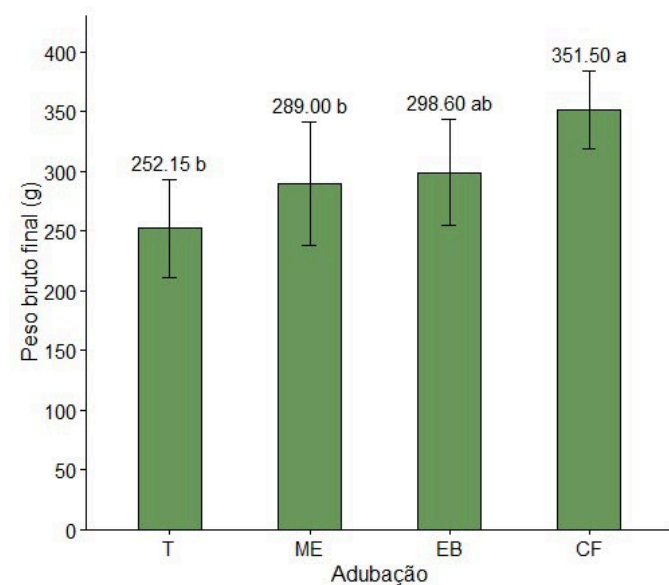


Figura 7. Peso final de plantas de alface. Médias seguidas por letras diferentes diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

O desempenho superior de CF para o peso final encontra respaldo em trabalhos que demonstraram elevada resposta da alface à utilização de resíduos provenientes da atividade avícola. Oliveira (2022) verificou que fertilizantes produzidos a partir de esterco de aves apresentaram efeito significativo sobre a biomassa e a produtividade da alface, sendo que o composto constituído por esterco de galinha e serragem apresentou produtividade máxima em dose equivalente a 300 kg de N ha⁻¹ e desempenho superior ao esterco desidratado. Esses resultados demonstram que, além da origem do fertilizante, a forma de processamento, a dose e a composição do material influenciam sua eficiência agrônômica.

Algeri et al. (2018) também observaram resposta positiva da alface a fertilizantes contendo cama de frango. Os autores verificaram que, no primeiro cultivo, as maiores produções de biomassa fresca e seca da parte aérea ocorreram quando fontes orgânicas foram combinadas com fertilização mineral, indicando que os resíduos avícolas podem participar de estratégias eficientes de fornecimento de nutrientes à cultura. Apesar de o presente experimento ter apresentado melhor desempenho com CF isoladamente, as diferenças entre os estudos reforçam que a resposta da alface depende da composição do fertilizante, das doses utilizadas, do solo e das condições de manejo.

Considerando conjuntamente diâmetro da cabeça, número de folhas e peso final, a cama de frango apresentou o desempenho agrônômico mais consistente entre as fontes avaliadas. Uma hipótese para esse comportamento é que o material tenha disponibilizado

nutrientes em quantidade e velocidade mais compatíveis com a demanda da alface durante o ciclo. A mineralização do nitrogênio proveniente de fertilizantes orgânicos, entretanto, apresenta elevada variação em função da composição e das características dos materiais, podendo ser influenciada pela concentração de carbono e nitrogênio, pelo processamento e pelas condições ambientais (LAZICKI; GEISSELER; LLOYD, 2020).

Além do fornecimento nutricional, a presença de matéria orgânica pode modificar atributos do solo relacionados ao desenvolvimento vegetal. Em meta-análise envolvendo 690 experimentos, Lori et al. (2018) verificaram que a utilização de fontes orgânicas aumentou atributos relacionados aos ciclos do carbono, nitrogênio e fósforo e esteve associada à melhoria do funcionamento biológico do solo. De maneira semelhante, Shu et al. (2022), analisando 219 estudos, verificaram que a utilização de materiais orgânicos pode aumentar a diversidade e a funcionalidade microbiana do solo e que essas alterações apresentam associação positiva com a produtividade das culturas.

Apesar disso, os resultados do presente trabalho não permitem afirmar que a maior produção observada com CF tenha sido causada diretamente por maior disponibilidade de determinado nutriente ou por alterações na atividade biológica do solo. Como não foram realizadas análises químicas dos fertilizantes utilizados nem avaliações do solo após a aplicação, essas explicações devem ser consideradas hipóteses agronômicas sustentadas pela literatura, e não mecanismos comprovados neste experimento. A importância da caracterização dos fertilizantes orgânicos está relacionada justamente à elevada variabilidade na mineralização e na disponibilização dos nutrientes entre diferentes materiais (LAZICKI; GEISSELER; LLOYD, 2020).

O esterco bovino apresentou desempenho intermediário para a maioria das variáveis, aproximando-se de CF principalmente no comprimento das raízes. Esse comportamento evidencia que diferentes resíduos orgânicos não necessariamente promovem respostas equivalentes, pois a composição química, o grau de decomposição e a velocidade de mineralização determinam quanto e quando os nutrientes se tornam disponíveis para as plantas. Estudos que comparam fertilizantes orgânicos demonstram que essa dinâmica pode variar amplamente entre compostos e esterco, afetando diretamente sua eficiência agrônoma (LAZICKI; GEISSELER; LLOYD, 2020; SHU et al., 2022).

A mistura de materiais orgânicos, embora composta por diferentes resíduos, não apresentou desempenho superior ao uso isolado da cama de frango. Esse resultado demonstra que a combinação de fontes não implica necessariamente maior disponibilidade imediata de nutrientes, pois a mineralização depende das propriedades químicas de cada componente e das

interações estabelecidas durante sua decomposição. Nesse sentido, Lazicki, Geisseler e Lloyd (2020) demonstraram que a liberação de nitrogênio por fertilizantes orgânicos é variável entre materiais e pode ser estimada a partir de características relacionadas à composição do fertilizante.

A presença de maravalha na mistura deve ser interpretada com atenção. Materiais vegetais ricos em carbono podem modificar a dinâmica de mineralização do nitrogênio, mas os dados disponíveis neste experimento não permitem atribuir o desempenho de ME especificamente a esse componente. Além disso, Oliveira (2022) observou bom desempenho da alface com composto produzido a partir da associação entre esterco de aves e serragem, demonstrando que a presença de um material lignocelulósico não determina, isoladamente, redução no desempenho da cultura. O efeito depende do processo de compostagem, da proporção utilizada e do grau de estabilização do produto.

De forma geral, os resultados demonstram que as fontes de adubação influenciaram significativamente o crescimento e a produção da alface, sendo a cama de frango o tratamento associado às maiores médias para a maior parte das características avaliadas. A resposta observada é compatível com estudos que demonstram potencial agrônomo de fertilizantes de origem avícola para a cultura da alface, porém também evidencia que os efeitos das fontes orgânicas são dependentes de dose, composição e manejo, não sendo apropriado generalizar a superioridade de uma fonte para diferentes condições de cultivo (ALGERI et al., 2018; OLIVEIRA, 2022).

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

As diferentes fontes de adubação influenciaram o desenvolvimento da alface nas condições em que o experimento foi conduzido, evidenciando respostas distintas entre os tratamentos avaliados.

A cama de frango apresentou o melhor desempenho agrônomo, com maiores médias de diâmetro da cabeça nas três avaliações, maior número de folhas e maior peso final das plantas. O esterco bovino apresentou desempenho intermediário para a maior parte das variáveis e, para o comprimento final das raízes, não diferiu estatisticamente da cama de frango.

A mistura de materiais orgânicos não proporcionou desempenho superior ao uso isolado da cama de frango, enquanto o tratamento mineral apresentou, de modo geral, menores médias para as características avaliadas. Esses resultados demonstram que, nas

condições deste estudo, a cama de frango apresentou maior potencial agrônômico como fonte orgânica de nutrientes para a cultura da alface.

Apesar dos resultados obtidos, a ausência de análises químicas do solo e dos materiais utilizados limita a identificação dos mecanismos responsáveis pelas diferenças entre os tratamentos. Dessa forma, recomenda-se que estudos futuros incluam a caracterização química das fontes de adubação, o monitoramento da fertilidade do solo e a padronização das doses com base na quantidade efetiva de nutrientes fornecida por cada material, permitindo comparações mais precisas entre fontes orgânicas e minerais.

REFERÊNCIAS

ALGERI, A.; FRIHLING, O. O.; LETTRARI, L. S.; RODRIGUES, E. J.; LUCHESE, A. V.; SATO, A. J. Response of crisp lettuce (*Lactuca sativa* L.) to organic and inorganic sources of fertilization. **Revista Agro@mbiente On-line**, Boa Vista, v. 12, n. 2, 2018. DOI: 10.18227/1982-8470ragro.v12i2.4885.

ALVES JUSTINO, F. J.; PINHEIRO NETO, R.; SENA, J. O. A.; MARQUES, P. C.; SILVA, M. J. F. Avaliação da produção orgânica de alface americana (*Lactuca sativa* L.) em função do manejo do solo e adubação com resíduos de origem animal e vegetal. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v. 16, n. 3, p. 240-248, 2021. DOI: 10.33240/rba.v16i3.23398.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS (FAO). **The 10 elements of agroecology: guiding the transition to sustainable food and agricultural systems**. Rome: FAO, 2018.

GALERIANI, T. M.; COSMO, B. M. N.; PIVETTA, L. A.; MISSIO, R. F.; LUCHESE, A. V. Tobacco stalk and poultry litter as nutrient sources for lettuce cultivation. **Revista Caatinga**, v. 38, e12833, 2025. DOI: 10.1590/1983-21252025v38i2833rc.

GLIESSMAN, S. R. **Agroecology: the ecology of sustainable food systems**. 3. ed. Boca Raton: CRC Press, 2015.

LAZICKI, P.; GEISSELER, D.; LLOYD, M. Nitrogen mineralization from organic amendments is variable but predictable. **Journal of Environmental Quality**, v. 49, n. 2, p. 483-495, 2020. DOI: 10.1002/jeq2.20030.

LORI, M. et al. Organic amendments increase crop yields by improving microbe-mediated soil functioning of agroecosystems: a meta-analysis. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 124, p. 105-115, 2018. DOI: 10.1016/j.soilbio.2018.06.002.

MONCHELATO, V. L. P.; FERNANDES, F. M. Adubação orgânica e mineral na produção da alface. **Revista AgroFIB**, v. 2, 2022. DOI: 10.59237/agrofib.v2i.574.

OLIVEIRA, G. M. **Avaliação de esterco de aves poedeiras compostado e desidratado no desempenho agrônomo de alface**. 2022. 49 f. Dissertação (Mestrado em Agricultura Orgânica) – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 2022.

SHU, X. et al. Organic amendments enhance soil microbial diversity, microbial functionality and crop yields: a meta-analysis. **Science of the Total Environment**, v. 829, art. 154627, 2022. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2022.154627.

SUWOR, P.; JEAKKHAJORN, S.; KRAMCHOTE, S. Effects of different compost manures application on growth of lettuces (*Lactuca sativa* L.). **International Journal of Agricultural Technology**, v. 16, n. 5, p. 1257-1266, 2020.

WEZEL, A.; GEMMILL HERREN, B.; BEZNER KERR, R.; BARRIOS, E.; RODRIGUES GONÇALVES, A. L.; SINCLAIR, F. Agroecological principles and elements and their implications for transitioning to sustainable food systems: a review. **Agronomy for Sustainable Development**, v. 40, art. 40, 2020. DOI: 10.1007/s13593-020-00646-z.