

UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA

Desempenho agronômico de brócolis (*Brassica oleracea* var. *italica*) e efeito residual no milho (*Pennisetum glaucum*) em resposta à aplicação de compostos orgânicos

Gabriel Bizzo Barbosa de Amorim
Magister Scientiae

**VIÇOSA - MINAS GERAIS
2026**

GABRIEL BIZZO BARBOSA DE AMORIM

Desempenho agronômico de brócolis (*Brassica oleracea* var. *italica*) e efeito residual no milho (*Pennisetum glaucum*) em resposta à aplicação de compostos orgânicos

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agroecologia, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

Orientador: Ricardo H. Silva Santos

Coorientadora: Junia Maria Clemente

**Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Central da Universidade
Federal de Viçosa - Campus Viçosa**

T

A524d
2026
Amorim, Gabriel Bizzo Barbosa de, 1991-
Desempenho agrônomo de brócolis (*Brassica oleracea*
var. italica) e efeito residual no milho (*Pennisetum glaucum*)
em resposta à aplicação de compostos orgânicos / Gabriel Bizzo
Barbosa de Amorim. – Viçosa, MG, 2026.
1 dissertação eletrônica (57 f.): il.

Inclui apêndice.

Orientador: Ricardo Henrique Silva Santos.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa,
Departamento de Agronomia, 2026.

Referências bibliográficas: f. 42-46.

DOI: <https://doi.org/10.47328/ufvbbt.2026.486>

Modo de acesso: World Wide Web.

1. Agroecologia. 2. Adubos e fertilizantes orgânicos.
3. Adubação verde. 4. Brócolis - Efeito dos compostos
orgânicos. 5. Milho - Efeito dos compostos orgânicos.
I. Santos, Ricardo Henrique Silva, 1963-. II. Universidade
Federal de Viçosa. Departamento de Agronomia. Programa de
Pós-Graduação em Agroecologia. III. Título.

CDD 22. ed. 630.277

GABRIEL BIZZO BARBOSA DE AMORIM

Desempenho agronômico de brócolis (*Brassica oleracea* var. *italica*) e efeito residual no milheto (*Pennisetum glaucum*) em resposta à aplicação de compostos orgânicos

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agroecologia, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

APROVADA: 28 de julho de 2026.

Assentimento:

Gabriel Bizzo Barbosa de Amorim
Autor

Ricardo Henrique Silva Santos
Orientador

Essa dissertação foi assinada digitalmente pelo autor em 20/08/2026 às 19:08:11 e pelo orientador em 20/08/2026 às 19:24:29. As assinaturas têm validade legal, conforme o disposto na Medida Provisória 2.200-2/2001 e na Resolução nº 37/2012 do CONARQ. Para conferir a autenticidade, acesse <https://siadoc.ufv.br/validar-documento>. No campo 'Código de registro', informe o código **HJYL.V27R.9B3F** e clique no botão 'Validar documento'.

AGRADECIMENTOS

Este trabalho foi realizado com o apoio das seguintes agências de pesquisa brasileiras: Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001, Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG) e Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq).

Agradeço ao meu Pai e Mãe Divinos, que sustentam e guiam meu caminhar. À minha família pelo amparo e estímulo para vencer os desafios. Aos professores, professoras e colegas estudantes que me auxiliaram com respeito e atenção. Aos funcionários dos departamentos em que trabalhei, pela cordialidade e amizade construída ao longo dessa jornada. Aos amigos, presentes no cotidiano.

RESUMO

AMORIM, Gabriel Bizzo Barbosa de, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, julho de 2026. **Desempenho agrônomo de brócolis (*Brassica oleracea* var. *italica*) e efeito residual no milho (*Pennisetum glaucum*) em resposta à aplicação de compostos orgânicos.** Orientador: Ricardo Henrique Silva Santos. Coorientadora: Junia Maria Clemente.

A dependência brasileira de fertilizantes minerais importados, associada aos impactos ambientais de sua produção e uso, reforça a necessidade de avaliar fontes alternativas de nutrientes para sistemas agrícolas. Nesse contexto, este estudo avaliou o efeito de doses de quatro compostos orgânicos sobre o crescimento, a produção e o acúmulo de nutrientes em brócolis (*Brassica oleracea* var. *italica*) BRO 68®, bem como o efeito residual desses compostos sobre a produção da massa de matéria seca de milho BRS 1501 (*Pennisetum glaucum*) cultivado em sucessão. O trabalho caracterizou os compostos Composta Vida (C-Vida), APEPI sem enriquecimento fosfatado (P-), APEPI enriquecido com fosfato natural (P+) e Agricultura familiar de Acaiaca (Aca), quanto aos atributos químicos e sanitários. O delineamento foi o de blocos casualizados, em esquema fatorial $4 \times 4 + 1$, com quatro compostos, quatro doses equivalentes a 150, 300, 450 e 600 kg ha⁻¹ de nitrogênio (N), além de uma testemunha sem adubação. As doses foram aplicadas integralmente antes do cultivo de brócolis, e o milho foi cultivado posteriormente nos mesmos vasos, sem nova adubação. Avaliaram-se a área do dossel, a massa de matéria seca da parte aérea, a massa de matéria fresca da inflorescência, o conteúdo de nutrientes na parte aérea de brócolis e a massa de matéria seca do milho. Os compostos apresentaram teores de metais pesados dentro dos limites legais avaliados, enquanto o composto C-Vida apresentou número mais provável de coliformes termotolerantes acima do limite permitido. No brócolis, o aumento das doses favoreceu o crescimento da área do dossel, de forma quadrática e o acúmulo de N na parte aérea, mas não promoveram aumento linear da produção da massa de matéria fresca da inflorescência. A produção comercial foi mais eficiente na dose intermediária, com destaque para os compostos Aca e P+ na dose de 450 kg ha⁻¹ de N. Os conteúdos de P, K, Ca, Mg e S não foram significativamente influenciados pelos tratamentos, provavelmente em razão da elevada fertilidade inicial do solo. O milho apresentou aumento linear da massa de matéria seca em função das doses aplicadas antes do cultivo do brócolis, demonstrando efeito residual dos compostos orgânicos. Conclui-se que os compostos avaliados apresentam potencial agrônomo, mas seu manejo deve considerar não apenas o teor de N

total, como também a composição nutricional do material, a fertilidade do solo, a cultura cultivada e o objetivo do sistema de produção. Neste trabalho é perceptível que as doses representaram maior relevância na produção comercial de brócolis, acúmulo de N no tecido de brócolis e efeito residual na produção de massa de matéria seca do milho, do que as fontes de adubação.

Palavras-chave: compostagem; agroecologia; adubação orgânica

ABSTRACT

AMORIM, Gabriel Bizzo Barbosa de, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, July, 2026. **Agronomic performance of broccoli (*Brassica oleracea* var. *italica*) and the residual effect on pearl millet (*Pennisetum glaucum*) in response to the application of organic composts.** Adviser: Ricardo Henrique Silva Santos. Co-adviser: Junia Maria Clemente.

Brazil's dependence on imported mineral fertilizers, together with the environmental impacts associated with their production and use, reinforces the need to evaluate alternative nutrient sources for agricultural systems. In this context, this study evaluated the effects of four organic composts applied at different rates on the growth, yield, and nutrient accumulation of BRO 68® broccoli (*Brassica oleracea* var. *italica*), as well as the residual effects of these composts on the dry matter production of BRS 1501 millet (*Pennisetum glaucum*) grown in succession. The Composta Vida (C-Vida), APEPI without phosphate enrichment (P), APEPI enriched with rock phosphate (P+), and Acaiaca Family Farming (Aca) composts were characterized according to their chemical and sanitary attributes. The experiment was conducted in a randomized block design, arranged in a $4 \times 4 + 1$ factorial scheme, consisting of four composts, four rates equivalent to 150, 300, 450, and 600 kg ha⁻¹ of nitrogen (N), and an unfertilized control. The full rates were applied before broccoli cultivation, and millet was subsequently grown in the same pots without additional fertilization. Broccoli canopy area, shoot dry matter mass, inflorescence fresh matter mass, shoot nutrient content, and millet dry matter mass were evaluated. The composts contained heavy metal concentrations within the legal limits assessed, whereas the C-Vida compost had a most probable number of thermotolerant coliforms above the permitted limit. In broccoli, increasing application rates quadratically promoted canopy area growth and increased shoot N accumulation, but did not result in a linear increase in inflorescence fresh matter production. Marketable yield was more efficient at the intermediate rate, particularly with the Aca and P+ composts applied at 450 kg ha⁻¹ of N. The P, K, Ca, Mg, and S contents were not significantly affected by the treatments, probably because of the high initial soil fertility. Millet dry matter mass increased linearly as a function of the rates applied before broccoli cultivation, demonstrating the residual effect of the organic composts. It was concluded that the evaluated composts have agronomic potential; however, their management should consider not only their total N content but also the nutrient composition of the material, soil fertility, the crop being grown, and the objective of the production system. In this study, application rates were more relevant than fertilizer sources to marketable broccoli yield, N

accumulation in broccoli tissue, and the residual effect on millet dry matter production.

Keywords: composting; agroecology; organic fertilization

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	9
2. OBJETIVOS	12
2.1. Objetivo geral	12
2.2. Objetivos específicos.....	12
3. METODOLOGIA.....	13
3.1. Aspectos Gerais e Delineamento Experimental	13
3.2. Caracterização dos compostos orgânicos	14
3.3. Caracterização do solo	17
3.4. Avaliações do crescimento e produção de brócolis.....	18
Avaliação do acúmulo de nutrientes na parte aérea do brócolis.....	18
3.5.....	18
3.6. Avaliação do efeito residual sobre o cultivo de milho.....	18
3.7. Análise Estatística.....	18
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	19
4.1. Teores de metais pesados nos compostos orgânicos	19
4.2. Presença de contaminantes biológicos nos compostos orgânicos.....	20
4.3. Avaliações do crescimento e produção das culturas.....	21
4.3.1. Crescimento da área do dossel de brócolis	21
4.3.3. Massa de matéria fresca da inflorescência de brócolis	25
4.3.4. Acúmulo da massa de matéria seca do milho	28
4.4. Avaliação dos efeitos das diferentes doses e tipos de compostos sobre o acúmulo de nutrientes nas plantas de brócolis	31
4.4.1. Conteúdo de N da parte aérea	31
4.4.2. Conteúdo de P, K, Ca, Mg e S da parte aérea	33
4.5. Integração geral dos resultados.....	39
5. CONCLUSÃO	40
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	42
APÊNDICE ESTATÍSTICO.....	47

1. INTRODUÇÃO

A agricultura brasileira depende fortemente do uso de fertilizantes minerais para manter elevados níveis de produtividade. Entretanto, a produção nacional ainda é insuficiente para atender à demanda interna, tornando o país altamente dependente das importações desses insumos. Segundo dados da Associação Nacional para Distribuição de Adubos (ANDA), o consumo médio anual de fertilizantes minerais no Brasil foi de 46.852.432 toneladas entre 2023 e 2025. Desse total, aproximadamente 88% corresponderam a produtos importados, representando um custo anual médio de 25 bilhões de dólares, sem considerar as despesas relacionadas à logística em território nacional (Brasil, 2023).

Essa dependência é especialmente preocupante para os fertilizantes nitrogenados, fosfatados e potássicos, nutrientes requeridos em maiores quantidades pelas culturas. Além de tornar a agricultura brasileira vulnerável às oscilações do mercado internacional (Palhares *et al.*, 2022), esse cenário afeta de forma mais intensa os agricultores familiares, que normalmente possuem menor capacidade de investimento e maior dificuldade para absorver aumentos nos custos de produção.

Em resposta a essa situação, o Conselho Nacional de Fertilizantes e Nutrição de Plantas (Confert) aprovou, em 2023, as diretrizes, metas e ações do novo Plano Nacional de Fertilizantes (PNF). O plano busca reduzir a dependência externa do país, ampliar a competitividade da produção agrícola brasileira e contribuir para a segurança alimentar. Entre suas metas, destaca-se a expectativa de que, até 2050, a produção nacional seja capaz de atender entre 45% e 50% da demanda interna por fertilizantes (Brasil, 2023).

Além da dependência econômica, a produção de fertilizantes minerais também está associada a impactos ambientais relevantes. Os fertilizantes fosfatados e potássicos são obtidos a partir da exploração de jazidas minerais, cujas reservas são finitas e cuja mineração e beneficiamento contribuem para a emissão de gases de efeito estufa (Bacelo *et al.*, 2020; Ernani *et al.*, 2007; Novais *et al.*, 2007).

Entre os fertilizantes minerais, os nitrogenados apresentam o maior custo energético de produção. A conversão industrial do N_2 atmosférico em NH_3 exige elevadas temperaturas e pressões, além da utilização de combustíveis fósseis (Cantarella, 2007). Embora avanços tecnológicos tenham aumentado a eficiência

desse processo, a fabricação desses fertilizantes continua sendo uma importante fonte de emissão de gases de efeito estufa. Segundo Menegat, Ledo e Tirado (2022), a cadeia de suprimento dos fertilizantes nitrogenados sintéticos é responsável por aproximadamente 2,1% das emissões globais de gases de efeito estufa e por 10,6% das emissões relacionadas às atividades agrícolas. Desse total, 38,8% são provenientes da fabricação, 58,6% da aplicação no campo e 2,6% do transporte.

Além disso, o óxido nitroso (N_2O) apresenta elevada estabilidade na atmosfera, alcançando a estratosfera, onde participa de reações que contribuem para a degradação da camada de ozônio. Esse gás também possui potencial de aquecimento global cerca de 296 vezes superior ao do CO_2 (Rocha; Cardoso, 2021).

Nesse contexto, a reciclagem dos nutrientes presentes em resíduos orgânicos provenientes das atividades agropecuárias e urbanas representa uma estratégia importante para reduzir a dependência de fertilizantes minerais e promover sistemas agrícolas mais sustentáveis.

Os fertilizantes orgânicos constituem fonte de macro e micronutrientes essenciais às plantas (Ernani *et al.*, 2007). Entre as alternativas disponíveis, destaca-se a compostagem, processo biológico predominantemente aeróbio capaz de transformar resíduos orgânicos em um material estabilizado que pode ser utilizado como fertilizante (Brasil, 2017). Quando realizada em condições controladas e utilizando matérias-primas adequadas, a compostagem produz um fertilizante orgânico de qualidade (Santos *et al.*, 2011).

Além do fornecimento de nutrientes, os compostos orgânicos contribuem para a melhoria das propriedades físicas, químicas e biológicas do solo. Em ambientes tropicais, onde o intemperismo tende a ser mais intenso, sua utilização favorece a manutenção da matéria orgânica, a estabilização dos agregados, a infiltração e retenção de água, a resistência à erosão, a atividade biológica, a capacidade de troca catiônica e a disponibilidade de nutrientes para as plantas (Santos *et al.*, 2008).

A matéria-prima utilizada na compostagem pode ser obtida tanto em áreas rurais quanto urbanas. Nos agroecossistemas, resíduos vegetais e excretas animais representam importantes fontes de nutrientes que podem ser reciclados, reduzindo a necessidade de aquisição de fertilizantes minerais (Santos *et al.*, 2011). Nas cidades, resíduos alimentares provenientes de domicílios e estabelecimentos comerciais também apresentam elevado potencial de aproveitamento. Quando destinados

inadequadamente a lixões e aterros sanitários, esses materiais deixam de ser reutilizados e podem contribuir para problemas ambientais e sanitários.

Na cidade de Viçosa, Minas Gerais, onde está localizada a Universidade Federal de Viçosa (UFV), com 76.430 habitantes (IBGE, 2022), os desafios relacionados à gestão dos resíduos orgânicos acompanharam o crescimento urbano do município (Maria; Faria; Stephan, 2014). Ao mesmo tempo, esse cenário oferece oportunidades para o desenvolvimento de alternativas voltadas ao aproveitamento desses resíduos, favorecidas pela atuação da UFV nas áreas de ensino, pesquisa e extensão.

Também merece destaque a atuação da Associação dos Trabalhadores da Usina de Triagem e Reciclagem de Viçosa (ACAMARE) e da Associação dos Catadores de Materiais Recicláveis de Viçosa (ACAT), instituições que contribuem para a separação dos resíduos na fonte, para a educação socioambiental e para a destinação ambientalmente adequada dos resíduos sólidos (Fernandes *et al.*, 2020). Além disso, propriedades rurais de Viçosa e região disponibilizam resíduos vegetais e de origem animal que também podem ser utilizados na produção de fertilizantes orgânicos.

Embora diversos estudos demonstrem os benefícios da compostagem e da utilização de fertilizantes orgânicos, ainda existem poucas informações comparando compostos produzidos a partir de diferentes matérias-primas disponíveis regionalmente quanto à sua eficiência agrônômica. Além disso, são escassos os estudos que avaliam, de forma conjunta, o efeito desses compostos sobre uma cultura comercial e seu efeito residual em um cultivo subsequente. A geração dessas informações é importante para ampliar o aproveitamento agrícola dos resíduos orgânicos e subsidiar recomendações de manejo mais eficientes e sustentáveis.

Entre as culturas com elevada demanda nutricional, destaca-se o brócolis (*Brassica oleracea* var. *italica*), cultivado em aproximadamente 15 mil hectares no Brasil, principalmente nas regiões Sudeste, Sul e Centro-Oeste. Além da importância econômica, trata-se de uma hortaliça reconhecida pelo elevado valor nutricional e pela grande capacidade de extração de nutrientes do solo (Embrapa, 2015).

Como cultura subsequente, foi escolhido o milheto (*Pennisetum glaucum*), da cultivar BRS 1501, espécie que apresenta elevada produção de massa seca, boa adaptação às condições de deficiência hídrica e ampla utilização em sistemas de

sucessão de culturas e plantio direto (EMBRAPA, 2016). Essas características fazem do milho uma cultura adequada para avaliar o efeito residual da adubação orgânica (Sobrinho *et al.*, 2022).

Diante desse contexto, este estudo buscou responder à seguinte questão de pesquisa: Diferentes compostos orgânicos produzidos a partir de resíduos disponíveis na microrregião de Viçosa e suas doses de aplicação influenciam o crescimento e a produtividade do brócolis e o crescimento do milho cultivado sob efeito residual?

Partiu-se da hipótese de que as maiores doses dos compostos orgânicos resultarão em maior crescimento e produção do brócolis e em maior crescimento do milho sob efeito residual. Considerou-se, ainda, que a utilização de compostos orgânicos produzidos a partir de resíduos disponíveis na microrregião de Viçosa constitui uma alternativa com potencial para o aproveitamento desses materiais na agricultura.

Com base nessa hipótese, o presente estudo foi desenvolvido visando gerar informações sobre o desempenho agrônomo de diferentes compostos orgânicos produzidos regionalmente. Espera-se que os resultados contribuam para ampliar o conhecimento sobre o uso desses fertilizantes, fornecendo subsídios para seu emprego mais eficiente em sistemas de produção agrícola e para o aproveitamento sustentável de resíduos orgânicos.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo geral

Avaliar o efeito de diferentes compostos orgânicos, aplicados em doses crescentes de N, sobre o crescimento, a produção e o estado nutricional do brócolis (*Brassica oleracea* var. *italica*), BRO 68®, bem como sobre o crescimento do milho (*Pennisetum glaucum*), BRS 1501, em cultivo sob efeito residual.

2.2. Objetivos específicos

- Caracterizar quimicamente e biologicamente os compostos orgânicos utilizados no experimento;

- Avaliar o crescimento, produção e acúmulo de nutrientes pelas plantas de brócolis;
- Avaliar o efeito residual dos compostos orgânicos sobre o crescimento do milho;
- Comparar o desempenho agrônomo dos diferentes compostos orgânicos quanto ao cultivo do brócolis e ao efeito residual sobre o milho.

3. METODOLOGIA

3.1. Aspectos Gerais e Delineamento Experimental

O experimento foi conduzido a campo e a pleno sol no *campus* universitário da UFV, em Viçosa, localizado nas coordenadas geográficas 20°45'59.6"S e 42°52'09.9"W, em altitude de 658 metros. O clima local é definido como Aw, clima tropical com inverno seco e verão quente e chuvoso, segundo classificação de Köppen.

O estudo avaliou o efeito de doses de quatro compostos orgânicos, em cultivos subsequentes de brócolis e milho. As doses foram aplicadas integralmente antes do cultivo dos brócolis. Com o objetivo de avaliar o efeito residual das doses e compostos, o milho foi cultivado nos mesmos vasos dos brócolis, sem qualquer adubação.

As doses foram determinadas a partir das recomendações mínimas e máximas de N, considerando o tempo mais provável de mineralização do nutriente contido no composto orgânico (Embrapa, 2015), sendo estabelecidas em 150 kg, 300 kg, 450 kg e 600 kg de N ha⁻¹. As quantidades de cada composto foram determinadas de acordo com o teor de N na massa da sua matéria seca, levando em conta seus respectivos teores de umidade. A equivalência de composto aplicada em cada vaso foi calculada considerando a proporção em volume de 2000000 de litros/ha, para 20 litros em cada vaso. Os compostos foram misturados aos primeiros 20 centímetros de solo contido nos vasos.

Cada vaso representou uma unidade experimental, que acomodou uma única planta. Foram instaladas quatro repetições para cada um dos 16 tratamentos com os compostos, e quatro repetições para o tratamento controle (somente solo), totalizando 68 parcelas experimentais organizadas em blocos casualizados para facilitar a

distribuição das mangueiras de irrigação (1 mangueira por bloco). Os cultivos foram irrigados por gotejamento, de acordo com a percepção tátil da umidade do solo e da visualização de sinais de murcha das folhas.

O brócolis híbrido, BRO 68®, foi plantado no dia 4 de junho de 2025 e colhido nos dias 16, 19, 26 e 28 de agosto (67, 70, 77 e 79 dias após o plantio, respectivamente), de acordo com a maturidade floral de cada planta.

Para avaliação do efeito residual, após o primeiro cultivo de brócolis, foi conduzido o cultivo subsequente do milho BRS 1501, nos mesmos vasos, sem qualquer adubação. O milho foi semeado no dia 8 de setembro de 2025, mantendo-se 40 plantas por vaso após o desbaste.

3.2. Caracterização dos compostos orgânicos

Foram avaliados quatro compostos orgânicos com diferentes matérias-primas: (i) Composto Vida (C-Vida), produzida a partir de resíduos alimentares domésticos e serragem; (ii) APEPI (P-), composta por bagaço de cana-de-açúcar, esterco de aves e esterco bovino; (iii) APEPI (P+), produzida com a mesma composição da anterior, acrescida de fosfato natural; e (iv) composto proveniente da agricultura familiar de Acaiaca (Aca), constituído por bagaço de cana-de-açúcar, vinhaça, cinzas, esterco de aves e esterco bovino. O tratamento controle não recebeu adubação nitrogenada, orgânica ou mineral. Para caracterização dos compostos, foram avaliados os teores totais de P (fósforo), K (potássio), Ca (Cálcio), Mg (Magnésio), S (Enxofre), Zn (Zinco), Fe (Ferro), Mn (Manganês), Cu (Cobre), B (Boro), e Na (Sódio) pelo método de digestão em ácido nítrico e ácido perclórico. Também foram determinados o teor de N total (método Kjeldahl) e o teor de umidade, por meio de secagem dos compostos até o massa constante.

A **Tabela 1** apresenta os teores de nutrientes, umidade e pH encontrados, em matéria seca, dos compostos orgânicos: Composta Vida (C-Vida), APEPI (P- e P+) e da Agricultura familiar de Acaiaca (Aca).

Tabela 1 - Teores de nutrientes, umidade e pH encontrados, em matéria seca, dos compostos orgânicos: Composta Vida (C-Vida), APEPI (P- e P+) e da Agricultura familiar de Acaiaca (Aca)

	N	P	K	Ca	Mg	S	CO	C/N
--	---	---	---	----	----	---	----	-----

Identificação	----- % -----							
P-	1,15	1,13	0,80	24,56	0,75	0,49	4,83	4,20
+P+	1,51	2,21	0,80	29,68	0,66	0,69	6,08	4,03
C-Vida	2,18	0,32	0,56	5,86	0,29	0,38	16,22	7,44
Aca	0,90	0,72	1,84	4,94	0,80	0,58	4,52	5,02

Identificação	Zn	Fe	Mn	Cu	B	Na	Umidade	pH
	----- ppm -----					----- % -----		(H ₂ O)
P-	352,00	21360,00	918,40	56,80	20,35	0,043	26,80	7,71
P+	568,00	16240,00	1168,00	118,40	78,85	0,057	40,70	7,18
C-Vida	44,80	9296,00	216,00	17,60	34,60	0,030	21,40	6,64
Aca	107,70	19920,00	1168,00	135,00	17,23	0,084	35,90	7,17

Teores totais, determinados no extrato ácido (ácido nítrico e ácido perclórico); N - Método do Kjeldahl; CO (Carbono Orgânico) - Método Walkley Black; Umidade - Secagem em estufa a 75° até massa constante

Os teores de arsênio; cádmio; chumbo; cromo; cobre; níquel e zinco, foram determinados no laboratório de Espectroscopia de Absorção Atômica do Departamento de Solos da UFV, por meio da Espectroscopia de Emissão Óptica por Plasma Acoplado Indutivamente (ICP-OES). A digestão dos compostos para análise foi realizada em microondas por meio da Metodologia 3051a.

Os teores de arsênio, cádmio, cromo total, níquel e chumbo determinados por meio de Espectroscopia de Emissão Óptica por Plasma Acoplado Indutivamente (ICP-OES) estão apresentados na **Tabela 2**.

Tabela 2 – Teores de metais pesados nos compostos orgânicos Composta Vida (C-Vida), APEPI (P- e P+) e da Agricultura familiar de Acaiaca (Aca).

Identificação da amostra	As	Cd	Cr (total)*	Ni	Pb
	mg/kg				
P-	nd	nd	19,01	9,62	4,33
P+	nd	nd	22,21	10,86	3,39

C-Vida	nd	nd	7,97	2,83	nd
Aca	nd	nd	16,45	7,21	2,8
	20	3	500	70	150

Teores máximos segundo Anexo V e Anexo IV* da Instrução Normativa SDA nº 7, 12 de abril de 2016.

nd = Não detectado.

A presença e concentração de coliformes termotolerantes foi avaliada utilizando a técnica do número mais provável (NMP), começando pelo teste presuntivo em caldo LST, seguido pelo confirmativo em caldo EC e pela confirmação da presença de *Escherichia coli* em ágar EMB e testes bioquímicos (ABNT, 2022). De acordo com a metodologia proposta pelo Anexo V da Instrução Normativa do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, SDA nº 7, 12 de abril de 2016. A caracterização microbiológica para coliformes termotolerantes e *E. coli* estão apresentadas na **Tabela 3** e **Tabela 4**, respectivamente.

Tabela 3 – Número mais provável de coliformes termotolerantes nos compostos orgânicos Composta Vida (C-Vida), APEPI (P- e P+) e da agricultura familiar de Acaiaca (Aca)

Amostra	Valor máximo admitido (NMP/g de MS) *	Resultado (NMP/g de MS) *	Método da análise
P-	$1,0 \times 10^3$	< 3,0	
P+	$1,0 \times 10^3$	3,6	
C-Vida	$1,0 \times 10^3$	> $1,1 \times 10^3$	ABNT NBR ISO 7251:2022
Aca	$1,0 \times 10^3$	< 3,0	

*NMP/g de MS: Número mais provável por grama de matéria seca.

Tabela 4 - Número mais provável de *E. coli* nos compostos orgânicos Composta Vida (C-Vida), APEPI (P- e P+) e da Agricultura familiar de Acaiaca (Aca)

Amostra	Valor máximo admitido (NMP/g de MS) *	Resultado (NMP/g de MS) *	Método da análise
P-	Não definido pela norma**	< 3,0	

P+	Não definido pela norma**	3,6			
C-Vida	Não definido pela norma**	<3,0			
Aca	Não definido pela norma**	< 3,0	ABNT 7251:2022	NBR	ISO

*NMP/g de MS: Número mais provável por grama de matéria seca.

Com as análises supracitadas, foi possível avaliar e classificar os compostos orgânicos quanto às suas possibilidades de enquadramento nas categorias de fertilizantes orgânicos e organominerais, conforme as determinações do Decreto nº 4.954, de 14 de janeiro de 2004 e pela Instrução Normativa nº 61, de 08 de julho de 2020 do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento.

3.3. Caracterização do solo

O solo utilizado no experimento foi caracterizado antes da aplicação dos compostos orgânicos. A análise granulométrica indicou teores de 42%, 17% e 41% de argila, silte e areia, respectivamente, classificando-o como um solo argiloso. Suas características químicas encontram-se apresentadas na **Tabela 5**.

Tabela 5 – Características químicas de amostras do solo dos vasos do experimento

pH H ₂ O	P		K		Na	
	-----		mg/dm ³	-----		
6,4	31,2		390		-	
Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	H+Al	SB	(t)	(T)
-----			cmol/dm ³	-----		
2,78	0,64	0,0	1,32	4,42	4,42	5,74
V(%)	M(%)	ISNa(%)	MO(%)	P-rem		
77	0	-	1,61	33,2		
Zn	Fe	Mn	Cu	B		S
-----			mg/dm ³	-----		
1,3	16,1	34,5	1,4	0,06		13,75

pH em água, KCl e CaCl_2 - Relação 1:2:5; P - Na - K - Fe - Zn - Mn - Cu - Extrator Mehlich 1; Ca - Mg - Al - Extrator KCl - 1 mol/L; H + Al - Extrator Acetato de Cálcio 0,5 mol/L - pH 7,0; B - Extrator água quente; S - Extrator - Fosfato monocálcico em ácido acético; SB = Soma de Bases Trocáveis; CTC (t) - Capacidade de Troca Catiônica efetiva; CTC (T) - Capacidade de Troca Catiônica a pH 7,0; V = Índice de Saturação de Bases; m = Índice de Saturação de Alumínio; ISNa = Índice de Saturação de Sódio; Mat. Org. (MO) = C. Org. x 1,724 - Walkley-Black; P-rem = P Remanescente.

3.4. Avaliações do crescimento e produção de brócolis.

Para o cultivo de brócolis, foram realizadas avaliações do crescimento das plantas por meio da estimativa da área do dossel aos 16, 32, 47 e 63 dias após o plantio (DAP), correspondentes às datas de 18/06, 04/07, 19/07 e 04/08, respectivamente. Os valores foram obtidos a partir da média de dois diâmetros perpendiculares medidos entre as extremidades das folhas da mesma planta, utilizando a linha de irrigação de cada bloco como referência para padronização das medições. A área do dossel foi então estimada a partir desses diâmetros.

Ao final do cultivo, realizou-se a colheita, sendo a produção (g planta^{-1}) determinada pela massa de matéria fresca da inflorescência, obtida após o corte realizado logo abaixo da inserção da haste mais baixa. Em seguida, foram determinadas as massas de matéria fresca e seca da inflorescência, das folhas e do caule, permitindo estimar o teor de umidade de cada um desses órgãos.

3.5. Avaliação do acúmulo de nutrientes na parte aérea do brócolis

Foram amostrados todos os órgãos da parte aérea das plantas. Após a coleta, o material vegetal foi seco em estufa a 60 °C até massa constante e, posteriormente, moído em moinho do tipo Willey. As amostras foram submetidas à digestão em ácido nítrico e ácido perclórico para determinação das concentrações de P, K, Ca, Mg e S, e à digestão sulfúrica (método Kjeldahl) para determinação da concentração de N, conforme metodologia descrita pela Embrapa Solos (2000).

3.6. Avaliação do efeito residual sobre o cultivo de milho

Para o cultivo do milho, foi determinada a produção de massa da matéria fresca e seca acumulada de dois cortes, realizados a 5,0 cm do solo em 01/12/2025 e 19/01/2026, correspondentes aos 85 e 134 dias após o plantio.

3.7. Análise Estatística

As análises estatísticas foram realizadas no ambiente computacional R, versão 4.4.2 (R CORE TEAM, 2024), utilizando a interface RStudio. O delineamento experimental foi em blocos casualizados (DBC), arranjado em esquema fatorial (4x4) + 1 com quatro repetições, composto por quatro fontes de adubo, quatro doses de N e um tratamento adicional (testemunha) sem aplicação de N.

A análise de variância (ANOVA) foi processada por meio da função `fatorial2.ad.dbc` do pacote `Tratamentos.ad` (Azevedo, 2022). Os pressupostos de normalidade dos resíduos e homogeneidade das variâncias foram avaliados pelos testes de Shapiro-Wilk e Bartlett, respectivamente.

Quando esses pressupostos não foram atendidos, os dados foram submetidos a transformações logarítmica (`log`) ou raiz quadrada (`sqrt`). Quando a ANOVA indicou efeito significativo dos tratamentos, as médias dos tratamentos fatoriais foram comparadas à testemunha pelo teste de Dunnett a 5% de probabilidade, utilizando o pacote `emmeans` (Lenth; Piaskowski, 2025) e `mvtnorm` (Genz *et al.*, 2025) para cálculo do valor crítico.

Para os fatores quantitativos, procedeu-se à análise de regressão, selecionando-se os modelos com base na significância dos coeficientes e no coeficiente de determinação (R^2). As representações gráficas e curvas de regressão foram elaboradas com o pacote `ggplot2` (Wickham, 2016).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Teores de metais pesados nos compostos orgânicos

A metodologia utilizada para determinação direta de metais pesados, Metodologia 3051 + leitura em ICP-OES, não permite a especiação do cromo, sendo somente viável a determinação direta de cromo total. As maiores fontes de cromo (VI) são oriundas principalmente de ações humanas como indústrias têxteis, de refinarias de petróleo, de galvanizações e curtumes, e este é transferido ao ambiente por meio de emissões pelo ar ou pela água. (Sussulini; Arruda, 2006). Como as matérias primas utilizadas nas formulações dos compostos orgânicos analisados nesse trabalho não são oriundas dessa categoria de resíduos e como os teores de cromo total detectados

são extremamente baixos ($<22,21 \text{ mg kg}^{-1}$), não se espera que sejam encontradas espécies hexavalentes de cromo nas amostras (Burg, 2023).

Para todos os elementos avaliados, os compostos orgânicos atenderam aos limites estabelecidos pela Instrução Normativa SDA nº 7, 12 de abril de 2016, estando aptos ao enquadramento nas categorias de fertilizantes orgânicos, organominerais e substratos para plantas, conforme a legislação vigente.

4.2. Presença de contaminantes biológicos nos compostos orgânicos

As análises de coliformes termotolerantes mostraram que todos os compostos orgânicos, com exceção do C-Vida, atenderam aos limites estabelecidos para fertilizantes orgânicos (**Tabela 3**).

A presença de coliformes termotolerantes constitui um importante indicador da qualidade sanitária dos compostos orgânicos, embora não represente, isoladamente evidência de contaminação fecal. Isso ocorre porque alguns gêneros desse grupo, como *Klebsiella* e *Enterobacter*, podem ocorrer naturalmente no solo e em vegetais. Ainda assim, sua detecção pode indicar falhas no processo de sanitização dos compostos, sendo utilizada como indicador indireto da qualidade microbiológica.

A confirmação mais precisa de contaminação fecal pode ser obtida pela detecção de *E. coli*, gênero das bactérias do grupo termotolerante que abrange espécies de origem exclusivamente fecal, como reconhecido pela comunidade científica e por órgãos ambientais como a Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos (U.S. Environmental Protection Agency) e a Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB) (Silva; Cavalli; Oliveira, 2006).

Embora a Instrução Normativa SDA nº 7, 12 de abril de 2016 não exista limite determinado para a detecção de *E. coli* nos fertilizantes orgânicos, e por isso não seja possível utilizá-la para fins de enquadramento dos compostos orgânicos, foi importante realizar a análise de detecção deste grupo de microrganismos para tornar a discussão desse aspecto mais completa.

A **Tabela 4** apresenta os resultados para detecção de *E. coli* nos compostos orgânicos. De acordo com os resultados, verifica-se que os coliformes termotolerantes majoritariamente encontrados no composto C-Vida não se tratam de *E. coli*. Já para o composto P+, o resultado do número mais provável por grama de matéria seca

encontrado na análise de detecção de *E. coli* foi exatamente igual ao número encontrado para as análises de coliformes termotolerantes.

Para todos os compostos orgânicos avaliados, com exceção do P+, a contagem de *E. coli* permaneceu abaixo do limite de detecção da metodologia utilizada, indicando ausência de evidências de contaminação fecal recente. No composto P+, foi observado valor de 3,6 NMP g⁻¹ de matéria seca, resultado muito inferior ao limite estabelecido para coliformes termotolerantes em fertilizantes orgânicos ($1,0 \times 10^3$ NMP g⁻¹ de matéria seca). Esses resultados indicam que, do ponto de vista microbiológico, os compostos apresentaram baixo risco de contaminação fecal recente.

4.3. Avaliações do crescimento e produção das culturas

4.3.1. Crescimento da área do dossel de brócolis

Houve efeito significativo do tipo de composto, da dose, da data e da interação composto x dose sobre o crescimento da área do dossel de brócolis. Não foram observados efeitos significativos das interações composto x data, dose x data e composto x dose x data (**Figura 1**).

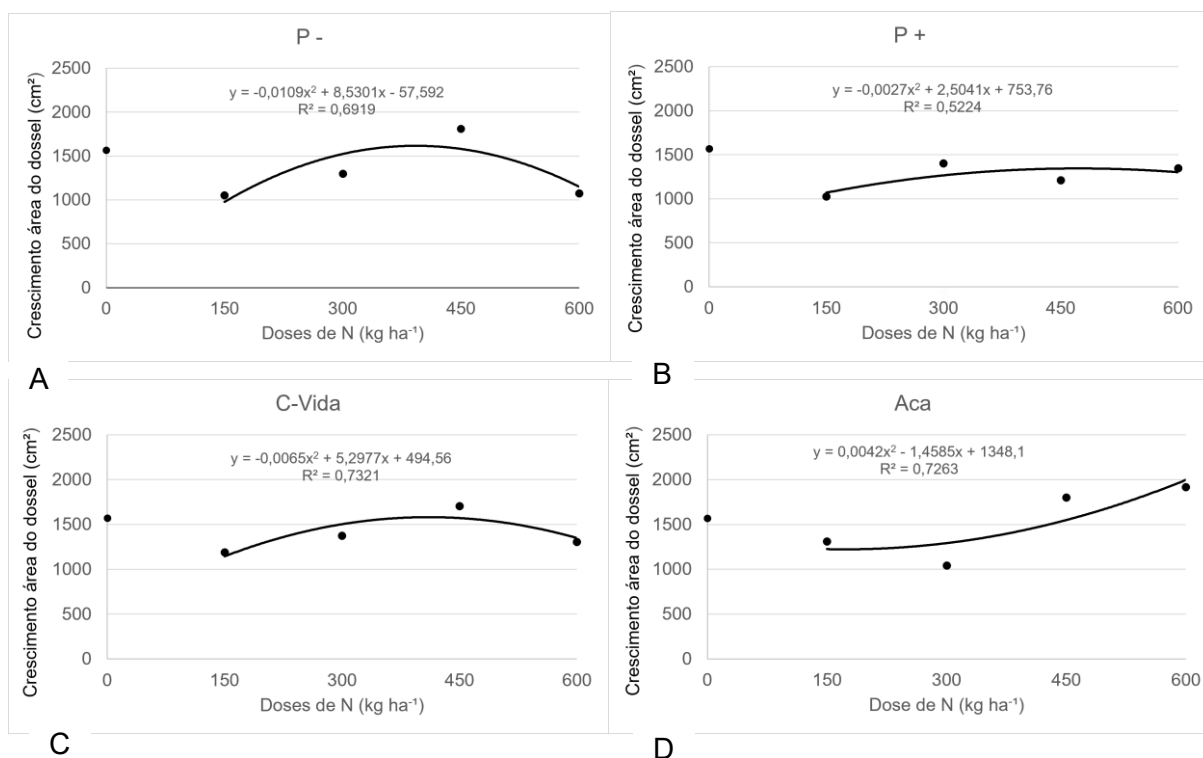


Figura 1 – Crescimento da área do dossel das plantas de brócolis cultivadas com os compostos orgânicos APEPI P- (A) e P+ (B); Composta Vida (C-Vida) (C); e da

Agricultura familiar de Acaiaca (Aca) (D), com doses equivalentes a kg ha^{-1} de N. Média do tratamento testemunha pontuada no eixo y.

O crescimento da área do dossel apresentou comportamento quadrático com as doses crescentes dos compostos P-, P+ e C-Vida. Os pontos de máximo foram observados com aplicação de 391,28; 463,72 e 407,51 kg ha^{-1} de N para P-, P+ e C-Vida, respectivamente. Para o composto Aca, embora o ajuste também tenha sido quadrático, a equação apresentou concavidade voltada para cima, com ponto de mínimo estimado em aproximadamente 174 kg ha^{-1} de N. Como esse valor se encontra próximo ao limite inferior da faixa experimental, observou-se comportamento crescente da área do dossel ao longo das doses avaliadas, sem evidências de estabilização ou redução do crescimento até a maior dose aplicada.

Os resultados indicam que a resposta do crescimento vegetativo ao aumento das doses variou entre os compostos. Nos tratamentos P-, P+ e C-Vida, a expansão da área do dossel aumentou até uma dose intermediária, seguida por tendência de estabilização ou redução, comportamento frequentemente observado para nutrientes como o N, cuja resposta apresenta ganhos decrescentes à medida que a demanda da cultura é atendida e outros fatores passam a limitar o crescimento (Taiz *et al.*, 2017). Em contraste, o composto Aca manteve incremento da área do dossel durante toda a faixa de doses estudada, sugerindo que a máxima resposta dessa variável não foi atingida nas condições avaliadas.

As diferenças entre os compostos provavelmente não estão relacionadas apenas aos seus teores totais de nutrientes, mas também à dinâmica de mineralização da matéria orgânica. Em fertilizantes orgânicos, a disponibilidade de nutrientes depende da velocidade de decomposição do material, que é influenciada por características como a relação C/N e a composição da matéria orgânica. Dessa forma, compostos com maiores concentrações de nutrientes não necessariamente promovem maior crescimento inicial da cultura caso a liberação desses elementos ocorra de forma mais lenta. Essa hipótese é particularmente relevante para o composto C-Vida, cuja maior relação C/N pode ter retardado a mineralização e reduzido a disponibilidade de N durante o período de maior exigência da cultura, apesar dos elevados teores do nutriente presente em sua composição.

A expansão da área do dossel representa aumento da superfície fotossinteticamente ativa da planta, favorecendo maior interceptação da radiação

solar e maior potencial de produção de fotoassimilados. Entretanto, maior crescimento vegetativo não implica, necessariamente, maior produtividade. Como será discutido nas próximas seções, o crescimento contínuo observado para o composto Aca não foi acompanhado por incremento proporcional na produção de inflorescências, enquanto os compostos P+ e Aca apresentaram maior produtividade na dose de 450 kg ha⁻¹ de N. Esses resultados indicam que, além do crescimento vegetativo, fatores relacionados à eficiência de utilização dos nutrientes e à partição de fotoassimilados também contribuíram para a resposta produtiva do brócolis.

4.3.2. Massa de matéria seca da parte aérea de brócolis

O acúmulo da massa de matéria seca da parte aérea das plantas de brócolis variou com as doses de composto. Houve interação significativa entre tipo de composto x dose. Apenas os compostos P+ e Aca, ambos nas doses de 450 kg ha⁻¹ de N, proporcionaram acúmulo da massa de matéria seca superior ao observado na testemunha (**Tabela 6**).

Tabela 6 - Massa de matéria seca da parte aérea (g planta⁻¹) em resposta à aplicação do Composto Vida (C-Vida), APEPI (P- e P+) e da Agricultura familiar de Acaiaca (Aca)

Dose/Composto	Aca	C-Vida	P+	P-	Testemunha
(kg ha ⁻¹ de N)					
150	30,60ns	28,13ns	18,69ns	24,72ns	20,09
300	26,85ns	43,61ns	23,81ns	28,58ns	
450	73,51*	27,32 ns	67,95*	27,55ns	
600	40,33ns	26,00ns	21,07ns	29,59ns	
Médias seguidas por * diferem estatisticamente da testemunha pelo teste Dunnet ao nível de 5% de probabilidade					
CV%: 49,19					
DMS: 33,87					

Os resultados sugerem que a dose de 450 kg ha⁻¹ de N aplicada via Aca e P+ proporcionou condição mais favorável ao crescimento vegetativo, provavelmente por favorecer maior sincronismo entre a liberação de nutrientes e a demanda da cultura. Em brócolis, a absorção de nutrientes acompanha intensamente o acúmulo da massa de matéria seca, sendo o N e o K os elementos absorvidos em maior quantidade

(Cecílio Filho *et al.*, 2017). Assim, o suprimento adequado desses nutrientes durante o período de maior crescimento pode ter contribuído para o maior acúmulo de biomassa observado.

No caso do composto Aca, o maior teor de K em relação aos demais compostos (**Tabela 1**) pode ter contribuído para favorecer processos associados à expansão celular, regulação osmótica, transporte de fotoassimilados e manutenção da turgescência, aspectos relevantes para o crescimento vegetativo (Taiz *et al.*, 2017). Enquanto o composto P+ apresentou maior teor de P, Ca, B e Zn (**Tabela 1**), o que pode ter favorecido o crescimento até a dose intermediária, mas sem que a maior dose resultasse em incremento adicional de biomassa.

Como a massa de matéria seca depende da expansão foliar, fotossíntese e acúmulo estrutural de biomassa, é possível que esses compostos tenham fornecido, nessa dose, uma condição nutricional mais favorável ao crescimento vegetativo do que nas doses menores. Esse raciocínio é compatível com estudos em brócolis mostrando que o acúmulo da massa de matéria seca acompanha a marcha de absorção de nutrientes e se intensifica durante o crescimento vegetativo e a formação da inflorescência (Cecílio Filho *et al.*, 2017).

Por outro lado, o composto C-Vida, embora apresentasse elevados teores de nutrientes, não promoveu aumento significativo da massa de matéria seca em nenhuma das doses avaliadas. Uma possível explicação é sua maior relação C/N, que pode retardar a mineralização da matéria orgânica e reduzir a disponibilidade de N durante o ciclo do brócolis. Em fertilizantes orgânicos, a resposta das culturas depende não apenas da quantidade total de nutrientes presentes, mas também da velocidade com que esses nutrientes são disponibilizados no solo, aspecto fortemente influenciado pela qualidade da matéria orgânica.

Entretanto, em doses mais elevadas, o maior aporte desses nutrientes também poderia alterar as relações entre K, Ca e Mg na rizosfera, uma vez que esses cátions apresentam interações competitivas na absorção vegetal (Xie, 2021). Contudo, como o presente estudo não demonstrou diferenças significativas no acúmulo de P, K, Ca, Mg e S na parte aérea, não é possível confirmar a ocorrência de antagonismo nutricional, devendo essa hipótese ser interpretada com cautela. A ausência de resposta significativa na dose de 600 kg ha⁻¹ de N reforça a hipótese de que o aumento da quantidade de composto aplicado não resultou, necessariamente, em maior

eficiência de crescimento. Em solos com boa fertilidade inicial, como o utilizado neste experimento (**Tabela 5**), a elevação das doses de fertilizantes orgânicos pode aumentar o aporte total de nutrientes sem produzir acréscimos proporcionais na biomassa, especialmente quando a demanda fisiológica da planta já foi parcialmente atendida. Dessa forma, os resultados sugerem que Aca 450 e P+ 450 proporcionaram melhor equilíbrio entre disponibilidade de nutrientes e capacidade de acúmulo da massa de matéria seca, enquanto doses superiores podem ter reduzido a eficiência de conversão dos nutrientes aplicados em biomassa vegetal.

A massa de matéria seca da parte aérea aumentou com a dose de composto P- (**Figura 2**).

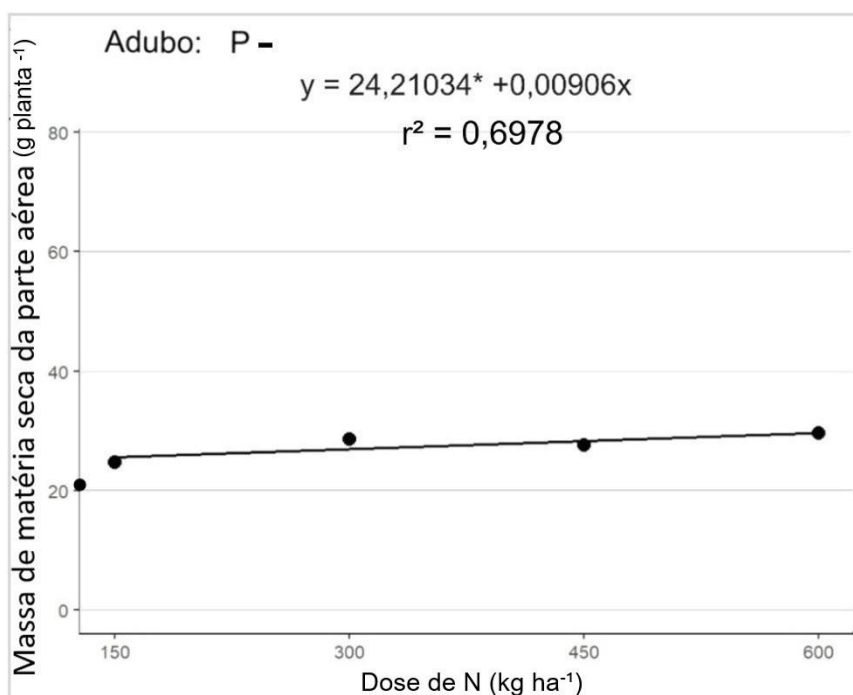


Figura 1 – Massa de matéria seca da parte aérea de brócolis em resposta a doses de composto orgânico P-. Média do tratamento testemunha pontuado no eixo y.

4.3.3. Massa de matéria fresca da inflorescência de brócolis

A massa de matéria fresca da inflorescência apresentou resposta quadrática às doses de N aplicadas via compostos orgânicos, com produção máxima estimada em aproximadamente 418,75 kg ha⁻¹ de N (**Figura 3**). Na comparação com a testemunha, apenas os compostos Aca e P+, ambos na dose de 450 kg ha⁻¹ de N, promoveram incremento significativo na produção da massa de matéria fresca da inflorescência (**Tabela 7**).

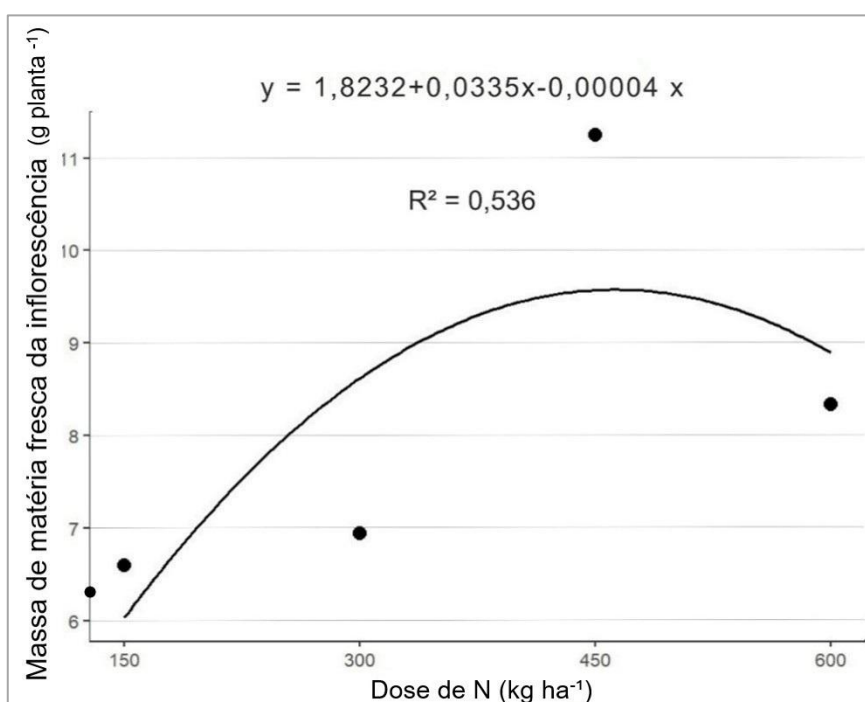


Figura 2 – Massa de matéria fresca da inflorescência de brócolis (g planta⁻¹) em resposta à aplicação de doses decompostos orgânicos. Média do tratamento testemunha pontuado no eixo y.

*Dados transformados para Raiz quadrada para atender à necessidade de normalidade dos resíduos.

Tabela 7 – Massa de matéria fresca da inflorescência de brócolis (g planta⁻¹), com compostos orgânicos Composta Vida (C-Vida), APEPI (P- e P+) e da Agricultura familiar de Acaiaca (Aca)

Dose/Composto	Aca	C-Vida	P+	P-	Testemunha
(kg ha ⁻¹ de N)					
150	72,13	66,88	39,00	51,88	
300	53,50	65,88	46,62	68,25	45,75
450	210,13*	67,38	203,00*	111,75	
600	126,50	60,75	64,38	63,37	

Médias seguidas por * diferem estatisticamente da testemunha pelo teste Dunnet ao nível de 5% de probabilidade.

A resposta quadrática observada indica que o aumento das doses de N favoreceu a produção da inflorescência até uma faixa intermediária de aplicação, acima da qual não foram observados ganhos adicionais de produtividade. Esse comportamento é frequentemente observado em culturas hortícolas, nas quais o suprimento adequado de N estimula o crescimento vegetativo e o desenvolvimento reprodutivo, enquanto doses excessivas tendem a reduzir a eficiência de utilização dos nutrientes e dos fotoassimilados.

O N exerce papel fundamental no metabolismo vegetal, participando da síntese de aminoácidos, proteínas, clorofila e enzimas relacionadas à fotossíntese e ao crescimento das plantas. Em brócolis, esse nutriente é o mais acumulado durante o ciclo da cultura, acompanhando o intenso crescimento vegetativo e o desenvolvimento da inflorescência (Cecílio Filho *et al.*, 2017). Dessa forma, o fornecimento adequado de N pelos compostos orgânicos provavelmente favoreceu maior atividade fotossintética e produção de fotoassimilados, refletindo no incremento da massa fresca das inflorescências.

Embora o crescimento da área do dossel tenha aumentado com as doses aplicadas, especialmente para o composto Aca, esse comportamento não foi acompanhado por incrementos proporcionais na produção da inflorescência nas maiores doses. Isso demonstra que maior crescimento vegetativo não resulta, necessariamente, em maior produtividade comercial, uma vez que o rendimento da cultura depende também da eficiência na partição de fotoassimilados para o órgão de interesse econômico.

Essa dissociação entre expansão do dossel e rendimento contrasta parcialmente com Diniz *et al.* (2008), que, em Cambissolo adubado com composto de capim-elefante, cama de frango e cinzas, observaram aumento simultâneo da área do dossel e da produção até 370 t ha⁻¹ de N, dose que resultou em 564 g planta⁻¹. Nesse estudo, a área do dossel apresentou correlação de 0,94 com a produção; aqui, porém, a expansão vegetativa nas maiores doses não se converteu proporcionalmente em inflorescência. A diferença pode refletir a composição dos materiais, o cultivo em vasos, a fertilidade inicial do solo e o uso de N total para definir as doses, fatores que limitam a comparação direta entre os experimentos.

A ausência de diferenças significativas entre os demais compostos pode estar relacionada à elevada fertilidade inicial do solo, que provavelmente reduziu a dependência da cultura em relação ao fornecimento adicional de nutrientes pelos compostos orgânicos. Nessas condições, a resposta da cultura passa a depender não apenas da quantidade de nutrientes aplicada, mas também da sincronização entre sua liberação pelos compostos e a demanda nutricional da planta ao longo do ciclo.

Nas maiores doses, o aumento do aporte de nutrientes também pode ter reduzido sua eficiência de utilização pela cultura. Embora interações entre nutrientes, especialmente entre K, Ca, Mg e Zn, sejam descritas na literatura, os resultados

obtidos neste estudo não permitem confirmar que esses mecanismos tenham sido responsáveis pela redução da produtividade, devendo essa hipótese ser interpretada com cautela.

De modo geral, os resultados indicam que, nas condições deste estudo, a dose aplicada exerceu maior influência sobre a produção da massa de matéria fresca da inflorescência do que a origem do composto orgânico, sendo a aplicação de aproximadamente 450 kg ha⁻¹ de N a estratégia que proporcionou os maiores ganhos produtivos.

4.3.4. Acúmulo da massa de matéria seca do milho

O acúmulo da massa de matéria seca no milho foi influenciado pelas doses de composto orgânico, enquanto não houve efeito do tipo de composto nem da interação composto X dose. A massa de matéria seca do milho aumentou com o aumento das doses de composto orgânico (**Figura 4**).

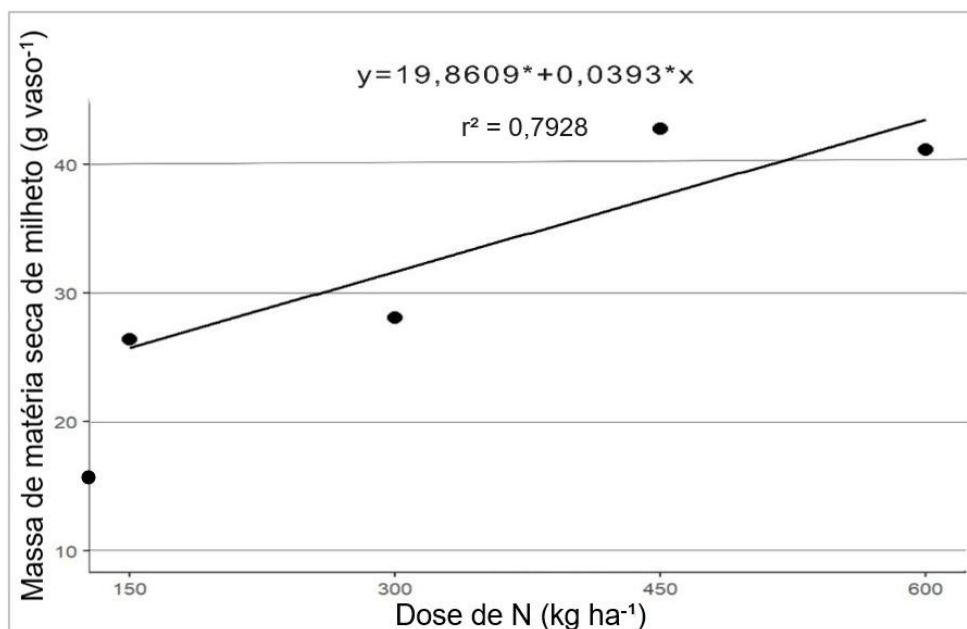


Figura 3 – Produção acumulada da massa de matéria seca de milho (g vaso⁻¹) em função das doses dos compostos orgânicos. Média de 4 compostos orgânicos, expressas em kg ha⁻¹ de N e do tratamento testemunha, pontuado no eixo y.

O efeito linear acentuado de maior produção de biomassa milho com relação ao aumento da dose dos compostos pode estar ligado ao tempo de mineralização e com o índice de eficiência dos elementos nutrientes aplicados na adubação inicial, principalmente o N. Segundo a Sociedade Brasileira de Ciência do Solo (2016), cerca

de 50% do N, 70% de P e 100% de K contidos no composto orgânico estariam disponíveis para o primeiro cultivo, o de brócolis. Já no segundo cultivo, o de milho, somente 20% de N e de P estariam disponíveis para a cultura.

Considerando ainda o processo de volatilização de N, a adsorção gradual de P nas partículas minerais do solo e a exportação dos nutrientes pelas plantas de brócolis do cultivo antecessor, se torna mais evidente a possibilidade de alteração da disponibilidade dos nutrientes para o cultivo subsequente. Logo, os tratamentos que receberam maiores doses de composto orgânico contaram com maiores reservas nutricionais para o cultivo subsequente (Menegat, 2024; Cantarella, 2007; Ernani *et al.*, 2007; Novais, 2007). Ao mesmo tempo, os ácidos orgânicos, oriundos da decomposição da matéria orgânica, aceleram a solubilização de elementos contidos nas partículas minerais do solo que, neste experimento, já tinha alta fertilidade (**Tabela 5**), aumentando assim a disponibilidade desses nutrientes para o milho (CFSEMG).

Além da quantidade de nutrientes aplicada, a dinâmica de mineralização dos compostos provavelmente influenciou o efeito residual observado. Compostos com maior relação C/N tendem a apresentar decomposição mais lenta, reduzindo a disponibilidade imediata de nutrientes para o brócolis, mas prolongando sua liberação ao longo do tempo. Esse comportamento pode explicar por que alguns compostos apresentaram resposta menos expressiva na cultura antecedente e, ainda assim, contribuíram para o maior acúmulo da massa de matéria seca do milho em sucessão.

Na comparação com a testemunha, os compostos P-, Aca e C-Vida, nas doses de 450 e 600 kg ha⁻¹ de N, e o tratamento P+, na dose de 450 kg ha⁻¹ de N, proporcionaram maior acúmulo da massa de matéria seca da parte aérea de milho (**Tabela 8**).

Tabela 8 – Massa de matéria seca do milho (g vaso⁻¹) em resposta à aplicação de composto orgânico

Dose/Composto (kg ha ⁻¹ de N)	Aca	C-Vida	P+	P-	Testemunha
150	25,0ns	36,5ns	18,2ns	25,9ns	
300	28,5ns	33,4ns	19,3ns	31,2ns	15,9
450	41,9*	42,3*	42,4*	44,4*	
600	42,1*	46,9*	36,8ns	38,9*	

Compostos orgânicos Composta Vida (C-Vida), APEPI (P- e P+) e da Agricultura familiar de Acaiaca (Aca). Médias seguidas por * diferem estatisticamente do tratamento controle pelo teste Dunnet ao nível de 5% de probabilidade.
DMS: 23,49
CV% = 33,44

A superioridade dos tratamentos que receberam 450 e 600 kg ha⁻¹ de N em relação à testemunha evidencia a importância agrônômica do efeito residual dos compostos orgânicos. A testemunha, sem adubação orgânica, apresentou menor produção da massa de matéria seca, enquanto os tratamentos com maiores doses acumularam mais biomassa. Esse padrão indica que, mesmo após a absorção de nutrientes pelos brócolis, os compostos orgânicos continuaram contribuindo para o suprimento nutricional da cultura subsequente. Portanto, a adubação orgânica não deve ser interpretada apenas pelo seu efeito sobre a primeira cultura, mas também pela sua capacidade de sustentar a produção de biomassa em ciclos posteriores.

Esses resultados demonstram que a eficiência dos compostos orgânicos deve ser avaliada considerando não apenas a cultura principal, mas também sua capacidade de manter o suprimento de nutrientes em cultivos sucessivos.

Do ponto de vista nutricional, não é possível atribuir o aumento da massa de matéria seca do milho a um único nutriente, uma vez que não foram determinados os teores ou conteúdos nutricionais da parte aérea dessa cultura. Assim, é mais provável que o efeito residual observado tenha resultado da ação conjunta dos nutrientes remanescentes no solo após o cultivo do brócolis. Entre eles, destaca-se o N, importante para o crescimento vegetativo das gramíneas, além do K, relacionado à regulação osmótica e ao transporte de fotoassimilados, e do P, essencial para o crescimento radicular e o metabolismo energético (ENGELS *et al.*, 2012).

A ausência de diferença significativa entre alguns tratamentos e a testemunha, mesmo em doses elevadas, deve ser interpretada com cautela. No caso do tratamento P+ na dose de 600 kg ha⁻¹ de N, por exemplo, embora a produção da massa de matéria seca tenha sido numericamente superior à testemunha, essa diferença não atingiu significância estatística pelo teste de Dunnett. Assim, a ausência de significância em alguns contrastes provavelmente reflete a variabilidade experimental e a magnitude mínima exigida pelo teste estatístico, não significando, necessariamente, ausência de efeito residual.

De forma geral, os resultados obtidos demonstram que o efeito residual dos compostos orgânicos foi dependente da dose aplicada e se manifestou de forma mais

evidente na cultura do milho do que no brócolis. Esse comportamento reforça que a eficiência agrônômica de fertilizantes orgânicos deve ser analisada em uma perspectiva de sistema de cultivo, considerando tanto a resposta imediata da cultura principal quanto os benefícios proporcionados às culturas em sucessão.

Em mostarda Pak-choi cultivada em Inceptisol argiloso, Nurhidayati et al. (2018) também verificaram efeitos direto e residual de vermicompostos. Foram aplicadas doses de 5, 10, 15, e 20 t ha⁻¹ de composto orgânico. No primeiro cultivo, as maiores produtividades ocorreram, em geral, com 10–15 t ha⁻¹; no segundo cultivo, a produção foi maior que no primeiro. Esse padrão converge com a maior eficiência do brócolis em dose intermediária e com a resposta do milho às reservas deixadas pelas maiores doses, reforçando que o desempenho em sucessão depende tanto da dose quanto da dinâmica de liberação própria de cada material.

4.4. Avaliação dos efeitos das diferentes doses e tipos de compostos sobre o acúmulo de nutrientes nas plantas de brócolis

4.4.1. Conteúdo de N da parte aérea

Não houve efeito do tipo de composto ou da interação Dose X Composto.

Embora a análise estatística tenha sido realizada utilizando os dados transformados ($1/\sqrt{x}$), a interpretação na escala original indica aumento do conteúdo de N acumulado na parte aérea das plantas de brócolis com o incremento das doses dos compostos orgânicos (**Figura 5**).

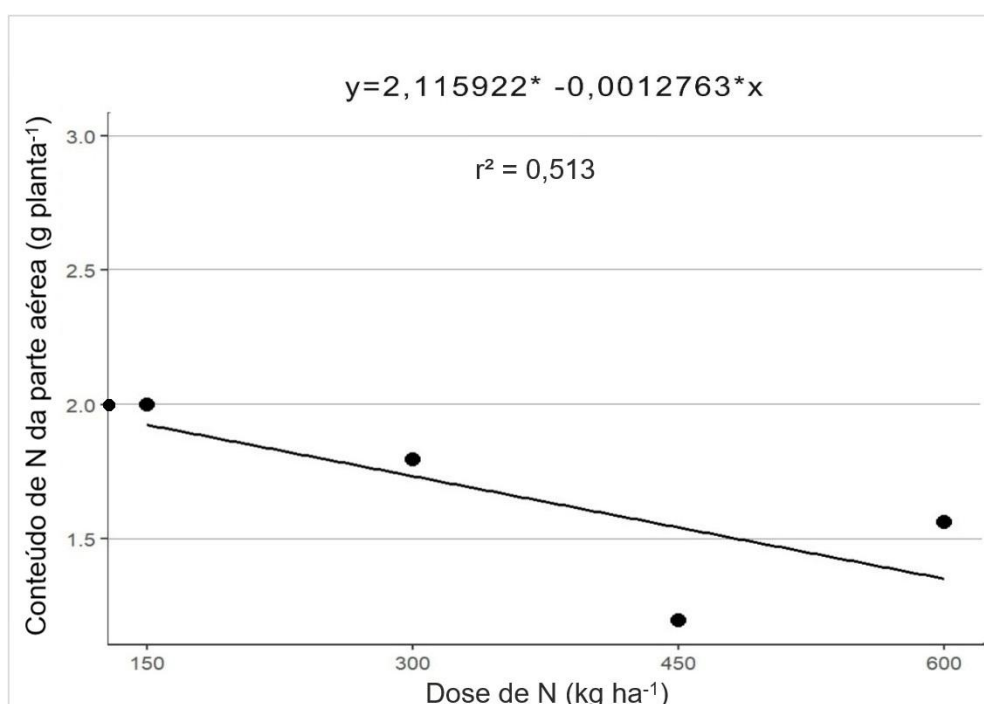


Figura 4 – Conteúdo de N da parte aérea de brócolis em resposta à aplicação de doses de composto orgânico. Tratamento testemunha pontuado no eixo y.

*Dados transformados para 1/Raiz quadrada para atender à necessidade de normalidade dos resíduos.

Esse comportamento é coerente com a função central do N no crescimento vegetal, uma vez que esse nutriente participa da constituição de aminoácidos, proteínas, ácidos nucleicos, clorofila e enzimas relacionadas à atividade fotossintética (Taiz *et al.*, 2017). Em brócolis, Cecílio Filho *et al.* (2017) observaram que o acúmulo de N acompanha intensamente o crescimento da planta e a produção da massa de matéria seca, especialmente durante a fase de maior expansão vegetativa e desenvolvimento da inflorescência. Assim, os resultados obtidos sugerem que parte do N fornecido pelos compostos orgânicos foi mineralizada e absorvida ao longo do ciclo da cultura.

Entretanto, o aumento do conteúdo de N na parte aérea não foi acompanhado por resposta proporcional da produção de inflorescência nas maiores doses, o que sugere redução da eficiência de utilização do nutriente. Essa diferença entre absorção e produtividade é importante, pois demonstra que maior acúmulo de N não implica, necessariamente, maior conversão em massa de matéria fresca de inflorescência. Após determinado nível de suprimento, o crescimento vegetal pode deixar de ser limitado pelo N e passar a depender de outros fatores, como partição de fotoassimilados, sincronismo entre absorção e demanda, equilíbrio entre nutrientes e

capacidade fisiológica da cultura em direcionar biomassa para o órgão comercial (Taiz *et al.*, 2017). Essa interpretação é consistente com o conceito de eficiência de uso de nutrientes, segundo o qual incrementos na disponibilidade de determinado elemento tendem a produzir ganhos decrescentes quando a demanda fisiológica da planta se aproxima da saturação ou quando outro fator passa a limitar o rendimento (Hawkesford *et al.*, 2012; Cecílio Filho *et al.*, 2017).

Também deve ser considerado que as doses foram definidas com base no N total dos compostos, e não no N mineral imediatamente disponível. Em fertilizantes orgânicos, parte expressiva do N encontra-se em formas orgânicas, cuja disponibilidade para as plantas depende da mineralização microbiana ao longo do ciclo. Portanto, a equivalência entre tratamentos em termos de N total aplicado não garante equivalência na dinâmica de liberação do nutriente no solo (Cantarella, 2007). Essa característica pode explicar, ao menos parcialmente, a ausência de efeito isolado do tipo de composto sobre o conteúdo de N, uma vez que a mineralização depende não apenas do teor total do nutriente, mas também da composição do material orgânico, da relação C/N, da umidade, da temperatura e da atividade microbiana do solo (Camargo *et al.*, 2018).

Quando da comparação entre os tratamentos, a aplicação dos compostos orgânicos, em qualquer dose, resultou em acúmulo de N na parte aérea de brócolis similar à testemunha, exceção à aplicação do composto ACA na dose de 450 kg ha⁻¹ de N, que resultou em plantas com menor acúmulo de N (**Tabela 9**).

Tabela 9 - Acúmulo de N em resposta à aplicação de compostos orgânicos

Dose/Composto	Aca	C-Vida	P+	P-	Testemunha
150	1,77ns	1,92ns	2,34ns	1,97ns	
300	1,84ns	1,60ns	1,92ns	1,82ns	1,99
450	0,73*	1,87ns	0,94ns	1,23ns	
600	1,36ns	1,57ns	1,82ns	1,50ns	

Compostos orgânicos Composta Vida (C-Vida), APEPI (P- e P+) e da Agricultura familiar de Acaiaca (Aca). Médias seguidas por * diferem estatisticamente do tratamento controle pelo teste Dunnet ao nível de 5% de probabilidade.

DMS: 1,24

CV% = 35,62

4.4.2. Conteúdo de P, K, Ca, Mg e S da parte aérea

Não houve efeito significativo dos tratamentos sobre o acúmulo de P, K, Ca, Mg e S na parte aérea total das plantas de brócolis (**Tabelas 10, 11, 12, 13 e 14**). A ausência de resposta significativa sugere que, durante o primeiro ciclo de cultivo, a disponibilidade desses nutrientes no solo foi suficiente para atender à demanda da cultura, reduzindo a influência das diferenças de composição entre os compostos. Essa interpretação é reforçada pela análise inicial do solo, que indicou pH adequado, elevada saturação por bases, ausência de Al trocável e altos teores de P e K disponíveis. Em solos com boa fertilidade química, a resposta das culturas à adição de nutrientes tende a ser menor, pois o fornecimento original do solo já atende parte significativa da demanda das plantas (CFSEMG, 1999; Novais *et al.*, 2007).

Esse comportamento é coerente com os resultados de crescimento e produtividade discutidos anteriormente, indicando que o solo apresentou capacidade de suprir esses nutrientes durante o primeiro ciclo de cultivo.

Tabela 10 - Acúmulo de P (g planta⁻¹) nas plantas de brócolis em resposta à aplicação de composto orgânico

Dose	ACA	C-VIDA	P+	P-	TESTEMUNHA
150	0,08ns	0,04ns	0,04ns	0,05ns	0,02
300	0,07ns	0,07ns	0,05ns	0,06ns	
450	0,21ns	0,03ns	0,09ns	0,1ns	
600	0,11ns	0,06ns	0,08ns	0,1ns	

Compostos orgânicos Composta Vida (C-Vida), APEPI (P- e P+) e da Agricultura familiar de Acaiaca (Aca). Médias seguidas por * diferem estatisticamente do tratamento controle pelo teste Dunnet ao nível de 5% de probabilidade.

CV%: 33.5109

Dose: kg ha⁻¹ de N

O P apresenta baixa mobilidade no solo e sua disponibilidade é fortemente influenciada pela capacidade tampão, pelo teor de argila, pelo pH e pela presença de óxidos de Fe e Al (Novais *et al.*, 2007). Embora alguns compostos tenham fornecido maior quantidade de P total, a resposta da planta tende a ser limitada quando o solo já apresenta disponibilidade suficiente (**Tabela 2**). Além disso, o acúmulo de P pela cultura de brócolis é relativamente menor em comparação ao acúmulo de N e K, o que reduz a probabilidade de resposta expressiva em condições de suprimento adequado (Cecílio Filho *et al.*, 2017; Trani *et al.*, 2018).

Tabela 11 - Acúmulo de K (g planta⁻¹) nas plantas de brócolis em resposta à aplicação de composto orgânico

Dose	ACA	C-VIDA	P+	P-	TESTEMUNHA
150	0,45ns	0,4ns	0,19ns	0,53ns	0,24
300	0,61ns	0,52ns	0,25ns	0,32ns	
450	0,87ns	0,31ns	0,98ns	0,48ns	
600	0,54ns	0,44ns	0,28ns	0,6ns	

Compostos orgânicos Composta Vida (C-Vida), APEPI (P- e P+) e da Agricultura familiar de Acaiaca (Aca). Médias seguidas por * diferem estatisticamente do tratamento controle pelo teste Dunnet ao nível de 5% de probabilidade.

CV%: 68,92

Dose: kg ha⁻¹ de N

Para o K, a elevada disponibilidade inicial no solo também pode ter contribuído para a ausência de resposta significativa (**Tabela 5**). O K é fundamental para a regulação osmótica, ativação enzimática, controle estomático e transporte de fotoassimilados, sendo frequentemente associado ao crescimento vegetativo e à qualidade da produção (Hawkesford *et al.*, 2012). Entretanto, quando o solo já apresenta teor elevado desse nutriente, aumentos adicionais via adubação podem não resultar em maior acúmulo na parte aérea, devido à regulação fisiológica da absorção pela planta (Ernani *et al.*, 2007).

Deve-se considerar ainda que aportes elevados de K podem alterar relações com Ca e Mg, em razão de interações competitivas entre cátions na absorção radicular (Xie, 2021). Neste estudo, as relações entre K e Ca encontradas na totalidade da parte aérea de brócolis variaram de 1,13:1 até 2,17:1. E as relações entre K e Mg variaram de 9,5:1 até 17,3:1. Enquanto na literatura são encontrados valores da relação K:Ca que variam de 3,5:1 a 4,7:1 e de K:Mg que variam de 10,5:1 a 12:1 (Trani *et al.*, 2018; Cecílio Filho *et al.*, 2017).

As relações K:Mg mais próximas do ótimo estão relacionadas aos tratamentos Aca 150 e 600 (11,25:1 e 10,8:1, respectivamente); C-Vida 300 (10,3:1); P+ 300 (12,5:1); e P- 300, 450 e 600 (10,6:1; 12:1; e 10:1, respectivamente).

Apesar da ausência de diferenças significativas entre os tratamentos para o acúmulo de K, Ca e Mg, as relações observadas entre esses nutrientes diferiram, em alguns tratamentos, das faixas relatadas na literatura para a cultura. Segundo Römheld (2012), interações competitivas entre esses cátions podem influenciar sua

absorção pelas plantas. Dessa forma, os resultados sugerem a possibilidade de desequilíbrio nutricional, embora não constituam evidência direta de antagonismo, devendo essa hipótese ser interpretada com cautela.

Tabela 12 - Acúmulo de Ca (g planta⁻¹) nas plantas de brócolis em resposta à aplicação de composto orgânico.

Dose	ACA	C-VIDA	P+	P-	TESTEMUNHA
150	0,28ns	0,23ns	0,12ns	0,27ns	0,12
300	0,28ns	0,27ns	0,22ns	0,19ns	
450	0,41ns	0,21ns	0,45ns	0,3ns	
600	0,34ns	0,27ns	0,16ns	0,32ns	

Compostos orgânicos Composta Vida (C-Vida), APEPI (P- e P+) e da Agricultura familiar de Acaiaca (Aca). Médias seguidas por * diferem estatisticamente do tratamento controle pelo teste Dunnet ao nível de 5% de probabilidade.

CV%: 48,25

Dose: kg ha⁻¹ de N

Tabela 13 - Acúmulo de Mg (g planta⁻¹) nas plantas de brócolis em resposta à aplicação de composto orgânico

Dose	ACA	C-VIDA	P+	P-	TESTEMUNHA
150	0,04ns	0,03ns	0,02ns	0,04ns	0,01
300	0,04ns	0,03ns	0,02ns	0,03ns	
450	0,06ns	0,03ns	0,07ns	0,04ns	
600	0,05ns	0,03ns	0,02ns	0,06ns	

Compostos orgânicos Composta Vida (C-Vida), APEPI (P- e P+) e da Agricultura familiar de Acaiaca (Aca). Médias seguidas por * diferem estatisticamente do tratamento controle pelo teste Dunnet ao nível de 5% de probabilidade.

CV%: 21,78

Dose: kg ha⁻¹ de N

O acúmulo de Ca e Mg também não foi alterado significativamente pelos tratamentos, apesar de alguns compostos apresentarem elevados teores desses nutrientes, especialmente Ca (**Tabela 1**). O Ca possui baixa mobilidade no floema e está diretamente relacionado à estabilidade de membranas, parede celular e crescimento de tecidos jovens, enquanto o Mg atua como componente central da molécula de clorofila e participa de reações enzimáticas ligadas à fotossíntese e ao metabolismo energético (Hawkesford *et al.*, 2012; White *et al.*, 2003).

A ausência de resposta significativa sugere que o fornecimento de Ca pelo solo e pelos compostos foi suficiente para atender à demanda da cultura durante o ciclo de cultivo. Dessa forma, o aumento das doses de composto orgânico não promoveu incremento adicional no conteúdo acumulado desse nutriente.

Trani *et al.* (2018) e Cecílio Filho *et al.* (2017) consideram como ideal a relação de Ca:Mg variando de 2,6:1 a 3:1 na massa matéria seca total da parte aérea de brócolis de inflorescência única, baseado na faixa de suficiência para esses nutrientes na planta. Porém a relação entre os teores de Ca e Mg encontrada na parte aérea de brócolis deste estudo variou de 5,33:1 até 12:1, incluindo o tratamento testemunha com o valor mais alto dessa relação. O que pode indicar desequilíbrio nutricional entre esses nutrientes. Entretanto, como não foram observadas diferenças significativas no acúmulo de Ca e Mg entre os tratamentos, essa interpretação deve ser considerada apenas como uma hipótese fisiologicamente plausível.

Tabela 14 - Acúmulo de S (g planta⁻¹) nas plantas de brócolis em resposta à aplicação de composto orgânico

Dose	ACA	C-VIDA	P+	P-	TESTEMUNHA
150	0,05ns	0,11ns	0,02ns	0,04ns	0,01
300	0,07ns	0,04ns	0,03ns	0,03ns	
450	0,06ns	0,02ns	0,09ns	0,06ns	
600	0,05ns	0,03ns	0,02ns	0,05ns	
Compostos orgânicos Composta Vida (C-Vida), APEPI (P- e P+) e da Agricultura familiar de Acaiaca (Aca). Médias seguidas por * diferem estatisticamente do tratamento controle pelo teste Dunnet ao nível de 5% de probabilidade.					
CV%: 26,51					
Dose: kg ha ⁻¹ de N					

O S participa da síntese de aminoácidos sulfurados, proteínas, coenzimas e compostos secundários característicos de Brassicaceae, como os glucosinolatos. Portanto, sua disponibilidade é importante para o crescimento e para a qualidade fisiológica e nutricional de brócolis (Hawkesford *et al.*, 2012).

O teor inicial de S no solo e o fornecimento adicional pelos compostos foram suficientes para evitar limitação nutricional durante o ciclo da cultura (**Tabelas 5 e 1**) (CFSEMG, 1999). Apesar disso, a relação entre N e S deve ser considerada na interpretação dos resultados, pois o metabolismo do S está associado à assimilação

de N e à síntese proteica, o que reflete em crescimento e produtividade (Marschner, 2012).

Na literatura, Trani *et al.* (2018) e Cecílio Filho *et al.* (2017) relatam relações de N:S na parte aérea total de brócolis variando aproximadamente entre 5,9:1 e 6,7:1. Já Schonhof *et al.* (2026) observaram que relações N:S entre 7:1 e 10:1 favoreceram a maior produção das plantas de brócolis. No presente estudo, foram observadas relações de N:S que variam de 2,45:1 até 27:1, o que indica que houve forte desproporção entre o acúmulo de N e de S em parte dos tratamentos avaliados.

Essa interpretação é fisiologicamente relevante, pois N e S estão diretamente associados ao metabolismo proteico. Assim, quando o acúmulo de um desses nutrientes ocorre em proporção muito superior, parte do N e S absorvido pode não ser eficientemente incorporado em proteínas, compostos orgânicos estruturais e metabólicos, reduzindo a eficiência fisiológica de utilização do nutriente (Hawkesford *et al.*, 2012).

Nos tratamentos em que houve a elevada relação N:S, ajuda a explicar por que o aumento do conteúdo de N na parte aérea não resultou em incremento proporcional da produção da massa de matéria seca da parte aérea e da massa de matéria fresca da inflorescência de brócolis, nas maiores doses. Embora o N tenha sido o nutriente mais responsivo às doses dos compostos, a ausência de resposta significativa do S sugere que o equilíbrio entre esses dois nutrientes pode ter sido limitado. As relações N:S mais próximas do ótimo estão relacionadas aos tratamentos Aca 150, 300 e 600 (5,4; 7; e 11, respectivamente); C-Vida 300 (8,25); P+ 300 (11); e P- 150, 300, 450 e 600 (6,75; 11; 7; e 11, respectivamente).

Entretanto, a interpretação da relação N:S deve ser feita com cautela. Como a relação foi calculada a partir dos conteúdos acumulados na parte aérea, valores muito baixos ou muito elevados podem ser influenciados pela variação da produção da massa de matéria seca entre cada repetição da unidade experimental. Assim, a relação N:S deve ser discutida como indicador complementar de equilíbrio nutricional, reforçando que a eficiência da adubação orgânica depende não apenas da quantidade de nutrientes acumulados, mas também da proporção entre eles no tecido vegetal.

Esses resultados reforçam que a eficiência da adubação orgânica depende não apenas da quantidade de nutrientes acumulados, mas também do equilíbrio nutricional estabelecido na planta ao longo do ciclo.

4.5. Integração geral dos resultados

Os resultados demonstram que os compostos orgânicos avaliados influenciaram o sistema de cultivo de formas distintas, dependendo da variável analisada. A comparação entre o brócolis e o milho evidencia a diferença entre resposta imediata e efeito residual da adubação orgânica. Enquanto a produção da massa de matéria fresca da inflorescência de brócolis apresentou maior eficiência em doses intermediárias, a massa matéria seca do milho aumentou linearmente com as doses aplicadas antes do cultivo do brócolis. Isso indica que as maiores doses, embora não tenham maximizado a produção de inflorescências, deixaram maior reserva nutricional para a cultura subsequente. Portanto, a eficiência dos compostos orgânicos deve ser analisada sob uma perspectiva de cultivo, considerando tanto a produtividade da cultura principal quanto o aproveitamento residual em cultivos sucessivos.

O aumento das doses favoreceu o crescimento da área do dossel, de forma quadrática, o acúmulo de N na parte aérea de brócolis e a produção da massa de matéria seca do milho cultivado em sucessão. Esses resultados demonstram que o aumento da disponibilidade de nutrientes favoreceu o crescimento vegetativo, mas não necessariamente a produtividade comercial da cultura. Assim, a hipótese de que maiores doses promoveriam maior crescimento e produção foi confirmada apenas parcialmente.

O N foi o nutriente com resposta mais evidente às doses, apresentando maior acúmulo na parte aérea com o aumento da quantidade de composto aplicada. Contudo, esse maior acúmulo de N não foi acompanhado por incremento proporcional da massa de matéria seca e da massa de matéria fresca da inflorescência nas maiores doses. Esse resultado indica que a absorção de N, isoladamente, não foi suficiente para explicar a produção, reforçando a importância da eficiência fisiológica de utilização do nutriente e do equilíbrio com os demais elementos minerais (Cantarella, 2007; Hawkesford *et al.*, 2012).

As relações nutricionais reforçam essa interpretação. Entretanto, como não houve efeito significativo dos tratamentos sobre os conteúdos individuais de K, Ca e Mg, essas relações devem ser interpretadas como indicadores de desequilíbrio relativo, e não como evidência direta de antagonismo, toxidez ou deficiência

nutricional. Dessa forma, os resultados sugerem que a resposta do brócolis à adubação orgânica foi determinada pela interação entre a disponibilidade de nutrientes, a dinâmica de liberação dos compostos orgânicos e o equilíbrio nutricional estabelecido na planta ao longo do ciclo de cultivo.

Em conjunto, os resultados demonstram que a eficiência dos compostos orgânicos não depende exclusivamente da quantidade de nutrientes fornecida, mas também da velocidade de mineralização da matéria orgânica e da sincronização entre a liberação desses nutrientes e a demanda das culturas. Assim, a avaliação agrônoma de fertilizantes orgânicos deve considerar simultaneamente a resposta imediata da cultura principal e os benefícios residuais proporcionados aos cultivos subsequentes, permitindo uma interpretação mais abrangente da eficiência desses materiais em sistemas de produção de hortaliças.

5. CONCLUSÃO

Os compostos orgânicos avaliados apresentaram potencial agrônomo para uso no cultivo de brócolis e para proporcionar efeito residual sobre o milho cultivado em sucessão.

A hipótese de que as maiores doses promoveriam maior crescimento e produção foi confirmada parcialmente. No brócolis, o aumento das doses favoreceu o crescimento da área do dossel, de forma quadrática e o acúmulo de N na parte aérea, mas não resultou em aumento linear da produção da massa de matéria fresca da inflorescência.

A produção comercial de brócolis foi mais eficiente na dose intermediária, com destaque para os compostos Aca e P+ na dose de 450 kg ha⁻¹ de N. Esses mesmos tratamentos também proporcionaram maior acúmulo da massa de matéria seca da parte aérea, indicando melhor equilíbrio entre suprimento nutricional e crescimento vegetal nessa condição.

O N foi o nutriente mais responsivo ao aumento das doses dos compostos orgânicos. Por outro lado, os conteúdos de P, K, Ca, Mg e S não foram significativamente influenciados pelos tratamentos, provavelmente em razão da elevada fertilidade inicial do solo.

As relações nutricionais avaliadas indicaram variações no equilíbrio entre nutrientes acumulados na parte aérea de brócolis, mas não permitem afirmar, isoladamente, ocorrência de deficiência, toxidez ou antagonismo nutricional.

O milho apresentou aumento linear da produção da massa de matéria seca em função das doses aplicadas antes do cultivo de brócolis, demonstrando o efeito residual dos compostos orgânicos sobre a cultura subsequente.

De modo geral, doses intermediárias foram mais eficientes para a produção comercial de brócolis, enquanto doses mais elevadas favoreceram o efeito residual sobre o milho. Assim, a recomendação de compostos orgânicos deve considerar não apenas o teor de N total, mas também a composição nutricional do material, a fertilidade inicial do solo, a cultura cultivada e o objetivo do sistema de produção.

Os resultados evidenciam que as doses representaram maior relevância na produção comercial de brócolis, acúmulo de N no tecido de brócolis e efeito residual na produção de massa de matéria seca do milho, do que as fontes de adubação. E também que a eficiência agrônoma dos compostos orgânicos depende não apenas da quantidade de nutrientes aplicada, mas também da dinâmica de mineralização dos nutrientes ao longo do ciclo da cultura e do aproveitamento do efeito residual em sistemas de cultivo em sucessão.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR ISO 7251:2022: microbiologia de alimentos para consumo humano e animal — método horizontal para detecção e enumeração de *Escherichia coli* presumível — técnica do número mais provável**. Rio de Janeiro: ABNT, 2022.

ASSOCIAÇÃO NACIONAL PARA DIFUSÃO DE ADUBOS (ANDA). **Principais indicadores do setor de fertilizantes**. [S. l.]: ANDA, [s. d.]. Disponível em: <https://anda.org.br/recursos/>. Acesso em: 4 maio 2024.

AZEVEDO, A. M. **Tratamentos.ad: pacote para análise de experimentos com testemunhas adicionais**. Versão 0.1.0. [S. l.]: R package ,CRAN, 2022. Disponível em: <https://CRAN.R-project.org/package=Tratamentos.ad>. Acesso em: 2 dez. 2025.

BACELO, H.; PINTOR, A. M. A.; SANTOS, S. C. R.; BOAVENTURA, R. A. R.; BOTELHO, C. M. S. Performance and prospects of different adsorbents for phosphorus uptake and recovery from water. **Chemical Engineering Journal**, v. 381, art. 122566, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.cej.2019.122566>. Acesso em: 20 nov. 2024.

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento, Indústria, Comércio e Serviços. **Conselho Nacional de Fertilizantes e Nutrição de Plantas (CONFERT) aprova Plano Nacional de Fertilizantes com metas para superar dependência externa**. Brasília, DF: MDIC, 2023. Disponível em: <https://www.gov.br/mdic/pt-br/assuntos/noticias/2023/novembro/conselho-aprova-plano-nacional-de-fertilizantes-com-metas-para-superar-dependencia-externa>. Acesso em: 22 nov. 2024.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Compostagem doméstica, comunitária e institucional de resíduos orgânicos: manual de orientação**. Brasília, DF: MMA, 2018. Disponível em: https://antigo.mma.gov.br/images/arquivo/80058/Compostagem_Manual_2018_11_26_digital_figuras_c_titulo.pdf. Acesso em: 20 nov. 2024.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Portaria GM/MS nº 888, de 4 de maio de 2021**. Altera o Anexo XX da Portaria de Consolidação GM/MS nº 5, de 28 de setembro de 2017, para dispor sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. **Diário Oficial da União**: seção 1, Brasília, DF, ed. 85, p. 127, 7 maio 2021. Disponível em: <https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/portaria-gm/ms-n-888-de-4-de-maio-de-2021-318461562>. Acesso em: 5 jul. 2026.

BURG, A. F. **Análise de especiação química de cromo em fertilizantes orgânicos**. 2023. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Química) — Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2023. Disponível em: <https://repositorio.ufsm.br/handle/1/30051>. Acesso em: 20 jan. 2026.

CAMARGO, F. A. O.; GIANELLO, C.; TEDESCO, M. J.; VIDOR, C. Nitrogênio orgânico do solo. In: SANTOS, G. A.; SILVA, L. S.; CANELLAS, L. P.; CAMARGO, F.

A. O. (ed.). **Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais e subtropicais**. 2. ed. rev. e atual. Porto Alegre: Metrópole, 2008. p. 87–100.

CANTARELLA, H. Nitrogênio. In: NOVAIS, R. F. et al. (ed.). **Fertilidade do solo**. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. p. 375–470.

CECÍLIO FILHO, A. B.; CARMONA, V. M. V.; SCHIAVON JÚNIOR, A. A. Broccoli growth and nutrient accumulation. **Científica**, v. 45, n. 1, p. 95–104, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.15361/1984-5529.2017v45n1p95-104>. Acesso em: 30 jan. 2026.

COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO DO ESTADO DE MINAS GERAIS (CFSEMG). **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5ª aproximação**. Viçosa, MG: CFSEMG, 1999. 359 p.

DINIZ, E. R.; SANTOS, R. H. S.; URQUIAGA, S. S.; PETERNELLI, L. A.; BARRELLA, T. P.; FREITAS, G. B. Crescimento e produção de brócolis em sistema orgânico em função de doses de composto. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 32, n. 5, p. 1428–1434, 2008. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1413-70542008000500011>. Acesso em: 12 nov. 2025.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). **A cultura dos brócolis**. Editor técnico: Raphael Augusto de Castro e Melo. Brasília, DF: Embrapa, 2015. 153 p. (Coleção Plantar, 74). Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/1044078>. Acesso em: 18 nov. 2024.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). **Cultivo do milho**. 5. ed. Editor: Israel Alexandre Pereira Filho. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2016. (Embrapa Milho e Sorgo. Sistema de Produção, 3). Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/993985>. Acesso em: 8 jul. 2026.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). Embrapa Solos. **Métodos de análise de tecidos vegetais utilizados na Embrapa Solos**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2000. 41 p. (Circular Técnica, 6). Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/337672>. Acesso em: 4 maio 2026.

ENGELS, C.; KIRKBY, E.; WHITE, P. Mineral nutrition, yield and source–sink relationships. In: MARSCHNER, P. (ed.). **Marschner's mineral nutrition of higher plants**. 3. ed. Amsterdam: Elsevier/Academic Press, 2012. p. 85–133.

ERNANI, P. R.; ALMEIDA, J. A.; SANTOS, F. C. Potássio. In: NOVAIS, R. F. et al. (ed.). **Fertilidade do solo**. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. p. 551–594.

FERNANDES, M. S. S.; COSTA, B. A. L.; SOUZA, N. D. Coleta seletiva e as associações de catadores(as) de materiais recicláveis de Viçosa (Minas Gerais): do “lixão” ao Fórum Municipal Lixo e Cidadania. **Revista Brasileira de Meio Ambiente**,

v. 8, n. 4, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.66205/rvbma.v8i4.531>. Acesso em: 20 nov. 2024.

GENZ, A.; BRETZ, F.; MIWA, T.; MI, X.; LEISCH, F.; SCHEIPL, F.; HOTHORN, T. **mvtnorm: multivariate normal and t distributions**. Versão 1.3-3. [S. l.]: CRAN, 2025. R package. Disponível em: <https://CRAN.R-project.org/package=mvtnorm>. Acesso em: 2 dez. 2025.

HAWKESFORD, M.; HORST, W.; KICHEY, T.; LAMBERS, H.; SCHJOERRING, J.; MØLLER, I. S.; WHITE, P. Functions of macronutrients. In: MARSCHNER, P. (ed.). **Marschner's mineral nutrition of higher plants**. 3. ed. Amsterdam: Elsevier/Academic Press, 2012. p. 135–189.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Viçosa (MG)**. Rio de Janeiro: IBGE, 2022. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/mg/vicosa.html>. Acesso em: 20 nov. 2024.

LENTH, R. V.; PIASKOWSKI, J. **emmeans: estimated marginal means, aka least-squares means**. Versão 2.0.1. [S. l.]: CRAN, 2025. R package. Disponível em: <https://CRAN.R-project.org/package=emmeans>. Acesso em: 2 dez. 2025.

MARIA, A. C. S.; FARIA, T. C. A.; STEPHAN, I. I. C. Um retrato da evolução urbana de Viçosa-MG: impactos da federalização da UFV sobre a cidade (1969–2014). **Revista Brasileira de Planejamento e Desenvolvimento**, v. 3, n. 1, p. 37–54, 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.3895/rbpd.v3n1.3572>. Acesso em: 20 nov. 2024.

MARSCHNER, P. (ed.). **Marschner's mineral nutrition of higher plants**. 3. ed. Amsterdam: Elsevier/Academic Press, 2012. 651 p.

MENEGAT, S.; LEDO, A.; TIRADO, R. Greenhouse gas emissions from global production and use of nitrogen synthetic fertilisers in agriculture. **Scientific Reports**, v. 12, art. 14490, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1038/s41598-022-18773-w>. Acesso em: 23 nov. 2024.

NOVAIS, R. F.; SMYTH, T. J.; NUNES, F. N. Fósforo. In: NOVAIS, R. F. et al. (ed.). **Fertilidade do solo**. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. p. 471–550.

NURHIDAYATI, N.; MACHFUDZ, M.; MURWANI, I. Direct and residual effect of various vermicompost on soil nutrient and nutrient uptake dynamics and productivity of four mustard Pak-Coi (*Brassica rapa* L.) sequences in organic farming system. **International Journal of Recycling of Organic Waste in Agriculture**, v. 7, p. 173–181, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s40093-018-0203-0>. Acesso em: 3 ago. 2026.

PALHARES, D. D. F.; FERNANDES, M. C. S.; VIEIRA, L. G. M.; MALAGONI, R. A. Avaliação do consumo, produção, mercado mundial e impactos ambientais na indústria de fertilizantes nitrogenados. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE SISTEMAS PARTICULADOS, 40., 2022, Uberlândia. **Anais eletrônicos [...]**

Uberlândia: Galoá, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.17648/enemp-2022-159188>. Acesso em: 22 nov. 2024.

R CORE TEAM. **R: a language and environment for statistical computing**. Vienna: R Foundation for Statistical Computing, 2024. Software. Disponível em: <https://www.R-project.org/>. Acesso em: 2 dez. 2025.

ROCHA, C. G.; CARDOSO, A. A. Gases de N reativo como precursores do aerossol atmosférico: reações de formação, processos de crescimento e implicações ambientais. **Química Nova**, v. 44, n. 4, p. 460–472, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.21577/0100-4042.20170692>. Acesso em: 23 nov. 2024.

RÖMHELD, V. Diagnosis of deficiency and toxicity of nutrients. In: MARSCHNER, P. (ed.). **Marschner's mineral nutrition of higher plants**. 3. ed. Amsterdam: Elsevier/Academic Press, 2012. p. 299–312.

SANTOS, G. A.; SILVA, L. S.; CANELLAS, L. P.; CAMARGO, F. A. O. (ed.). **Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais e subtropicais**. 2. ed. rev. e atual. Porto Alegre: Metrópole, 2008. 654 p.

SANTOS, R. H. S. et al. **Compostagem: preparo, utilização e comercialização**. 3. ed. Brasília, DF: SENAR, 2011. 68 p.

SCHONHOF, I.; BLANKENBURG, D.; MÜLLER, S.; KRUMBEIN, A. Sulfur and nitrogen supply influence growth, product appearance, and glucosinolate concentration of broccoli. **Journal of Plant Nutrition and Soil Science**, v. 170, n. 1, p. 65–72, 2007. Disponível em: <https://doi.org/10.1002/jpln.200620639>. Acesso em: 8 jul. 2026.

SILVA, M. P.; CAVALLI, D. R.; OLIVEIRA, T. C. R. M. Avaliação do padrão coliformes a 45 °C e comparação da eficiência das técnicas dos tubos múltiplos e Petrifilm EC na detecção de coliformes totais e *Escherichia coli* em alimentos. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 26, n. 2, p. 352–359, 2006. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0101-20612006000200018>. Acesso em: 12 abr. 2026.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO. Núcleo Regional Sul. Comissão de Química e Fertilidade do Solo — RS/SC. **Manual de calagem e adubação para os estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina**. 11. ed. Frederico Westphalen: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, Núcleo Regional Sul, 2016. 376 p.

SUSSULINI, A.; ARRUDA, M. A. Z. Determinação de cromo(VI) por espectrometria de absorção atômica com chama após a extração e pré-concentração no ponto nuvem. **Eclética Química**, v. 31, n. 1, p. 73–80, 2006. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0100-46702006000100009>. Acesso em: 20 jan. 2026.

TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MØLLER, I. M.; MURPHY, A. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 2017. 888 p.

TRANI, P. E.; RAIJ, B. van; CANTARELLA, H.; FIGUEIREDO, G. J. B. (org.). **Hortaliças: recomendações de calagem e adubação para o Estado de São**

Paulo. Campinas: CATI, 2018. 88 p. (Boletim Técnico, 251). Disponível em: <https://www.cati.sp.gov.br/portal/themes/unify/arquivos/produtos-e-servicos/acervo-tecnico/Boletim%20T%C3%A9cnico%20251.pdf>. Acesso em: 30 jan. 2026.

WHITE, P. J.; BROADLEY, M. R. Calcium in plants. **Annals of Botany**, v. 92, n. 4, p. 487–511, 2003. Disponível em: <https://doi.org/10.1093/aob/mcg164>. Acesso em: 8 jul. 2026.

WICKHAM, H. **ggplot2: elegant graphics for data analysis**. New York: Springer-Verlag, 2016.

XIE, K.; CAKMAK, I.; WANG, S.; ZHANG, F.; GUO, S. Synergistic and antagonistic interactions between potassium and magnesium in higher plants. **The Crop Journal**, v. 9, n. 2, p. 249–256, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.cj.2020.10.005>. Acesso em: 6 jul. 2026.

APÊNDICE ESTATÍSTICO

Conteúdo de N da parte aérea de brócolis.

Análise após eliminação de uma repetição - transformação em 1/raiz quadrada

Níveis de Adubo: P-, Aca, C-VIDA e P+; níveis de Bloco: 1, 2, 3 e 4.

Análise de variância - Conteúdo de N da parte aérea

Fonte de variação	GL	SQ	QM	Fc	p-valor
Adubo	3	1.10403	0.36801	1.05468	0.37712
Dose	3	5.71564	1.90521	5.46018	0.00260
Adubo x Dose	9	3.21266	0.35696	1.02302	0.43568
Testemunha vs. comuns	1	0.47156	0.47156	1.35144	0.25077
Bloco	3	10.67441	3.55814	10.19732	0.00003
Resíduo	48	16.74856	0.34893		
Total	67	37.92685			

CV%: 35.6246

Teste de normalidade (Shapiro-Wilk): W = 0.97428; p-valor = 0.1721

Teste de homogeneidade de variâncias (Bartlett): Bartlett's K-squared = 17.968; gl = 16; p-valor = 0.3258

Ajuste de modelo de regressão - Modelo linear

Parâmetro	Estimativa	Erro padrão	t calculado	p-valor
b0	2.1159225	0.18086	11.69892	0.00000
b1	-0.0012763	0.00044	-2.89881	0.00563

r² do modelo: 0.512992924258454

Análise de variância da regressão - modelo linear

Fonte de variação	GL	SQ	QM	Fc	p-valor
Efeito linear	1	2.93208	2.93208	8.40	0.00563

Fonte de variação	GL	SQ	QM	Fc	p-valor
Desvios de regressão	2	2.78356	1.39178	3.99	0.02497
Resíduo	48	16.74856	0.34893		

Teste Dunnet para comparar as testemunhas com os níveis de Composto x Dose (kg ha⁻¹ de N), para acúmulo de N na parte aérea de brócolis (média em grama planta⁻¹) em resposta à aplicação do Composto Vida (C-Vida), APEPI (P- e P +) e da Agricultura familiar de Acaiaca (Aca). Dados transformados 1/raiz quadrada

Dose/Composto	Aca	C-Vida	+P	-P	Testemunha
150	1,77ns	1,92ns	2,34ns	1,97ns	
300	1,84ns	1,60ns	1,92ns	1,82ns	1,99
450	0,73*	1,87ns	0,94ns	1,23ns	
600	1,36ns	1,57ns	1,82ns	1,50ns	

Médias seguidas por * diferem estatisticamente da testemunha.

ns: Não significativo a 5% de probabilidade.

DMS: 1,24

CV% = 35,6246

Dose: kg ha⁻¹ de N

Massa seca da parte aérea total de brócolis

Análise com 4 repetições - sem transformação

Análise de variância – Massa seca da parte aérea

Fonte de variação	GL	SQ	QM	Fc	p-valor
Adubo	3	2031.0636	677.0212	2.59230	0.06346
Dose	3	5311.3191	1770.43971	6.77897	0.00067
Adubo x Dose	9	7584.4264	842.71405	3.22673	0.00389
Testemunha vs. comuns	1	691.6294	691.62937	2.64823	0.11021
Bloco	3	9146.0868	3048.69559	11.67338	0.00001
Resíduo	48	12535.9899	261.16646		

Fonte de variação	GL	SQ	QM	Fc	p-valor
Total	67	37300.5152			

CV%: 49.1989

Teste de normalidade (Shapiro-Wilk): W = 0.97021; p-valor = 0.1029

Teste de homogeneidade de variâncias (Bartlett): Bartlett's K-squared = 30.119; gl = 16;
p-valor = 0.0174

Teste de Dunnett - Desdobramento dos níveis de Dose dentro de Adubo. Massa de matéria seca da parte aérea (g planta⁻¹) em resposta à aplicação do Composto Vida (C-Vida), APEPI (P- e P +) e da Agricultura familiar de Acaiaca (Aca)

Dose/Composto	Aca	C-Vida	P +	-P	Testemunha
150	30,60ns	28,13ns	18,69ns	24,72ns	
300	26,85ns	43,61ns	23,81ns	28,58ns	20,09
450	73,51*	27,32 ns	67,95*	27,55ns	
600	40,33ns	26,00ns	21,07ns	29,59ns	

Médias seguidas por * diferem estatisticamente da testemunha pelo teste Dunnet ao nível de 5% de probabilidade

CV%: 49,19

DMS: 33,87

Ajuste de modelo de regressão – Modelo linear, somente possível para composto P-

Parâmetro	Estimativa	Erro padrão	t calculado	p-valor
b0	24.21033750	9.89633	2.44639	0.01814
b1	0.00906297	0.02409	0.37620	0.70843

r² do modelo: 0.697824903577803

Fonte de variação	GL	SQ	QM	Fc	p-valor
Efeito linear	1	36.96181	36.96181	0.14	0.70843
Desvios de regressão	2	16.00536	8.00268	0.03	0.96984
Resíduo	48	12535.98987	261.16646		

Conteúdo de K

Análise de variância apresentada integralmente, incluindo resultados não significativos e testes de pressupostos.

Transformado em log

Análise de variância - Conteúdo de K

Fonte de variação	GL	SQ	QM	Fc	p-valor
Adubo	3	2.00722	0.66907	1.44902	0.24692
Dose	3	2.33623	0.77874	1.68654	0.18952
Adubo x Dose	9	3.17481	0.35276	0.76397	0.64953
Testemunha vs. comuns	1	0.93193	0.93193	2.01829	0.16508
Bloco	2	0.34276	0.17138	0.37116	0.69287
Resíduo	32	14.77574	0.46174		
Total	50	23.56869			

CV%: -68.9197

Teste de normalidade (Shapiro-Wilk): W = 0.98397; p-valor = 0.7158

Teste de homogeneidade de variâncias (Bartlett): Bartlett's K-squared = 19.037; gl = 16; p-valor = 0.2667

Teste Dunnett - Acúmulo de K (g planta⁻¹) nas plantas de brócolis em resposta à aplicação do Composta Vida (C-Vida), APEPI (P- e P +) e da Agricultura familiar de Acaiaca (Aca).

Dose	ACA	C-VIDA	P+	-P	TESTEMUNHA
150	0,45ns	0,4ns	0,19ns	0,53ns	0,24
300	0,61ns	0,52ns	0,25ns	0,32ns	
450	0,87ns	0,31ns	0,98ns	0,48ns	
600	0,54ns	0,44ns	0,28ns	0,6ns	

Médias seguidas por * diferem estatisticamente do tratamento controle pelo teste Dunnett ao nível de 5% de probabilidade.

CV%: 68,92

Dose: kg ha⁻¹ de N

Conteúdo de Mg

Análise de variância apresentada integralmente, incluindo resultados não significativos e testes de pressupostos.

Transformado em log

Análise de variância - Conteúdo de Mg

Fonte de variação	GL	SQ	QM	Fc	p-valor
Adubo	3	2.35855	0.78618	1.27635	0.29913
Dose	3	2.27390	0.75797	1.23054	0.31470
Adubo x Dose	9	2.15071	0.23897	0.38796	0.93211
Testemunha vs. comuns	1	2.11118	2.11118	3.42745	0.07337
Bloco	2	0.29423	0.14711	0.23884	0.78894
Resíduo	32	19.71073	0.61596		
Total	50	28.89929			

CV%: 21.7803

Teste de normalidade (Shapiro-Wilk): W = 0.98674; p-valor = 0.8352

Teste de homogeneidade de variâncias (Bartlett): Bartlett's K-squared = 10.86; gl = 16; p-valor = 0.8180

Teste Dunnett - Acúmulo de Mg (g planta^{-1}) nas plantas de brócolis em resposta à aplicação do Composta Vida (C-Vida), APEPI (P- e P +) e da Agricultura familiar de Acaiaca (Aca).

Dose	ACA	C-VIDA	P+	-P	TESTEMUNHA
150	0,04ns	0,03ns	0,02ns	0,04ns	0,01
300	0,04ns	0,03ns	0,02ns	0,03ns	
450	0,06ns	0,03ns	0,07ns	0,04ns	
600	0,05ns	0,03ns	0,02ns	0,06ns	

Médias seguidas por * diferem estatisticamente do tratamento controle pelo teste Dunnett ao nível de 5% de probabilidade.

CV%: 21,78

Dose: kg ha^{-1} de N

Conteúdo de P

Análise de variância apresentada integralmente, incluindo resultados não significativos e testes de pressupostos.

Transformado em log

Análise de variância - Conteúdo de P

Fonte de variação	GL	SQ	QM	Fc	p-valor
Adubo	3	4.76356	1.58785	1.50586	0.23178
Dose	3	3.06278	1.02093	0.96821	0.41975
Adubo x Dose	9	2.13679	0.23742	0.22516	0.98842
Testemunha vs. comuns	1	2.87169	2.87169	2.72339	0.10867
Bloco	2	2.79915	1.39958	1.32730	0.27940
Resíduo	32	33.74248	1.05445		
Total	50	49.37645			

CV%: 33.5109

Teste de normalidade (Shapiro-Wilk): W = 0.98055; p-valor = 0.5622

Teste de homogeneidade de variâncias (Bartlett): Bartlett's K-squared = 13.549; gl = 16; p-valor = 0.6323

Teste Dunnett - Acúmulo de P (g planta⁻¹) nas plantas de brócolis em resposta à aplicação do Composta Vida (C-Vida), APEPI (P- e P +) e da Agricultura familiar de Acaiaca (Aca).

Dose	ACA	C-VIDA	P+	-P	TESTEMUNHA
150	0,08ns	0,04ns	0,04ns	0,05ns	
300	0,07ns	0,07ns	0,05ns	0,06ns	
450	0,21ns	0,03ns	0,09ns	0,1ns	
600	0,11ns	0,06ns	0,08ns	0,1ns	

Médias seguidas por * diferem estatisticamente do tratamento controle pelo teste Dunnett ao nível de 5% de probabilidade.

CV%: 33.5109

Dose: kg ha⁻¹ de N

Conteúdo de S

Análise de variância apresentada integralmente, incluindo resultados não significativos e testes de pressupostos.

Transformado por log

Análise de variância - Conteúdo de S

Fonte de variação	GL	SQ	QM	Fc	p-valor
Adubo	3	0.82037	0.27346	0.31924	0.81137
Dose	3	0.99016	0.33005	0.38530	0.76430
Adubo x Dose	9	6.93696	0.77077	0.89980	0.53683
Testemunha vs. comuns	1	2.85033	2.85033	3.32748	0.07748
Bloco	2	4.18015	2.09008	2.43996	0.10322
Resíduo	32	27.41132	0.85660		
Total	50	43.18930			

CV%: 26.5114

Teste de normalidade (Shapiro-Wilk): W = 0.98448; p-valor = 0.7386

Teste de homogeneidade de variâncias (Bartlett): Bartlett's K-squared = 20.383; gl = 16; p-valor = 0.2035

Teste Dunnett - Acúmulo de S (g planta⁻¹) nas plantas de brócolis em resposta à aplicação do Composto Vida (C-Vida), APEPI (P- e P +) e da Agricultura familiar de Acaiaca (Aca).

Dose	ACA	C-VIDA	P+	-P	TESTEMUNHA
150	0,05ns	0,11ns	0,02ns	0,04ns	0,01
300	0,07ns	0,04ns	0,03ns	0,03ns	
450	0,06ns	0,02ns	0,09ns	0,06ns	
600	0,05ns	0,03ns	0,02ns	0,05ns	

Médias seguidas por * diferem estatisticamente do tratamento controle pelo teste Dunnett ao nível de 5% de probabilidade.

CV%: 26,51
Dose: kg ha⁻¹ de N

Conteúdo de Ca

Análise de variância apresentada integralmente, incluindo resultados não significativos e testes de pressupostos.

Transformado em log

Análise de variância - Conteúdo de Ca

Fonte de variação	GL	SQ	QM	Fc	p-valor
Adubo	3	1.50425	0.50142	0.86539	0.46909
Dose	3	1.52498	0.50833	0.87732	0.46312
Adubo x Dose	9	2.51650	0.27961	0.48258	0.87539
Testemunha vs. comuns	1	1.30806	1.30806	2.25757	0.14277
Bloco	2	0.70931	0.35465	0.61210	0.54844
Resíduo	32	18.54116	0.57941		
Total	50	26.10427			

CV%: 48.2467

Teste de normalidade (Shapiro-Wilk): W = 0.99165; p-valor = 0.9751

Teste de homogeneidade de variâncias (Bartlett): Bartlett's K-squared = 16.653; gl = 16; p-valor = 0.4084

Teste Dunnett - Acúmulo de Ca (g planta⁻¹) nas plantas de brócolis em resposta à aplicação do Composto Vida (C-Vida), APEPI (P- e P +) e da Agricultura familiar de Acaiaca (Aca).

Dose	ACA	C-VIDA	P+	-P	TESTEMUNHA
150	0,28ns	0,23ns	0,12ns	0,27ns	0,12
300	0,28ns	0,27ns	0,22ns	0,19ns	
450	0,41ns	0,21ns	0,45ns	0,3ns	
600	0,34ns	0,27ns	0,16ns	0,32ns	

Médias seguidas por * diferem estatisticamente do tratamento controle pelo teste Dunnet ao nível de 5% de probabilidade.

CV%: 48,25

Dose: kg ha⁻¹ de N

Massa da inflorescência (Brócolis)

Análise de variância, após eliminação de uma repetição – Massa da Inflorescência (transformação em raiz quadrada)

Fonte de variação	GL	SQ	QM	Fc	p-valor
Adubo	3	61.07961	20.35987	2.08473	0.11461
Dose	3	214.72949	71.5765	7.329	0.00038
Adubo x Dose	9	123.72438	13.74715	1.40763	0.21151
Testemunha	1	24.04380	24.0438	2.46194	0.1232
Bloco	3	278.96489	92.9883	9.52144	5e-05
Resíduo	48	468.77742	9.7662		
Total	67	1171.31959			

CV% = 38.4279

Teste de normalidade: Shapiro-Wilk W = 0.98392, p-value = 0.5291

Teste de homogeneidade de variâncias –Bartlett's K-squared = 18.232, df = 16, p-value = 0.3105

Ajuste de modelo de regressão - Modelo Quadrático

Parâmetro	Estimativa	Erro padrão	t calculado	p-valor
b0	1.82323698	2.17497	0.83828	0.40603
b1	0.03352015	0.01323	2.53405	0.01459
b2	-0.00003622	0.00002	-2.08627	0.04229

"R2 do modelo quadrático = 0.536436"

Análise de variância da regressão quadrática

Fonte de variação	GL	SQ	QM	Fc	p-valor
Efeito linear	1	72.68120	72.68120	7.44	0.00887
Efeito quadrático	1	42.50753	42.50753	4.35	0.04229
Desvios de Regressão	1	99.54076	99.54076	10.19	0.00249
Resíduos	48	468.77742	9.76620		

Tabela - Teste Dunnet para comparar as testemunhas com os níveis de Composto x Dose (kg/ha de N), para matéria fresca da inflorescência de brócolis (média em grama planta⁻¹).

Dose/Composto	Aca	C-Vida	+P	-P	Testemunha
150	72.125	66.875	39	51.875	45.75
300	53.5	65.875	46.625	68.25	
450	210.125*	67.375	203*	111.75	
600	126.5	60.75	64.375	63.37	

Médias seguidas por * diferem estatisticamente da testemunha.

ns: Não significativo a 5% de probabilidade.

CV%: 38,4279

DMS: 119.4732

Dose: kg ha⁻¹ de N**Massa seca do Milheto**

Análise de variância, após eliminação de uma repetição – Massa do milheto

Fonte de variação	GL	SQ	QM	Fc	p-valor
Adubo	3	906.0486	302.0162	2.40577	0.07882
Dose	3	3505.4000	1168.46665	9.30765	6e-05
Adubo x Dose	9	489.2172	54.35747	0.433	0.91053
Testemunha	1	1313.4897	1313.4897	10.46286	0.00221
Bloco	3	1206.6886	402.22952	3.20404	0.03134
Resíduo	48	6025.8381	125.53829		
Total	67	13446.6821			

CV% = 33.4484

Teste de normalidade: Shapiro-Wilk W = 0.99034, p-value = 0.881

Teste de homogeneidade de variancias –Bartlett's K-squared = 11.203, df = 16, p-value = 0.7968

Ajuste de modelo de regressão - Modelo Linear

Parâmetro	Estimativa	Erro padrão	t calculado	p-valor
b0	19.86093750	3.43063	5.78930	0e+00
b1	0.03929417	0.00835	4.70518	2e-05

"r² do modelo linear = 0.792850114389764"

Análise de variância da regressão linear

Fonte de variação	GL	SQ	QM	Fc	p-valor
Efeito linear	1	2779.2568	2779.2568	22.14	2e-05
Desvios de Regressao	2	726.1432	363.0716	2.89	0.06517
Resíduos	48	6025.8381	125.5383		

Teste Dunnet para comparar as testemunhas com os níveis de Dose - Massa de matéria seca do milheto (g/vaso) em resposta à aplicação de composto orgânico

Dose/Composto	Aca	C-Vida	P +	P-	Testemunha
150	25,0ns	36,5ns	18,2ns	25,9ns	
300	28,5ns	33,4ns	19,3ns	31,2ns	15,9
450	41,9*	42,3*	42,4*	44,4*	
600	42,1*	46,9*	36,8ns	38,9*	

Compostos orgânicos Composta Vida (C-Vida), APEPI (- P e P +) e da Agricultura familiar de Acaiaca (Aca). Médias seguidas por * diferem estatisticamente do tratamento controle pelo teste Dunnet ao nível de 5% de probabilidade.

DMS: 23,49
CV% = 33,44
Dose: kg ha⁻¹ de N

Crescimento do dossel de brócolis

Análise realizada em: 20/05/2026 14:08:27

ANOVA para medidas repetidas (correção GG estimada)						Resumo da ANOVA	
area						area	
F.V.	GL ajust.	SQ	QM	F	p-valor ajust.	FV	(log(y))
Adubo	3.0	0.2617672	0.0872557	2.82 *	0.049	Média geral	2.69
Dose	3.0	1.3735613	0.4578538	14.81 **	< 0.001	FA p-valor	0.049
Adubo x Dose	9.0	0.8207775	0.0911975	2.95 **	0.008	FB p-valor	< 0.001
Blocos	3.0	4.2756754	1.4252251	46.10 **	< 0.001	AxB p-valor	0.008
Resíduo (a)	45.0	1.3912764	0.0309173			FC p-valor	< 0.001
Data	1.8	38.008581	12.669527	453.21 **	< 0.001	AxC p-valor	0.278
Adubo x Data	5.5	0.3223957	0.0358217	1.28 ^{ns}	0.278	BxC p-valor	0.086
Dose x Data	5.5	0.5025389	0.0558377	2.00 ^{ns}	0.086	AxBxC p-valor	0.624
Interação tripla	16.5	0.6432895	0.0238255	0.85 ^{ns}	0.624	C.V.(%) (a)	6.53
Resíduo (b)	95.2	4.3609916	0.0279551			C.V.(%) (b)	6.2
Total	271.0	55.384027					

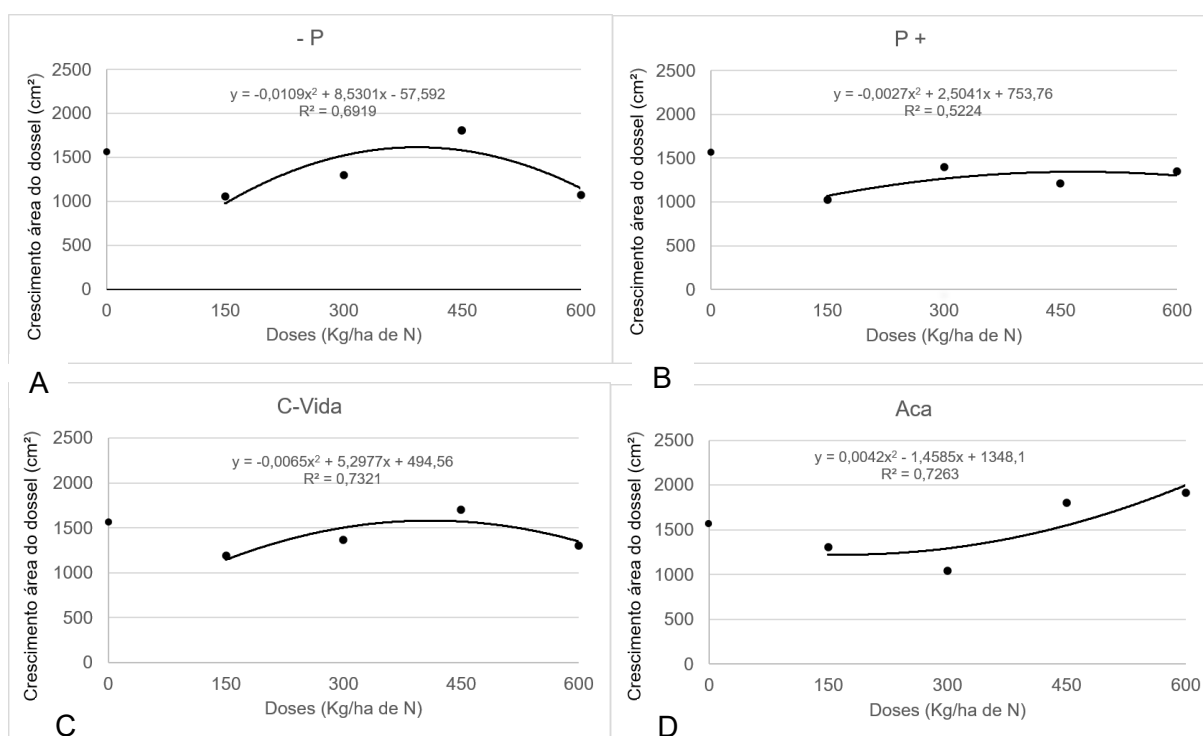


Figura 1 – Crescimento da área do dossel das plantas de brócolis cultivadas com os compostos orgânicos APEPI - P (A) e P + (B) Composta Vida (C-Vida)(C), e da Agricultura familiar de Acaiaca (Aca) (D) com doses equivalentes a kg/ha de N.