



AMANDA NASCIMENTO MONTEIRO

**FONTES E DOSES DE FÓSFORO NA PRODUÇÃO DE
BIOMASSA E NO TEOR DE FLAVONOIDES EM *Calendula*
officinalis L.**

**LAVRAS-MG
2025**

AMANDA NASCIMENTO MONTEIRO

**FONTES E DOSES DE FÓSFORO NA PRODUÇÃO DE BIOMASSA E NO
TEOR DE FLAVONOIDES EM *Calendula officinalis* L.**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Plantas Medicinais, Aromáticas e Condimentares, para obtenção do título de Mestre.

Linha de pesquisa
Cultivo e manejo sustentável de plantas medicinais

Orientador
Prof. Alexandre Alves de Carvalho

Coorientadores
Prof^a. Suzan Kelly Vilela Bertolucci
Prof. José Eduardo Brasil Pereira Pinto

**LAVRAS–MG
2025**

**Ficha Catalográfica elaborada pelo Sistema de Geração
de Ficha Catalográfica da Biblioteca Universitária da UFLA, com
dados informados pelo(a) próprio(a) autor(a).**

Monteiro, Amanda Nascimento.

Fontes e doses de fósforo na produção de biomassa e no teor de flavonoides em
calendula officinalis l. / Amanda Nascimento Monteiro. - 2025.
64 p. : il.

Orientador: Alexandre Alves de Carvalho

Coorientadora: Suzan Kelly Vilela Bertolucci

Coorientador: José Eduardo Brasil Pereira Pinto

Dissertação (Mestrado Acadêmico) - Universidade Federal de Lavras, 2025.
Bibliografia.

1. Planta medicinal. 2. Metabolismo secundário. 3. Produtividade vegetal. I.
Alves de Carvalho, Alexandre. II. Kelly Vilela Bertolucci, Suzan. III. Brasil Pereira
Pinto, José Eduardo. IV. Universidade Federal de Lavras. V. Título.

AMANDA NASCIMENTO MONTEIRO

**FONTES E DOSES DE FÓSFORO NA PRODUÇÃO DE BIOMASSA E NO
TEOR DE FLAVONOIDES EM *Calendula officinalis* L.**

**SOURCES AND DOSES OF PHOSPHORUS IN BIOMASS PRODUCTION AND
FLAVONOID CONTENT IN *Calendula officinalis* L.**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Plantas Medicinais, Aromáticas e Condimentares, para obtenção do título de Mestre.

APROVADA em 25 de fevereiro de
2025. Dr. Alexandre Alves de Carvalho
Dr. Antônio Rodrigues da Cunha Neto
Dr^a. Vytória Piscitelli Cavalcanti

Prof. Dr. Alexandre Alves de Carvalho
Orientador

Prof^a. Suzan Kelly Vilela Bertolucci
Coorientadora

Prof. José Eduardo Brasil Pereira Pinto
Coorientador

**LAVRAS-MG
2025**

*Dedico este trabalho aos meus pais, Marisa e Ivan,
que sob muito sol, fizeram-me chegar até aqui, na sombra*

AGRADECIMENTOS

A conclusão desta dissertação representa não apenas o fim de uma jornada acadêmica, mas também o resultado de um caminho trilhado com o apoio e incentivo de muitas pessoas.

Primeiramente, agradeço a Deus pela dádiva da vida e por me permitir chegar até aqui com saúde. Agradeço a N.Sra de Nazaré pela sua fiel intercessão e por ser fonte inesgotável de amor em minha vida.

Agradeço à minha família, meu porto seguro. Meus pais, Marisa e Ivan, por ser minha base, pelo amor incondicional, pelos conselhos sábios e pelo apoio em todos os momentos. Sair de casa e deixá-los para viver um sonho não foi fácil. Lidar com a saudade foi um dos meus maiores desafios durante esses dois anos. Espero um dia retribuir tudo que fizeram e ainda fazem por mim. Aos meus amados tios Assis e Marizeth, o meu muito obrigada!

À querida amiga Eneidy Costa, que sem dúvidas é um dos seres humanos mais incríveis que eu tive a sorte de encontrar pelo caminho. Companheira de jornada, de desafios e de conquistas. Sou imensamente grata por cada palavra de incentivo, cada conversa nos momentos difíceis e cada risada que trouxe leveza à caminhada.

Ao amigo Jerónimo pela ajuda incansável durante a toda a condução do experimento, sua companhia e sua disposição para enfrentar comigo os desafios dessa pesquisa fizeram toda a diferença.

Aos meus queridos amigos e companheiros de casa, Thalisson Henrique, Gabriel Carvalho, Pablo Rhuan, Maria Viana, Mateus Magalhães, Rafael Marlon, Davi Coutinho e Pedro Benevenuto, meu mais sincero agradecimento por terem transformado nossa casa em um verdadeiro lar para mim. Entre risadas, conversas até tarde, apoio nos momentos difíceis e celebrações das pequenas conquistas, vocês me fizeram sentir que eu tinha uma segunda casa, um lugar onde sempre encontrei acolhimento e amizade genuína. Obrigada por cada gesto de carinho, pela paciência nos dias de estresse, pela cumplicidade nos momentos bons e ruins. Em palavras não consigo mensurar o quanto essa caminhada teria sido muito mais difícil sem vocês ao meu lado.

À amiga Danielle Castro por ter me acolhido não apenas em sua casa, mas também em sua família e seu coração. Sua generosidade, carinho e apoio tornaram essa caminhada muito mais leve e significativa.

Ao meu orientador, Dr. Alexandre Carvalho, expresso minha mais profunda gratidão pela paciência, dedicação e orientação ao longo desta jornada. Sua sabedoria, conselhos e incentivo foram fundamentais para meu crescimento acadêmico e pessoal. Obrigada por cada conversa esclarecedora, por cada sugestão valiosa e, principalmente, por acreditar no meu potencial. Seu apoio foi essencial para que eu pudesse superar os desafios e chegar até aqui. Levarei comigo não apenas o conhecimento adquirido, mas também o exemplo de profissionalismo, ética e comprometimento que você demonstrou em cada etapa deste processo.

Ao Laboratório de fitoquímica Gota da Esperança e em especial pela ajuda da técnica Annete Boari Lima e professora Suzan.

Agradeço aos membros da banca por aceitarem contribuir neste momento tão importante para mim.

À Universidade Federal de Lavras, ao Departamento de Agricultura e ao Programa de Pós Graduação em Plantas Medicinais Aromáticas e Condimentares, pela oportunidade de realização do mestrado. Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) (Financiador da bolsa de estudo), à Pró-Reitoria de Assuntos Estudantis e Comunitários (PRAEC), à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES), pela concessão de bolsas de estudos e/ou infraestrutura para a realização dos trabalhos. O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

RESUMO

A calêndula (*Calendula officinalis* L.) é amplamente cultivada por seu valor ornamental, medicinal e industrial, destacando-se pelos flavonoides presentes em suas flores. O manejo adequado da adubação, especialmente do fósforo, é essencial para a produção de biomassa e compostos bioativos. Este estudo teve como objetivo avaliar o efeito de fontes e doses de adubos fosfatados no crescimento e no teor de flavonoides da calêndula. O experimento foi conduzido em delineamento em blocos casualizados, com esquema fatorial (2 fontes $\times$ 5 doses) e quatro repetições. Foram testadas duas fontes de fósforo: fosfato monoamônico (MAP) e adubo organomineral (Evolutions®), aplicadas em doses de 0, 25, 50, 100 e 150 kg ha⁻¹. Após 120 dias da semeadura, avaliaram-se características de crescimento, peso seco de diferentes partes da planta e teores de clorofila e flavonoides. Não houve interação significativa entre fonte e dose para as variáveis de crescimento. No entanto, o MAP proporcionou maior diâmetro de caule (20,33 mm) em comparação ao organomineral (17,91 mm), enquanto este último resultou em maior peso seco da parte aérea. Doses crescentes de ambos os fertilizantes aumentaram o peso seco. Quanto aos flavonoides, o MAP resultou em teores superiores (0,561%) ao organomineral (0,330%), com destaque para as doses de 0 kg ha⁻¹ (0,636%) e 100 kg ha⁻¹ (0,656%). Conclui-se que a adubação fosfatada com MAP favorece o crescimento e o acúmulo de flavonoides na calêndula de forma mais eficiente do que o adubo organomineral.

Palavras chave: calêndula; eficiência nutricional; metabolismo secundário; produtividade vegetal.

ABSTRACT

Calendula (*Calendula officinalis* L.) is widely cultivated for its ornamental, medicinal, and industrial value, especially due to the flavonoids found in its flowers. Proper fertilization management, particularly phosphorus supply, is essential for biomass and bioactive compound production. This study aimed to evaluate the effect of different phosphorus fertilizer sources and doses on the growth and flavonoid content of calendula. The experiment was conducted in a randomized block design with a factorial scheme (2 sources $\times$ 5 doses) and four replications. Two phosphorus sources were tested: monoammonium phosphate (MAP) and an organomineral fertilizer (Evolutions®), applied at doses of 0, 25, 50, 100, and 150 kg ha⁻¹. After 120 days of sowing, growth parameters, dry weight of various plant parts, and chlorophyll and flavonoid contents were evaluated. No significant interaction was observed between fertilizer source and dose for growth variables. However, MAP led to a greater stem diameter (20.33 mm) compared to the organomineral fertilizer (17.91 mm), while the latter resulted in higher shoot dry weight. Increasing fertilizer doses improved dry biomass. Regarding flavonoid content, MAP resulted in higher levels (0.561%) than the organomineral source (0.330%), with the highest values observed at 0 kg ha⁻¹ (0.636%) and 100 kg ha⁻¹ (0.656%) of MAP. It is concluded that phosphorus fertilization using MAP promotes greater stem diameter and more efficient accumulation of flavonoids in calendula compared to organomineral fertilization.

Keywords: marigold; nutritional efficiency; secondary metabolism; plant productivity.

INDICADORES DE IMPACTO

A *Calendula officinalis* L, popularmente conhecida como calêndula, é uma planta medicinal amplamente utilizada devido às suas propriedades terapêuticas, cosméticas e ornamentais. Originária da região do Mediterrâneo, essa espécie adaptou-se a diversas condições climáticas e vem sendo cultivada em várias partes do mundo para diferentes finalidades, dentre elas: uso medicinal; uso cosmético e dermatológico e aplicações na agricultura e sustentabilidade. Com relação às propriedades medicinais, a calêndula possui compostos bioativos como flavonoides, triterpenoides, saponinas e carotenoides, responsáveis por suas propriedades farmacológicas. Dentre seus principais efeitos, destacam-se anti-inflamatório, cicatrizante, antimicrobiano e antioxidante. Além disso devido às suas propriedades calmantes e regenerativas, a calêndula é um ingrediente comum em cosméticos naturais, como shampoos, sabonetes e loções. A *Calendula officinalis* é uma planta versátil com múltiplos benefícios para a saúde humana, a indústria cosmética e a sustentabilidade agrícola. Seu cultivo e uso crescente refletem o interesse da sociedade por alternativas naturais e ecológicas, fortalecendo sua importância econômica e medicinal, o que faz seu cultivo estar alinhado com os Objetivos de Desenvolvimento sustentável (ODS) da Organização das Nações Unidas (ONU). O ODS 3, diz respeito à Saúde e Bem-Estar e o cultivo da calêndula promove a saúde ao fornecer matéria-prima para medicamentos naturais e fitoterápicos, reduzindo a dependência de fármacos sintéticos. Ademais, sua aplicação em produtos cosméticos naturais contribui para o bem-estar, minimizando a exposição a substâncias químicas nocivas, reduzindo consequentemente o impacto ambiental causado por produtos químicos, o que corrobora com o intuito da ODS 12- Consumo e produção responsáveis. Além dos usos medicinais e cosméticos, a calêndula tem importância na agricultura sustentável por se tratar de uma planta altamente atrativa para polinizadores, suas flores atraem abelhas e outros insetos benéficos para a manutenção da biodiversidade, o que a torna um repelente natural de pragas em hortas e cultivos agroecológicos minimizando ou reduzindo totalmente o uso de defensivos agrícolas, também contribuindo para o ODS 12- consumo e produção responsáveis.

IMPACT INDICATORS

Calendula officinalis. L, popularly known as marigold, is a medicinal plant widely used due to its therapeutic, cosmetic and ornamental properties. Originally from the Mediterranean region, this species has adapted to different climatic conditions and has been cultivated in various parts of the world for different purposes, including: medicinal use; cosmetic and dermatological use; and applications in agriculture and sustainability. Regarding medicinal properties, marigold has bioactive compounds such as flavonoids, triterpenoids, saponins and carotenoids, responsible for its pharmacological properties. Among its main effects, anti-inflammatory, healing, antimicrobial and antioxidant properties stand out. In addition, due to its calming and regenerative properties, marigold is a common ingredient in natural cosmetics, such as shampoos, soaps and lotions. *Calendula officinalis* is a versatile plant with multiple benefits for human health, the cosmetics industry and agricultural sustainability. Its cultivation and growing use reflect society's interest in natural and ecological alternatives, strengthening its economic and medicinal importance, which makes its cultivation aligned with the Sustainable Development Goals (SDGs) of the United Nations (UN). SDG 3 concerns Health and Well-Being, and the cultivation of calendula promotes health by providing raw material for natural and herbal medicines, reducing dependence on synthetic drugs. Furthermore, its application in natural cosmetic products contributes to well-being, minimizing exposure to harmful chemicals, consequently reducing the environmental impact caused by chemicals, which corroborates the purpose of SDG 12 - Responsible consumption and production. In addition to its medicinal and cosmetic uses, calendula is important in sustainable agriculture because it is a plant that is highly attractive to pollinators. Its flowers attract bees and other insects that are beneficial for maintaining biodiversity, which makes it a natural pest repellent in vegetable gardens and agroecological crops, minimizing or completely reducing the use of pesticides, also contributing to SDG 12 - responsible consumption and production.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Capítulo floral de calêndula.....	18
Figura 2 – Dados climatológicos da estação meteorológica da Universidade Federal de Lavras, entre os meses de janeiro 2024 a abril de 2024.....	44
Figura 3 – Plântulas de <i>Calendula officinalis</i> aos 120 dias de cultivo em diferentes doses (0, 25, 50, 100 e 150 kg/ha) de adubos fosfatados (MAP e Organomineral).....	50
Figura 4 – Modelo de regressão para peso seco de folha (PSF), de caule (PSC) e de parte aérea (PSPA) de <i>Calendula officinalis</i> em função de doses de adubos fosfatados (0, 25, 50, 100 e 150 kg/ha)	53
Figura 5 – Estudo do efeito da interação para flavonoides totais coletadas de flores de <i>Calendula officinalis</i> em função de doses (0, 25, 50, 100 e 150 kg/ha) de adubos fosfatados (MAP e Organomineral).....	58

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Atributos químicos de Latossolo Vermelho Distroférrico, utilizado no experimento.....	45
Tabela 2 – Volume de solução mãe, volume final após diluição e concentração de quercetina empregadas na construção das curvas analíticas para o doseamento espectrofotométrico de flavonoides totais.....	47
Tabela 3 – Nível de significância ($Pr > F_c$) dos dados relativos ao comprimento da parte aérea (CPA), diâmetro de caule (DC), peso seco de folha (PSF), de caule (PSC) e de parte aérea (PSPA) coletadas aos 120 dias após semeadura de plântulas de <i>Calendula officinalis</i> que foram submetidas à diferentes doses (0, 25, 50, 100 e 150 kg/ha) de adubos fosfatados (MAP e Organomineral).....	51
Tabela 4 – Comprimento da parte aérea (CPA) e diâmetro de caule (DC) coletadas aos 120 dias após semeadura de plântulas de <i>Calendula officinalis</i> que foram submetidas à diferentes doses (0, 25, 50, 100 e 150 kg/ha) de adubos fosfatados (MAP e Organomineral).....	52
Tabela 5 – Peso seco de folha (PSF), de caule (PSC) e de parte aérea (PSPA) coletadas aos 120 dias após semeadura de plântulas de <i>Calendula officinalis</i> que foram submetidas à diferentes doses (0, 25, 50, 100 e 150 kg/ha) de adubos fosfatados (MAP e Organomineral).....	53
Tabela 6 – Nível de significância ($Pr > F_c$) dos dados relativos ao teor de clorofila <i>a</i> (Cla), Clorofila <i>b</i> (Clb) e Clorofila total (Cl _{total}) coletadas aos 120 dias após semeadura de plântulas de <i>Calendula officinalis</i> que foram submetidas à diferentes doses (0, 25, 50, 100 e 150 kg/ha) de adubos fosfatados (MAP e Organomineral).....	55
Tabela 7 – Clorofila <i>a</i> (Cla), Clorofila <i>b</i> (Clb) e Clorofila total (Cl _t) coletadas aos 120 dias após semeadura de plântulas de <i>Calendula officinalis</i> que foram submetidas à diferentes doses (0,	

25, 50, 100 e 150 kg/ha) de adubos fosfatados (MAP e Organomineral).....5

5

Tabela 8 – Nível de significância ($Pr > F_c$) dos dados relativos ao peso seco de capítulo (PSCa), de receptáculo (PSR) e de pétala (PSP), e teor de flavonoides totais coletadas no período de 90 a 120 dias após semeadura de plântulas de *Calendula officinalis* que foram submetidas à diferentes doses (0, 25, 50, 100 e 150 kg/ha) de adubos fosfatados (MAP e Organomineral).....56

SUMÁRIO

CAPÍTULO I.....	16
1 INTRODUÇÃO.....	16
2 OBJETIVOS.....	17
2.1 Objetivo geral.....	17
2.1Objetivos específicos.....	18
3 REFERENCIAL TEÓRICO.....	18
3.1 A espécie.....	18
3.2 Características agronômicas.....	19
3.3 Uso medicinal.....	21
3.4 Flavonóides.....	23
3.5 Adubação fosfatada.....	26
3.6 Adubação fosfatada em plantas medicinais.....	28
3.7 Organominerais fonte de fósforo.....	30
4 REFERÊNCIAS.....	33
CAPÍTULO II - Fontes e doses de fósforo na produção de biomassa e	
no teor de flavonóides em Calendula officinalis. L.....	40
1 INTRODUÇÃO.....	42
2 MATERIAL E MÉTODOS.....	44
2.1 Caracterização da área experimental.....	44
2.2 Implantação e condução do experimento.....	45
2.3 Variáveis analisadas.....	46
2.3.1 Análise do crescimento.....	46
2.3.2 Preparo dos extratos e doseamento de flavonóides totais	47
2.4 Análise estatística.....	48
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	48
3.1 Influência da adubação fosfatada no crescimento de calêndulas.....	48
3.2- Influência da adubação fosfatada na produção de flavonóides totais em flores de calêndulas.....	56
4 CONCLUSÕES.....	60
5 REFERÊNCIAS.....	61

CAPITULO I

1. INTRODUÇÃO

A utilização de plantas medicinais na saúde humana remonta às primeiras civilizações, consolidando-se como uma prática na medicina tradicional e moderna (PATRÍCIO, 2022). Entre as diversas espécies de interesse, *Calendula officinalis* L., conhecida como calêndula, destaca-se pela versatilidade de seus usos e pela ampla distribuição geográfica. Pertencente à família Asteraceae, essa planta herbácea é valorizada não apenas por sua beleza ornamental, mas principalmente por suas propriedades medicinais e cosméticas. Sua popularidade está associada às flores vibrantes, em tons de amarelo e laranja, que são fontes ricas de compostos bioativos com comprovadas ações anti-inflamatórias, antimicrobianas, cicatrizantes e antioxidantes (JAN, 2017).

Os flavonoides, um dos principais grupos de compostos bioativos presentes na calêndula, destacam-se por sua ação antioxidante. Além disso, esses compostos possuem propriedades anti-inflamatórias, antimicrobianas e cicatrizantes, que justificam sua ampla utilização em formulações cosméticas e medicamentosas. Estudos indicam que a aplicação de fósforo no cultivo de calêndula não apenas aumenta a biomassa e a produtividade das flores, mas também eleva a concentração de flavonoides e carotenoides, potencializando os benefícios terapêuticos da planta (DEKA et al., 2021).

No Brasil, a biodiversidade do solo e o clima tropical oferecem um ambiente promissor para o cultivo de plantas medicinais como a calêndula. Contudo, a baixa fertilidade natural de muitos solos brasileiros, aliada à alta fixação de fósforo, exige o desenvolvimento de estratégias de manejo que aumentem a eficiência do uso desse nutriente. O cultivo da calêndula requer manejo cuidadoso de fatores como a adubação, especialmente em relação ao fósforo (LOPES et al., 2021). O fósforo desempenha funções na fotossíntese, na respiração celular e na síntese de compostos orgânicos, como os flavonoides e carotenoides, que são responsáveis pelas propriedades terapêuticas e antioxidantes da planta. Em solos tropicais, como os do Brasil, a baixa disponibilidade de fósforo devido à fixação em formas não disponíveis para as plantas é um desafio significativo (ROCHA, 2024). Assim, práticas de manejo, como a adubação têm se mostrado indispensáveis para otimizar a produção e a qualidade da *C. officinalis* (MENDES, 2021).

Além dos benefícios agronômicos, a adoção de práticas sustentáveis no cultivo de *C. officinalis* é essencial para atender à crescente demanda por produtos naturais e ecologicamente

responsáveis. O uso de fertilizantes organominerais, que combinam fontes minerais e orgânicas de fósforo, tem se destacado como uma opção sustentável. Esses fertilizantes não apenas melhoram a disponibilidade de fósforo no solo, mas também contribuem para a melhoria das propriedades físicas, químicas e biológicas do solo, favorecendo o crescimento radicular e a absorção de nutrientes (Cabral et al., 2020).

Portanto, pesquisas dedicadas a investigar os fatores que influenciam o cultivo e a produção de compostos bioativos, como os flavonoides, é essencial para explorar plenamente o potencial terapêutico e comercial de espécies medicinais. Neste sentido, esta dissertação teve como objetivo investigar fontes e doses da adubação fosfatada no crescimento e na produção de compostos bioativos na *C. officinalis*, contribuindo para o desenvolvimento de sistemas de cultivo mais eficientes e sustentáveis.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Avaliar as fontes de fósforo MAP e organomineral no crescimento, clorofila e teor de flavonóides em *Calendula officinallis*.

2.1.2 Objetivos específicos

- i. Identificar e quantificar o crescimento de biomassa;
- ii. Avaliar clorofila A, B e total;
- iii. Identificar qual fonte de adubo apresenta melhores resultados para o crescimento de biomassa e teor de flavonóides

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 A espécie

A calêndula é uma planta herbácea anual da família Asteraceae. Possui caule ereto e ramificado, com altura média entre 30 e 60 cm, mas podendo variar conforme as condições de cultivo (SILVA, 2020). Essa estrutura caular é suculenta e ligeiramente pegajosa ao toque, devido à presença de tricomas glandulares que secretam substâncias resinosas, responsáveis por suas propriedades terapêuticas e pela defesa contra herbívoros. Esses tricomas desempenham um papel importante na proteção da planta, principalmente em ambientes abertos e expostos a herbívoros (TEIXEIRA, et al 2018).

As folhas da *C. officinalis* apresentam morfologia simples, alternada e com formato oblongo a lanceolado. As margens das folhas são ligeiramente dentadas e podem ter uma textura pegajosa, similar à encontrada no caule (RAMOS et al., 2020). A coloração verde-clara e a presença de tricomas glandulares nas folhas auxiliam na proteção contra patógenos e no controle da perda de água, sendo um importante mecanismo de adaptação a ambientes com baixa disponibilidade hídrica. Além disso, essas folhas possuem compostos voláteis que atraem polinizadores e afugentam pragas, uma característica vantajosa em cultivos agroecológicos (CITADINI, 2012).

A inflorescência da calêndula é do tipo capítulo (Figura 1), uma estrutura típica das plantas da família Asteraceae. O capítulo é composto por um conjunto de flores organizadas radialmente em um receptáculo plano ou ligeiramente convexo, simulando uma única flor.

Figura 1- Capítulo floral de calêndula.



Fonte: Monteiro (2024).

As flores da calêndula possuem importantes pigmentos carotenoides, responsáveis pela coloração vibrante da espécie. Esses pigmentos, como a luteína e a zeaxantina, não apenas proporcionam benefícios visuais que atraem polinizadores, mas também desempenham funções antioxidantes, sendo utilizados em cosméticos e medicamentos (SILVA, 2021). Esses carotenoides são acumulados nas flores durante o desenvolvimento e, além de suas propriedades terapêuticas, têm sido explorados como corantes naturais na indústria alimentícia e cosmética (LOPES, 2022).

Os frutos são do tipo aquênio, um fruto seco e indeiscente. Cada aquênio contém uma única semente e possui uma morfologia curva ou espinhosa, que auxilia na dispersão por gravidade e em algumas situações de dispersão por animais. A variabilidade na forma dos aquênios dentro da mesma planta sugere adaptações para diferentes modos de dispersão, o que pode conferir à planta uma vantagem em termos de colonização de novos ambientes (CIDADINI, 2012).

A raiz é pivotante, com raízes secundárias que se estendem lateralmente no solo, auxiliando na fixação da planta e na absorção de nutrientes (SHARMA et al., 2021).

Essa estrutura radicular é bem adaptada para solos bem drenados. Estudos mostram que a planta responde positivamente à aplicação de fósforo, que estimula o crescimento radicular e melhora a absorção de nutrientes. A presença de microrganismos benéficos nas raízes, como fungos micorrízicos, também pode melhorar a absorção de nutrientes e aumentar a resiliência da planta a condições de estresse (CIDADINI, 2012).

A época de florescimento é influenciada pela temperatura e pela duração do dia, sendo mais intensa na primavera e no verão. As condições de cultivo, como a adubação e a disponibilidade de água, também afetam o desenvolvimento da planta e a produção de flores. Em climas mais frios, a planta pode ser cultivada em estufas para prolongar o ciclo produtivo (ALEMAN, 2015).

3.2 Características agronômicas

A calêndula é uma planta de fácil adaptação a diferentes tipos de solos, desde que bem drenados, preferindo solos leves e ricos em matéria orgânica. Apesar de tolerar variações climáticas, a planta apresenta maior produtividade e qualidade quando cultivada em condições

de clima ameno e com boa disponibilidade de nutrientes, especialmente fósforo e potássio.

Essas condições permitem o desenvolvimento adequado das estruturas florais e a produção de compostos bioativos, sendo recomendada a suplementação de fósforo em solos pobres para garantir uma floração vigorosa (SHARMA et al., 2023).

Para maximizar a produção de flores e compostos bioativos, o manejo adequado da adubação é fundamental. A calêndula responde bem à aplicação de fósforo, que promove o crescimento das raízes e o desenvolvimento das flores, essenciais para sua produção medicinal e cosmética (SHARMA et al., 2023).

A irrigação é outro fator agrônômico essencial para a calêndula, que tolera a seca moderada, mas apresenta maior produção de biomassa e flores sob condições de irrigação controlada. A frequência e a quantidade de irrigação devem ser ajustadas de acordo com a fase de desenvolvimento da planta e as condições climáticas locais. Estudos indicam que a irrigação na fase de florescimento aumenta significativamente o rendimento de flores, enquanto o excesso de água pode prejudicar o desenvolvimento radicular e favorecer o aparecimento de doenças fúngicas (BORTOLO, 2009).

Em relação ao ciclo de cultivo, a calêndula é uma planta com desenvolvimento rápido, podendo ser colhida de 8 a 10 semanas após o plantio. O plantio é preferencialmente realizado no início da primavera para maximizar a produção durante os meses mais quentes, uma vez que o florescimento é mais intenso com temperaturas moderadas e dias longos. A colheita das flores deve ser feita em intervalos regulares, uma vez que a retirada frequente das inflorescências estimula o surgimento de novas flores (RODRIGUES, 2024).

A densidade de plantio influencia diretamente o rendimento de flores e a qualidade dos compostos bioativos. Densidades menores favorecem o desenvolvimento das plantas e reduzem a competição por luz e nutrientes, mas resultam em menor produtividade por área. Já em altas densidades de plantio, observa-se um aumento na quantidade de flores por área, embora a qualidade das flores possa ser prejudicada devido ao sombreamento e à competição intensa entre as plantas (SHARMA et al., 2021).

A Calêndula é sensível ao fotoperíodo, com maior crescimento e florescimento sob condições de dias longos, o que influencia a época de cultivo em diferentes regiões. Em regiões de clima subtropical, o cultivo sob sombreamento parcial pode ser benéfico durante os meses mais quentes, pois evita o estresse térmico e prolonga o ciclo produtivo da planta.

Em áreas de inverno rigoroso, a planta pode ser cultivada em estufas para proteger as mudas e prolongar o período de colheita (SILVA, 2020).

Outro fator agrônômico importante é o manejo de sementes e mudas, pois o estabelecimento saudável das plântulas é crucial para um cultivo bem-sucedido. As sementes de calêndula apresentam alta taxa de germinação, mas o uso de sementes de boa qualidade e a realização de tratamentos fitossanitários são recomendados para reduzir a incidência de doenças nas fases iniciais (LOPES, 2022). A semeadura direta é comum, embora a produção de mudas em viveiros também seja utilizada para garantir o desenvolvimento homogêneo das plantas (KHALID & SILVA, 2013).

A aplicação de bioreguladores, como giberelinas e auxinas, tem sido estudada em *C. officinalis* para melhorar o desenvolvimento da planta e aumentar a produção de flores. Esses reguladores vegetais promovem o crescimento de caules e flores e podem contribuir para o aumento da produtividade em condições de cultivo controladas. No entanto, a aplicação de bioreguladores deve ser feita com cautela, considerando o impacto potencial sobre os compostos bioativos da planta, que podem ser alterados. (MACHADO, 2012).

3.3 Uso medicinal

Calendula officinalis L. é amplamente utilizada na medicina popular e fitoterapia devido às suas diversas propriedades medicinais. Suas flores possuem propriedades anti-inflamatórias, antimicrobianas, antioxidantes e cicatrizantes, sendo aplicados em formulações tópicas e orais para o tratamento de diferentes condições (PEDRAM et al., 2019). Além disso, a calêndula é reconhecida pela segurança de seu uso em aplicações dermatológicas, o que a torna popular na indústria de cosméticos para tratar irritações cutâneas e promover a regeneração da pele (LOPES et al., 2022). A planta contém uma variedade de compostos bioativos, incluindo flavonoides, saponinas triterpênicas e carotenoides, que desempenham papel significativo no tratamento de feridas e queimaduras (SHAHANE, 2023). Estudos recentes sugerem que extratos de *C. officinalis* podem auxiliar na redução da inflamação e no alívio de dores, graças à presença de compostos que modulam a resposta imunológica e o estresse oxidativo (SILVA, 2021).

Além de seu uso medicinal, a *Calendula officinalis* possui aplicações cosméticas, principalmente em produtos para cuidados com a pele. Os extratos da planta são empregados

em cremes, loções e sabonetes devido às suas propriedades hidratantes e calmantes (LOPES et al., 2022).

É conhecida por melhorar a elasticidade da pele e reduzir o envelhecimento precoce, sendo um ingrediente popular em produtos antienvhecimento (TEIXEIRA et al., 2024). Essas qualidades estão associadas ao seu perfil de antioxidantes, que protegem a pele dos danos causados por radicais livres e contribuem para a sua regeneração (MEIRÚ, 2022).

Estudos demonstram que os extratos da flor de calêndula promovem a regeneração de tecidos lesados, acelerando a cicatrização de feridas e queimaduras superficiais (SHAHANE et al., 2023). Isso ocorre em função da presença de compostos bioativos, como flavonoides e triterpenos, que estimulam a proliferação celular e reduzem a inflamação local, favorecendo a recuperação tecidual (DEKA et al., 2021). Por essa razão, pomadas e cremes à base de calêndula são amplamente utilizados em feridas abertas, queimaduras e irritações.

A Calêndula também apresenta efeitos antimicrobianos e antifúngicos, sendo eficaz contra uma variedade de patógenos. Extratos da planta são ativos contra bactérias gram-positivas e gram-negativas, além de apresentarem atividade antifúngica (KHALID, 2013). Esses efeitos são particularmente úteis em infecções cutâneas e inflamações, como em casos de acne e dermatites infecciosas (PANAHI et al., 2012). A ação antimicrobiana é atribuída à presença de óleos essenciais e compostos fenólicos, que atuam inibindo o crescimento dos microrganismos e impedindo a adesão de patógenos (GORNIK et al., 2019).

Outro uso medicinal importante da calêndula é no tratamento de problemas gastrointestinais. O extrato das flores possui efeito gastroprotetor, sendo utilizado no alívio de sintomas de gastrite, úlceras e desconforto abdominal (SHAHANE, 2023). A ação anti-inflamatória e cicatrizante da calêndula ajuda a proteger a mucosa gástrica e a promover a recuperação em casos de lesões gástricas (SILVA, 2020). As propriedades antioxidantes da *C. officinalis* são outro ponto de destaque, pois ajudam a combater o envelhecimento precoce e protegem o organismo contra os danos dos radicais livres. Os carotenoides presentes nas flores, como a luteína e a zeaxantina, possuem potente ação antioxidante, sendo úteis na proteção da pele e no fortalecimento do sistema imunológico (SHAHANE, 2023). A ação antioxidante da calêndula é relevante para o tratamento de doenças inflamatórias e degenerativas, como a artrite e doenças cardiovasculares (FONTES, 2015).

Na medicina tradicional, a *Calendula officinalis* também é usada como auxiliar no

tratamento de varizes e problemas circulatórios. Sua ação anti-inflamatória e antioxidante contribui para a redução de edema e melhora da circulação periférica, sendo indicada em formulações para alívio de sintomas de insuficiência venosa (SHARMA, 2021). Em algumas culturas, a calêndula é empregada para aliviar dores musculares e articulares, aproveitando suas propriedades analgésicas e anti-inflamatórias (MEDEIROS, 2022).

A calêndula possui ainda aplicações na ginecologia, especialmente no alívio de sintomas menstruais e em infecções ginecológicas.

Os compostos da planta demonstram ação antiespasmódica, auxiliando na redução de cólicas menstruais, além de serem empregados no tratamento de candidíase e vaginite, devido às suas propriedades antifúngicas e calmantes. As infusões de calêndula são uma forma tradicional de tratamento para esses problemas, com estudos sugerindo sua eficácia em complementar tratamentos convencionais (ZARDETO, 2022).

A *Calendula officinalis* também é utilizada na medicina veterinária, especialmente no tratamento de lesões cutâneas e inflamações em animais. Pomadas e infusões de calêndula são aplicadas para tratar feridas e irritações, aproveitando suas propriedades cicatrizantes e antimicrobianas (DA SILVA, 2022). Além disso, a planta é utilizada em alguns produtos para reduzir inflamações em animais de estimação, especialmente em casos de dermatite e alergias, oferecendo uma alternativa natural e segura para o manejo dessas condições (BOSCARATO, 2020).

3.4 Flavonóides

Os flavonoides são compostos bioativos naturais pertencentes ao grupo dos polifenóis, amplamente distribuídos no reino vegetal, especialmente em frutas, vegetais, grãos, ervas e bebidas, como chá e vinho. Esses compostos desempenham funções importantes nas plantas, atuando como pigmentos, antioxidantes e protetores contra estresses ambientais, como radiação UV, pragas e doenças. Nos seres humanos, os flavonoides têm despertado grande interesse científico devido às suas propriedades antioxidantes, anti-inflamatórias, antimicrobianas e anticarcinogênicas, que os tornam potenciais agentes para a prevenção e o tratamento de diversas doenças crônicas (GEORGE, 2017). A diversidade de flavonoides e a especificidade de suas ações biológicas são influenciadas pela estrutura química, o que resulta em efeitos

variados e complexos no organismo (SCHAFRANSKI et al., 2019).

A classificação dos flavonoides é baseada na estrutura do núcleo 15-carbonado, que consiste em dois anéis benzênicos (A e B) conectados por uma cadeia heterocíclica de três carbonos (anel C). Dentro desse grupo, os flavonoides são subdivididos em seis subclasses principais: flavonóis, flavonas, flavanonas, flavanonóis, antocianidinas e isoflavonas.

Cada uma dessas subclasses possui características químicas e atividades biológicas específicas. Por exemplo, os flavonóis, como a quercetina, são encontrados em altas concentrações em maçãs, cebolas e uvas e são conhecidos por seu potente efeito antioxidante. Já as antocianidinas, responsáveis pelas cores azul, roxa e vermelha em flores e frutos, têm se destacado por suas propriedades cardioprotetoras e neuroprotetoras (SANTOS, 2017).

Estudos recentes têm demonstrado que os flavonoides atuam principalmente como antioxidantes, neutralizando radicais livres e prevenindo o estresse oxidativo, que é um dos fatores-chave no desenvolvimento de doenças cardiovasculares, neurodegenerativas, câncer e diabetes (OLIVEIRA et al., 2020). Além de suas propriedades antioxidantes, os flavonoides modulam vias de sinalização celular envolvidas em processos inflamatórios, inibindo enzimas e regulando a expressão de genes relacionados à inflamação e ao estresse oxidativo. Esse efeito se deve, em grande parte, à capacidade dos flavonoides de interagir com proteínas e membranas celulares, modulando suas funções e promovendo a homeostase celular (MORAES et al., 2022).

No contexto da saúde cardiovascular, os flavonoides têm demonstrado um efeito protetor importante. Diversas pesquisas indicam que a ingestão regular de flavonoides, especialmente os presentes no chá verde e em frutas cítricas, está associada à redução da pressão arterial, à melhora do perfil lipídico e à diminuição do risco de eventos cardiovasculares. Esse efeito é atribuído à ação dos flavonoides sobre a função endotelial e à inibição da oxidação de lipoproteínas de baixa densidade (LDL), que é um dos principais fatores para o desenvolvimento da aterosclerose (CALVÁRIO, 2021). A epicatequina, um tipo de flavonoide encontrado em abundância no cacau, também é amplamente estudada por sua ação vasodilatadora e seus efeitos na melhora do fluxo sanguíneo (SOUZA, 2023 et al., 2021).

A quercetina, por exemplo, tem sido destacada por sua capacidade de inibir a proliferação de células cancerígenas e promover a apoptose em vários tipos de câncer, incluindo o de mama, próstata e pulmão (SLIKA, 2022). Além disso, estudos em modelos experimentais sugerem que os flavonoides podem atuar como agentes quimiopreventivos, reduzindo o risco

de câncer ao minimizar o dano ao DNA causado por agentes oxidativos (PONTE, 2021).

Os efeitos neuroprotetores dos flavonoides são também amplamente documentados, especialmente no contexto do envelhecimento e das doenças neurodegenerativas, como o Alzheimer e o Parkinson. Os flavonoides podem atravessar a barreira hematoencefálica e exercer suas atividades antioxidantes e anti-inflamatórias diretamente no sistema nervoso central. Esse mecanismo de ação ajuda a reduzir a neuroinflamação e o estresse oxidativo, fatores que contribuem para a degeneração neuronal. A fisetina, um flavonoide encontrado em morangos e maçãs, tem sido investigada por sua ação neuroprotetora e seus efeitos benéficos na melhora da memória e na prevenção do declínio cognitivo (RAHUL, 2021).

Na microbiota intestinal, os flavonoides desempenham um papel importante como moduladores. Ao serem metabolizados pelas bactérias intestinais, eles dão origem a compostos bioativos que podem melhorar a saúde do intestino e a imunidade. A interação dos flavonoides com a microbiota tem implicações importantes na regulação do metabolismo e na prevenção de doenças metabólicas, como obesidade e diabetes. A naringenina, encontrada em frutas cítricas, é um flavonoide com propriedades anti-inflamatórias e antidiabéticas, que tem sido estudado por sua capacidade de melhorar a sensibilidade à insulina e de modular a composição da microbiota intestinal (WANG, 2024)

No Brasil, o interesse pelos flavonoides é especialmente relevante devido à biodiversidade do país e ao potencial de diversas plantas nativas que são ricas nesses compostos. Plantas como o açaí (*Euterpe oleracea*) (OLIVEIRA, 2019); a graviola (*Annona muricata*) (NGUYEN, 2020) e o guaraná (*Paullinia cupana*) (DA SILVA, 2024) são exemplos de espécies nativas brasileiras com alta concentração de flavonoides, que têm sido estudadas por suas propriedades antioxidantes e anti-inflamatórias.

A valorização dos recursos vegetais nativos e a pesquisa sobre suas propriedades bioativas representam uma importante estratégia para o desenvolvimento de produtos nutracêuticos e fitoterápicos no país. Em relação à dosagem e à biodisponibilidade dos flavonoides, a variabilidade na absorção e no metabolismo desses compostos pode influenciar seus efeitos terapêuticos.

A estrutura química dos flavonoides, o tipo de alimento e o estado de saúde do indivíduo são fatores que afetam a absorção desses compostos no intestino. Técnicas como a nanoencapsulação têm sido exploradas para aumentar a biodisponibilidade dos flavonoides e

potencializar seus efeitos no organismo (SECHI, 2016). Além disso, estudos sugerem que a ingestão de flavonoides junto com gorduras e proteínas pode aumentar sua absorção, destacando a importância das interações alimentares para o aproveitamento desses compostos.

Assim, os flavonoides representam um dos grupos de compostos bioativos mais promissores para a promoção da saúde humana, com potencial para prevenir doenças e melhorar a qualidade de vida. As evidências científicas acumuladas ao longo das últimas décadas, juntamente com o avanço de tecnologias que permitem a melhor compreensão de seus mecanismos de ação, reforçam o papel dos flavonoides na dieta e em produtos nutracêuticos e farmacêuticos.

Dada a rica biodiversidade brasileira e a disponibilidade de plantas ricas em flavonoides, o Brasil possui um grande potencial para explorar esses compostos tanto no desenvolvimento de produtos para o mercado nacional quanto para exportação (SANTOS, 2024).

3.5 Adubação fosfatada

A adubação fosfatada é essencial para promover o crescimento e desenvolvimento das plantas, especialmente em solos brasileiros, onde a disponibilidade de fósforo (P) é limitada devido às características químicas e físicas do solo, como a presença de altos teores de ferro e alumínio. Esses elementos reativos favorecem a fixação do fósforo em formas pouco disponíveis para as plantas, resultando na necessidade de práticas de manejo adequadas para aumentar a eficiência do uso do fósforo (SOUSA et al., 2020).

O fósforo é um nutriente fundamental, pois participa de processos bioquímicos cruciais, incluindo a fotossíntese, a respiração e a síntese de ácidos nucleicos e de ATP, molécula chave no armazenamento e transferência de energia (LOPES et al., 2021).

Nos solos brasileiros, que são em grande parte ácidos e pobres em fósforo disponível, a adubação fosfatada se torna essencial, particularmente para plantas de interesse medicinal. Os solos tropicais, devido à alta presença de óxidos de ferro e alumínio, apresentam elevada capacidade de fixação de fósforo, o que limita a sua disponibilidade para as plantas.

Esse fator é um desafio no manejo da fertilidade de solos voltados ao cultivo de plantas medicinais, que são, muitas vezes, mais sensíveis às variações de nutrientes no solo em função da demanda por compostos secundários específicos (SOUSA et al., 2020). Assim, em solos brasileiros, é comum o uso de fertilizantes fosfatados solúveis, como o superfosfato simples e

triplo, para garantir que a planta receba fósforo em uma forma prontamente disponível (GARCIA, 2022)

A aplicação de fertilizantes fosfatados como superfosfato simples, superfosfato triplo e fosfatos naturais reativos é prática comum para garantir a produtividade agrícola. Em cultivos como milho, soja e cana-de-açúcar, a suplementação com fósforo melhora o crescimento das raízes, permitindo que as plantas explorem melhor o perfil do solo e aumentem a absorção de nutrientes e água (MENDES et al., 2020).

Em solos ácidos, a aplicação localizada de fósforo em sulco, próxima à semente, é uma estratégia eficaz para aumentar a absorção desse nutriente e reduzir as perdas por fixação, otimizando a disponibilidade para a cultura (CARVALHO et al., 2022).

A utilização de fosfatos naturais, especialmente em solos ácidos, é uma alternativa promissora para diminuir o custo e aumentar a sustentabilidade do sistema produtivo. Em solos brasileiros, fosfatos reativos, como os originários de Gafsa e Bayóvar, têm mostrado eficiência agrônômica significativa, especialmente quando aplicados em sistemas de cultivo que utilizam técnicas como a calagem, que eleva o pH do solo e reduz a fixação do fósforo (SOUZA, 2014). A combinação do uso de fosfatos naturais com microrganismos solubilizadores de fósforo, como bactérias do gênero *Pseudomonas* e fungos micorrízicos, também pode ser explorada para aumentar a disponibilidade de fósforo no solo (CRUZ 2024).

O uso de tecnologias para liberação controlada de fósforo é outra abordagem em desenvolvimento para aumentar a eficiência da adubação fosfatada. Fertilizantes encapsulados ou com revestimento especial proporcionam a liberação gradual do fósforo, reduzindo a fixação e prolongando a disponibilidade desse nutriente para as plantas ao longo do ciclo de cultivo (SOUSA et al., 2020).

Esse tipo de tecnologia pode ser particularmente benéfico em solos de baixa fertilidade, como os do cerrado brasileiro, onde a disponibilidade de fósforo costuma ser o principal fator limitante para a produção agrícola (MENDES et al., 2020).

No sistema de plantio direto, a adubação fosfatada tem particular importância, pois, nesse sistema, o fósforo tende a se concentrar nas camadas superficiais do solo devido à ausência de revolvimento.

Esse acúmulo superficial pode limitar a absorção pelas raízes, especialmente em períodos de seca.

Portanto, o manejo do fósforo em plantio direto pode envolver a aplicação profunda, onde o nutriente é colocado em camadas inferiores do solo, acessíveis ao sistema radicular da planta (ASSIS., 2020). A aplicação profunda também ajuda a reduzir a erosão e a perda de fósforo por escoamento superficial, uma preocupação ambiental em áreas agrícolas intensivas (SILVA et al., 2021).

A eficiência da adubação fosfatada pode ainda ser otimizada pela combinação com outros nutrientes, como o nitrogênio e o potássio. A presença de nitrogênio, por exemplo, promove o crescimento inicial das raízes, melhorando a absorção do fósforo e reduzindo as perdas do nutriente no solo (LOPES et al., 2021). Além disso, o manejo integrado com práticas de correção da acidez do solo, como a calagem, é fundamental em solos ácidos, pois aumenta o pH do solo e reduz a fixação do fósforo por compostos de alumínio e ferro, aumentando a sua disponibilidade para as plantas (MENDES et al., 2020).

3.6 Adubação fosfatada em plantas medicinais

A adubação fosfatada em plantas medicinais é uma prática importante para o desenvolvimento dessas culturas, influenciando não apenas o crescimento e a produtividade, mas também a qualidade e a concentração de compostos bioativos. Em muitas plantas medicinais, a quantidade e a qualidade dos metabólitos secundários, como alcaloides, flavonoides, terpenoides e óleos essenciais, podem ser diretamente afetadas pela disponibilidade de nutrientes no solo, especialmente do fósforo (P), que desempenha um papel essencial em processos energéticos e metabólicos das plantas (CRUZ, 2015). Estudos indicam que a suplementação de fósforo pode otimizar a produção desses compostos em plantas medicinais, com potencial impacto na atividade terapêutica e nos usos industriais de tais plantas (GOMES, 2022).

No que diz respeito às necessidades nutricionais, a *Calendula officinalis* responde bem à adubação com fósforo, que tem efeitos positivos em seu desenvolvimento e floração. O fósforo é um nutriente essencial para a produção de energia e para a síntese de compostos orgânicos, e sua aplicação adequada pode aumentar a biomassa e a produção de flores (HEITOR et al., 2016).

Em solos com baixa disponibilidade de fósforo, recomenda-se a suplementação para

garantir o crescimento ideal da planta e a produção de compostos bioativos (EL-FATAH et al., 2019).

O fósforo é um elemento vital para o desenvolvimento das plantas e sua deficiência pode afetar negativamente o crescimento radicular, a fotossíntese e a eficiência de uso da água, elementos essenciais para a produção de metabólitos bioativos. Em plantas medicinais, o fósforo contribui para o desenvolvimento radicular robusto, que é fundamental para a absorção de nutrientes e água, e, conseqüentemente, para a produção de princípios ativos de interesse farmacológico (HENRY, 2012).

Estudos com plantas medicinais, como o alecrim (*Rosmarinus officinalis*), indicam que a aplicação de fósforo não apenas aumenta a produção de biomassa, mas também a síntese de compostos bioativos, como os óleos essenciais e polifenóis. Esses compostos possuem propriedades antioxidantes e são utilizados amplamente na indústria cosmética e farmacêutica (CASTRO, 2024). A resposta dessas plantas à adubação fosfatada, no entanto, pode variar conforme o tipo de solo e a dose aplicada, exigindo ajustes finos no manejo para obter os melhores resultados tanto em rendimento quanto em qualidade (PEREIRA et al., 2023).

Em cultivos de *Calendula officinalis*, por exemplo, foi observado que a adubação fosfatada não apenas aumentou o número e o tamanho das flores, mas também a concentração de carotenoides e flavonoides, compostos com propriedades antioxidantes e anti-inflamatórias (MENDES, 2012).

Em sistemas de produção orgânica e agroecológica de plantas medicinais, a adubação fosfatada ainda pode ser realizada com fontes alternativas, como fosfatos naturais de liberação lenta. Embora esses fosfatos tenham menor solubilidade inicial, eles fornecem fósforo de maneira gradual e sustentada, o que é benéfico para plantas com ciclos de cultivo mais longos, permitindo uma maior absorção do nutriente ao longo do tempo. A aplicação de fosfatos naturais pode ser uma estratégia particularmente eficiente em solos de pH ajustado, onde a sua solubilidade é melhorada (PACHECO, 2012).

A interação entre a adubação fosfatada e outros nutrientes, como o nitrogênio e o potássio, também influencia o desenvolvimento das plantas medicinais. A combinação de fósforo com nitrogênio, por exemplo, tem mostrado promover o crescimento de plantas medicinais, resultando em maior produção de biomassa e teores de princípios ativos. Em cultivos de camomila (*Matricaria chamomilla*), a aplicação conjunta de fósforo e nitrogênio

resultou em uma maior produção de óleos essenciais, indicando que esses nutrientes atuam de forma sinérgica no metabolismo secundário (MORAIS, 2006).

A eficiência do uso do fósforo em plantas medicinais pode ser melhorada com a adoção de microrganismos solubilizadores de fósforo, que liberam ácidos orgânicos e enzimas, ajudando a disponibilizar o fósforo para as plantas. Essa prática biotecnológica tem se mostrado eficaz em aumentar a concentração de fósforo em plantas medicinais, especialmente em solos tropicais (SOUZA, 2022).

A escolha das fontes de fósforo, a forma de aplicação e o manejo integrado com microrganismos solubilizadores são fatores que devem ser considerados para otimizar o uso do fósforo, reduzir o impacto ambiental e atender às exigências de qualidade para a produção de fitoterápicos (SILVA et al., 2021).

3.7 Organomineral fonte de fósforo

Os fertilizantes organominerais à base de fósforo (P) têm ganhado destaque como uma alternativa sustentável para a nutrição das plantas, especialmente em sistemas agrícolas que buscam integrar eficiência agrônômica com a sustentabilidade ambiental. Esses fertilizantes combinam fontes minerais de fósforo com materiais orgânicos, proporcionando um aporte equilibrado de nutrientes e melhorias nas propriedades químicas, físicas e biológicas do solo (CABRAL et al., 2020).

Os fertilizantes organominerais podem ser formulados a partir de resíduos agroindustriais, resíduos de suínos, de aves e de bovinos, além de compostos vegetais. Essas fontes orgânicas são processadas e combinadas com fertilizantes fosfatados minerais, como o superfosfato simples ou triplo, resultando em um produto que apresenta liberação gradual de fósforo. Essa liberação controlada diminui as perdas por lixiviação e aumenta a eficiência de uso do fósforo, uma vantagem importante em solos de baixa fertilidade, como os do cerrado brasileiro (JUNIOR, 2022).

A matéria orgânica presente nesses fertilizantes não apenas fornece nutrientes diretamente, mas também contribui para a formação de complexos com íons de fósforo, reduzindo a fixação do fósforo no solo e aumentando sua disponibilidade para as plantas, especialmente em solos tropicais, onde a fixação é um problema comum devido à presença de

elevados teores de ferro e alumínio (LOPES, 2019).

Ademais, a presença de matéria orgânica contribui para a retenção de umidade e a melhoria da estrutura do solo, favorecendo o crescimento das raízes e a absorção de nutrientes (PEREIRA et al., 2022).

A aplicação de organominerais com fósforo tem demonstrado benefícios para a produtividade de diversas culturas, como soja, milho e cana-de-açúcar, aumentando a eficiência do uso do fósforo em comparação com fertilizantes exclusivamente minerais. (GARCIA, 2022).

Em um estudo realizado por Bentos et al. (2022), em cultivos de milho, o uso de fertilizantes organominerais fosfatados resultou em maior desenvolvimento radicular e incremento na produtividade em relação ao uso de fertilizantes minerais isolados.

Outro aspecto relevante é que os organominerais fosfatados contribuem para a sustentabilidade do sistema produtivo, uma vez que permitem a reciclagem de resíduos orgânicos que, de outra forma, seriam descartados ou poderiam causar impacto ambiental.

A utilização de resíduos agroindustriais na formulação de fertilizantes reduz a dependência de recursos fósseis e contribui para a economia circular na agricultura. Isso é especialmente importante no Brasil, onde a agricultura é uma atividade intensiva e o aproveitamento de resíduos pode contribuir significativamente para a sustentabilidade da produção agrícola (SILVA, 2022).

A eficiência dos fertilizantes organominerais também depende da proporção entre o fósforo orgânico e mineral e das características do material orgânico utilizado. Fertilizantes formulados com fontes de fósforo menos solúveis, como fosfatos naturais, têm uma liberação mais gradual, o que pode ser vantajoso para cultivos de ciclo longo, enquanto aqueles que utilizam fontes mais solúveis, como o superfosfato triplo, são indicados para culturas que demandam fósforo rapidamente disponível no início do ciclo (TEIXEIRA, 2014).

Os fertilizantes organominerais com fósforo têm mostrado também efeitos positivos na atividade microbiana do solo. A presença de matéria orgânica favorece o desenvolvimento de microrganismos solubilizadores de fósforo, que atuam na liberação desse nutriente de formas menos disponíveis para as plantas. Esses microrganismos, como bactérias do gênero *Pseudomonas* e fungos micorrízicos, podem aumentar significativamente a eficiência da adubação fosfatada, tornando os fertilizantes organominerais uma escolha interessante para práticas de manejo que valorizam a sustentabilidade e a biotecnologia (BORTONIO et al., 2023).

Estudos com organominerais aplicados a cultivos em solos tropicais, como o cerrado brasileiro, têm demonstrado que a combinação de fósforo mineral e orgânico promove uma distribuição mais uniforme do nutriente ao longo do ciclo de cultivo. Em sistemas de plantio direto, por exemplo, essa prática pode favorecer a absorção do fósforo nas camadas superficiais do solo, onde a matéria orgânica se acumula devido à ausência de revolvimento. Essa estratégia permite que a planta explore o fósforo ao longo do ciclo, aumentando a produtividade e a eficiência do uso do nutriente (MATOS et al., 2021).

Em comparação com os fertilizantes minerais convencionais, os organominerais também apresentam menor impacto ambiental. Por liberarem o fósforo de maneira mais controlada, eles reduzem o risco de contaminação de corpos hídricos por meio do escoamento superficial, um problema recorrente em áreas de agricultura intensiva.

Esse efeito é particularmente benéfico em solos com alta suscetibilidade à erosão e lixiviação, onde a perda de fósforo pode representar não apenas uma redução da fertilidade do solo, mas também um risco ambiental (LOPES, 2019).

A legislação brasileira para o uso de fertilizantes organominerais tem avançado nos últimos anos, reconhecendo a importância desses produtos para a agricultura sustentável. O Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) estabeleceu diretrizes específicas para a produção e comercialização de fertilizantes organominerais, incluindo requisitos para a origem e o tratamento dos resíduos orgânicos utilizados, visando garantir a segurança e a eficiência desses produtos no mercado agrícola. Essas regulamentações incentivam o desenvolvimento e a utilização de fertilizantes organominerais, oferecendo mais opções para produtores que buscam melhorar a produtividade com menor impacto ambiental (CRUZ, 2017).

Portanto, o uso de organominerais como fonte de fósforo representa uma prática agronômica inovadora e promissora, que integra a nutrição eficiente com a sustentabilidade ambiental. Essa tecnologia permite a aplicação de fósforo de forma gradual e eficiente, melhora a fertilidade do solo, favorece a atividade microbológica e reduz os riscos ambientais associados ao manejo do fósforo. Com os avanços na formulação desses fertilizantes e a conscientização sobre sua importância, os fertilizantes organominerais devem se consolidar como uma opção de manejo sustentável e eficiente na agricultura brasileira.

REFERÊNCIAS

- ALEMAN, CATARINY CABRAL. **Manejo de irrigação em diferentes fases de desenvolvimento da *Calendula officinalis* L.** 2015. Tese de Doutorado, Universidade de São Paulo.
- ASSIS VALADÃO, FRANCIELE CAROLINE et al. Fontes e formas de aplicação da adubação fosfatada na cultura do girassol. **Nativa**, v. 8, n. 5, p. 650-657, 2020.
- BENTOS, SOLANO ANTONIO; DALBEM, E. Desempenho das culturas de soja e milho no comparativo entre adubação mineral e adubação organomineral. **Revista Científica Eletrônica de Ciências Aplicadas da FAIT**, 2022.
- BORTONIO, NATHALIA DA SILVA et al. **Associação de *Bacillus* sp. ao organomineral 06.30. 00 na cultura do milho.** 2023.
- BORTOLO, DANIELA PEREZ GUERRERO; MARQUES, P. A. A.; PACHECO, A. C. Teor e rendimento de flavonóides em calêndula (*Calendula officinalis* L.) cultivada com diferentes lâminas de irrigação. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v. 11, p. 435-441, 2009.
- BOSCARATO, ANDRE GIAROLA et al. Utilização de creme de extrato de calêndula em ferida lacerante em equino. **Acta Scientiae Veterinariae**, v. 48, n. 1, p. 501, 2020.
- CABRAL, FERNANDO LUIZ et al. Níveis de fertilização de fósforo mineral e organomineral e organomineral na cultura do milho. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 6, p. 36414-36426, 2020.
- CASTRO, H. G. de; PAIXÃO, G. M.; MORAIS, F. G. F.; COTTA, A. P. de R. T.; OASHI, B. Y. A.; DEGUENON, E. M.; RIBEIRO, L. L. B.; SOUZA, L. de A. de; BRAGA, K. A. da S. Crescimento e produção de biomassa do alecrim em ambiente urbano. *Revista foco*, [S. l.], v. 17, n. 3, p. e4602, 2024. DOI: 10.54751/revistafoco.v17n3-052.
- CALVÁRIO, GONÇALO MANUEL NEVES DOS SANTOS. **O efeito protetor dos flavonoides na aterosclerose.** 2021. Tese de Doutorado
- CRUZ, ANDRE CAMARGO; PEREIRA, FELIPE DOS SANTOS; FIGUEIREDO, VINICIUS SAMU DE. Fertilizantes organominerais de resíduos do agronegócio: avaliação do potencial econômico brasileiro. 2017.
- CRUZ, J. L.; SOUZA FILHO, L. F. S.; PELACANI, C. R. Influência da adubação fosfatada sobre o crescimento do camapu (*Physalis angulata* L.). **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v. 17, p. 360-366, 2015

CITADINI-ZANETTE, VANILDE; NEGRELLE, RAQUEL RB; BORBA, ELDER TSCHOSECK. *Calendula officinalis* L.(ASTERACEAE): Aspectos Botânicos, ecológicos e usos. **Visão Acadêmica**, v. 13, n. 1, 2012.DA SILVA, EVERTON FERNANDES et al. Aspectos botânicos e propriedades farmacológicas de *calendula officinalis*: uma revisão. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 5, p. 31261-31273

OLIVEIRA, NAYANA KS et al. Antioxidant effect of flavonoids present in *Euterpe oleracea* Martius and neurodegenerative diseases: A literature review. **Central Nervous System Agents in Medicinal Chemistry (Formerly Current Medicinal Chemistry-Central Nervous System Agents)**, v. 19, n. 2, p. 75-99, 2019.

SOUZA, ESTER VINHOTE et al. O uso das propriedades dos flavonóides presentes no cacau (*Theobroma Cacao*) em doenças cardiovasculares the use of the properties of flavonoids present in cocoa (*Theobroma Cacao*) in cardiovascular diseases. **Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciências e Educação**, v. 9, n. 9, p. 3265-3275, 2023.

DEKA, BHARGAB et al. Mechanism of action of wound healing activity of *Calendula officinalis*: a comprehensive review. **Pharmaceutical and Biosciences Journal**, p. 28-44, 2021

EL-FATAH, ABD et al. Effect of compost fertilization on some growth parameters and yield of *Calendula officinalis* variety (costa yellow). **Journal of Environmental Science**, v. 48, n. 3, p. 43-69, 201

FALLAHI, MARYAM; MOHAMMADI, ABDOLLAH; MIRI, SEIED MEHDI. The natural variation in six populations of *Calendula officinalis* L.: A karyotype study. **Journal of Genetic Resources**, v. 6, n. 1, p. 34-40, 2020.

FONTES, GLEID GATTI. Efeito de formulação fitoterápica contendo *Calendula officinalis* no metabolismo lipídico em ratos Wistar alimentados com dieta de cafeteria. 2015.

GARCIA, JULIO CESAR; MENDES, MARCEL BARION. Fontes de fósforo mineral e organomineral no estado nutricional e no crescimento inicial da cana-de-açúcar. **Brazilian Journal of Animal and Environmental Research**, v. 5, n. 2, p. 2003-2013, 2022.

GARRIDO-SUÁREZ, BB; GARRIDO, G.; MENENDEZ, AB; MERINO, N.; VALDEZ, O.; DE LA PAZ, N.; ROMERO, A.; DELGADO, L.; FERNANDEZ, MD; PINEROS, O.; e outros. *Calendula officinalis* L. tópica inibe a dor inflamatória por meio de mecanismos antioxidantes, antiinflamatórios e opioides periféricos. **J. Integr. Med.** **2022** , 21 , 34–46.

GEORGE, V. C. et al. Plant flavonoids in cancer chemoprevention: Role in genome stability. **The Journal of Nutritional Biochemistry**, v. 45, n. 1, p. 1-14, jul. 2017

GOMES, Brena Suellen Ribeiro. Calibração de adubação fosfatada para hortelã (*Mentha X villosa* Huds.) pelo método Mehlich-1. 2022.

GÓRNIAK, IRENEUSZ; BARTOSZEWSKI, RAFAL; KRÓLICZEWSKI, JAROSLAW. Comprehensive review of antimicrobial activities of plant flavonoids. **Phytochemistry reviews**, v. 18, p. 241-272, 2019.

HASENCLEVER, LIA et al. A indústria de fitoterápicos brasileira: desafios e oportunidades. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 22, n. 8, p. 2559-2569, 2017.

HENRY, A. ET AL. Responses to low phosphorus in high and low foliar anthocyanin coleus (*Solenostemon scutellarioides*) and maize (*Zea mays*). *Functional Plant Biology*, v.39, n.3, p.255-265, 2012

HEITOR, LETICIA C. et al. Crescimento e produção de capítulos florais de calêndula em resposta à inoculação micorrízica e fósforo. **Horticultura Brasileira**, v. 34, p. 26-30, 2016

JAN, NELOFER; JOHN, RIFFAT. *Calendula officinalis* - uma importante planta medicinal com potenciais propriedades biológicas. 2017.

JUNIOR, ZENILDO PEREIRA DOS SANTOS et al. Fertilizante organomineral: fertilizante de micronutrientes. **Anais da Mostra Nacional de Iniciação Científica e Tecnológica Interdisciplinar (MICTI)-e-ISSN 2316-7165**, v. 1, n. 15, 2022.

KHALID, KA; EL-GHORAB, AH O efeito da pré-semeadura em baixa temperatura no teor de óleo essencial e na composição química de *Calendula officinalis*. *J. Essent. Oil Bear. Plants* **2013**, 9, 32–41.

LOPES, GRACIELA B.; ANDRADE, THAYNA CRISTINA STOFEL; GOELZER, ADEMIR. Coloração das sementes e temperaturas na germinação de *Calendula officinalis* L. In: **OPEN SCIENCE RESEARCH I**. Editora Científica Digital, 2022. p. 354-359.

LOPES, TATIANY ARRAIS. **Uso de fertilizante organomineral na agricultura**. 2019. Dissertação de Mestrado. Universidade Estadual de Goiás (Brazil).

MACHADO, Vivian Pupo de Oliveira et al. Ação de bioestimulante no crescimento, desenvolvimento e teor de flavonoides em calêndula (*Calendula officinalis* L.). 2012.

MATOS, FRANCISCO SOLANO ARAÚJO et al. Características produtivas do sorgo enforcer em sistema de plantio direto na região do Sudoeste Goiano, utilizando diferentes doses de fertilizantes organomineral Productive characteristics of sorghum enforcer in a no-till farming system in the Southwest Region of Goiás, using different doses of. **Brazilian Journal of Development**, v. 7, n. 9, p. 91570-91580, 2021.

MEDEIROS, THACID KADERAH COSTA; DE CASTRO, PAULO FERNANDO RIBEIRO; DE MACEDO VIEIRA, ANA CLAUDIA. Plantas medicinais com potencial aplicação em cuidados paliativos oncológicos. **Research, Society and Development**, v. 11, n. 16, p. e211111637856-e211111637856, 2022.

MENDES, F.F. Controle genético da eficiência no uso de fósforo em milho tropical. Lavras: UFLA, 2012. 134p.

MENDES, ANTONIO ARLINDO. Avaliação do desempenho agro-ecológico de três variedades de soja (*glycine max*), associadas a quatro níveis de adubação, no distrito de chibuto. In: **XI CONFERÊNCIA CIENTÍFICA 2020: Investigação, Extensão e Inovação para o Desenvolvimento Sustentável**. 2021.

MEIRÚ, MARIA IMACULADA LOURENÇO. **Protótipo de spray para manter barreira protetora do tecido cutâneo a base do extrato de Calendula officinalis L.** 2022. Tese de Doutorado.

MORAIS, T. C. et al. Produção de biomassa e teor de óleos essenciais da camomila (*Chamomilla recutita* (L.) Rauschert) em função das adubações com fósforo e nitrogênio. **Rev. Bras. Pl. Med**, v. 8, n. 4, p. 120-125, 2006.

MORAES, GIOVANNA VIZZACARO et al. Potencial antioxidante dos flavonoides e aplicações terapêuticas. **Research, Society and Development**, v. 11, n. 14, p. e238111436225-e238111436225, 2022.

MUNIZ, ROSINA MARIA CARVALHO CAMINHA et al. Plantas medicinais da RENISUS de atuação central. **Infarma-Ciências Farmacêuticas**, v. 24, n. 1/3, p. 75-80, 2012.

NGUYEN, MT et al. Determinação da triagem fitoquímica, polifenóis totais, conteúdo de flavonoides e atividade antioxidante de folhas de graviola (*Annona muricata* Linn.). Em: **IOP Conference Series: Ciência e Engenharia de Materiais** . IOP Publishing, 2020. p. 062011.

OLIVEIRA, GIRNA dos S. et al. Adubação fosfatada, biofertilizante e *Bacillus* sp. no cultivo de amendoim sob estresse salino. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 28, p. e279003, 2024.

OSIAL, MAGDALENA et al. Nanohidroxiapatita carregada com 5-fluorouracil e extrato vegetal de *Calendula officinalis* L. rico em mio-inositolis para tratamento de células de câncer de ovário. **Coatings** , v. 13, n. 11, p. 1944, 2023

OZTURK, RABIA YILMAZ; CAKIR, RABIA. Eficácia anticâncer in vitro de nanopartículas de quitosana carregadas com extrato de *Calendula Officinalis* contra células de câncer gástrico e de cólon. **Drug Development and Industrial Pharmacy** , p. 1-11, 2024.

PANAHI, Y.; SHARIF, MR; SHARIF, A.; BEIRAGHDAR, F.; ZAHIRI, Z.; AMIRCHHOOPANI, G.; MARZONY, ET; SAHEBKAR, A. Um ensaio comparativo randomizado sobre a eficácia terapêutica de Aloe Vera e *Calendula officinalis* tópicos na dermatite de fraldas em crianças. *Sci. World J.* **2012** , 2012 , 810234.

PACHECO, ANA CLÁUDIA et al. Efeito da aplicação de fosfato natural em plantas de fáfia cultivadas a campo. **Applied Research & Agrotechnology**, v. 5, n. 1, p. 175-186, 2012.

PATRÍCIO, KARINA PAVÃO et al. O uso de plantas medicinais na atenção primária à saúde: revisão integrativa. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 27, p. 677-686, 2022.

PEDRAM RAD, ZAHRA; MOKHTARI, JAVAD; ABBASI, MARJAN. Preparation and characterization of *Calendula officinalis*-loaded PCL/gum arabic nanocomposite scaffolds for wound healing applications. **Iranian Polymer Journal**, v. 28, p. 51-63, 2019

PONTE LGS, Pavan ICB, Mancini MCS, da Silva LGS, Morelli AP, Severino MB, Bezerra RMN, Simabuco FM. The Hallmarks of Flavonoids in Cancer. *Molecules*. 2021 Apr 2;26(7):2029. doi: 10.3390/molecules26072029. PMID: 33918290; PMCID: PMC8038160.

RAHUL, Siddique YH. Neurodegenerative Diseases and Flavonoids: Special Reference to Kaempferol. *CNS Neurol Disord Drug Targets*. 2021;20(4):327-342. doi: 10.2174/1871527320666210129122033. PMID: 33511932.

RAMOS, FELIPE ANDRE PEREIRA et al. Aspectos botânicos, farmacológicos e potencial medicinal das plantas medicinais: práticas integrativas e complementares no âmbito do Sistema Único de Saúde. **Tecnologia de Alimentos: Tópicos Físicos, Químicos e Biológicos**, v. 1, p. 196-217, 2020.

RATHOD, LALAJI et al. Calendula flower extract loaded collagen film exhibits superior wound healing potential: Preparation, evaluation, in-vitro & in-vivo wound healing study. **Journal of Drug Delivery Science and Technology**, v. 72, p. 103363, 2022.

ROCHA, THALYSSON BRUNO MENDES et al. Avaliação da eficácia de diferentes fertilizantes fosfatados na produtividade do milho em solos com níveis médios de fósforo. **Scientia Generalis**, v. 5, n. 2, p. 390-399, 2024.

RODRIGUES, CARLOS FILIPE DE CARVALHO. **Cultivo de crocus sativus e calendula officinalis para a produção de cosméticos**. 2024. Tese de Doutorado.

SANTOS, VALERIA TEBINKA dos. Produtividade e qualidade fitoquímica de Calendula officinalis L. sob diferentes doses de composto orgânico. 2020.

SANTOS, DANIEL SOUZA; RODRIGUES, MAYARA MIKELLE FARIAS. Atividades farmacológicas dos flavonoides: um estudo de revisão. **Estação Científica (UNIFAP)**, v. 7, n. 3, p. 29-35, 2017.

SANTOS RIBEIRO, DANDARA LEAL; FONSECA, KARINA ZANOTI. Benefícios do consumo de flavonóides para a microbiota intestinal: uma revisão. **Inova Saúde**, v. 14, n. 4, p. 164-174, 2024.

SAHID, ZULFIKAR DAMARALAM et al. Fenólicos totais, flavonóides, atividade antioxidante e atividade inibitória de α -glicosidase de pimenta ornamental e outras linhagens. **Ornamental Horticulture**, v. 28, p. 230-238, 2022

SLIKA H, MANSOUR H, WEHBE N, NASSER SA, IRATNI R, NASRALLAH G, SHAITO A, GHADDAR T, KOBEISSY F, EID AH. Therapeutic potential of flavonoids in cancer: ROS-mediated mechanisms. *Biomed Pharmacother*. 2022 Feb;146:112442. doi: 10.1016/j.biopha.2021.112442. Epub 2022 Jan 4. PMID: 35062053.

SILVA JUNIOR, ANDRE LUIZ SAMPAIO et al. Methylxanthine and Flavonoid Contents from Guarana Seeds (Paullinia cupana): Comparison of Different Drying Techniques and Effects of UV Radiation. **International Journal of Food Science**, v. 2024, n. 1, p. 7310510, 2024

SILVA FERREIRA, MARIA et al. Análise clínica e histológica de feridas cirúrgicas de cadelas tratadas com um composto fitoterápico de *Calendula officinalis*, *Aloe vera*, *Symphytum officinale* L., *Vitis vinifera*, D-Pantenol e Benzoato de Denatônio®. **Medicina Veterinária**, v. 16, n. 1, p. 8-17, 2022

SILVA, Everton Fernandes et al. Aspectos botânicos e propriedades farmacológicas de *calendula officinalis*: uma revisão. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 5, p. 31261-31273, 2020.

SILVA, MONICA BEATRIZ PEREIRA GUIMARAES. Produção de forrageira submetida a adubação organomineral. 2022

SILVA, DIVA et al. Anti-inflammatory activity of *Calendula officinalis* L. flower extract. **Cosmetics**, v. 8, n. 2, p. 31, 2021.

SILVA, L. M. et al. *Calendula officinalis* L. inflorescences extract: in vivo evaluation of its gastric ulcer healing potential. **Journal Biomedical and Biopharmaceutical Research**, v. 17, n. 1, 2020.

SOUZA GONÇALVES, BRUNA. **Microrganismos potencialmente solubilizadores visando o aumento da eficiência de diferentes fertilizantes fosfatados**. 2022. Tese de Doutorado. Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz.

SECHI, MARIO et al. Nanoencapsulação do flavonoide dietético fisetina: Formulação e atividades antioxidantes e de inibição da α -glicosidase in vitro. **Ciência e Engenharia de Materiais: C**, v. 68, p. 594-602, 2016.

SCHAFRANSKI, K. et al. Extração e caracterização de compostos fenólicos de folhas de amoreira preta (*Morus nigra* L.) e encapsulamento em esferas de alginato. 100 p. Dissertação de Mestrado -Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Ponta Grossa, 2019.

SHAHANE, KIRAN et al. An updated review on the multifaceted therapeutic potential of *Calendula officinalis* L. **Pharmaceuticals**, v. 16, n. 4, p. 611, 2023.

SHARMA, SHALINI; KUMARI, KAVITA. Uma visão geral sobre *Calendula officinalis* Linn.:(pot calêndula). **Journal of Advanced Scientific Research**, v. 12, n. 03 Supl 2, p. 13-18, 2021.

TEIXEIRA, LEYLA KAROLYNE Camargo et al. BENEFÍCIOS DA CALENDULA OFFICINALIS L. NA CICATRIZAÇÃO DE FERIDAS. **Anais do Salão de Iniciação Científica Tecnológica ISSN-2358-8446**, 2024.

TEIXEIRA, MDS et al. O uso de plantas medicinais e Aromáticas no controle de pragas em hortas caseiras na comunidade de Caldeirãozinho, município de Central-BA. **Anais do Congresso Brasileiro De Gestão Ambiental e Sustentabilidade: João Pessoa**, 2018.

TEIXEIRA, WELLDY GONÇALVES; DE SOUSA, ROBSON THIAGO XAVIER; KORNDÖRFER, Gaspar Henrique. Resposta da cana-de-açúcar a doses de fósforo fornecidas por fertilizante organomineral. **Bioscience Journal**, v. 30, n. 6, p. 1729-1736, 2014.

ZARDETO, GIULIANA. **USO DE PLANTAS MEDICINAIS E FITOTERÁPICOS NA CANDIDÍASE**. 2022. Tese de Doutorado. UNIVERSIDADE PARANAENSE.

WANG L, LI M, GU Y, SHI J, YAN J, WANG X, LI B, WANG B, ZHONG W, CAO H. Dietary flavonoids-microbiota crosstalk in intestinal inflammation and carcinogenesis. *J Nutr Biochem*. 2024 Mar;125:109494. doi: 10.1016/j.jnutbio.2023.109494. Epub 2023 Oct 20. PMID: 3786642

CAPITULO II

Fontes e doses de fósforo na produção de biomassa e no teor de flavonoides em *Calendula officinalis* L.

RESUMO

A calêndula (*Calendula officinalis* L.) é amplamente cultivada por seu valor ornamental, medicinal e industrial, destacando-se pelos flavonoides presentes em suas flores. O manejo adequado da adubação, especialmente do fósforo, é essencial para a produção de biomassa e compostos bioativos. Este estudo teve como objetivo avaliar o efeito de fontes e doses de adubos fosfatados no crescimento e no teor de flavonoides da calêndula. O experimento foi conduzido em delineamento em blocos casualizados, com esquema fatorial (2 fontes $\times$ 5 doses) e quatro repetições. Foram testadas duas fontes de fósforo: fosfato monoamônico (MAP) e adubo organomineral (Evolutions®), aplicadas em doses de 0, 25, 50, 100 e 150 kg ha⁻¹. Após 120 dias da semeadura, avaliaram-se características de crescimento, peso seco de diferentes partes da planta e teores de clorofila e flavonoides. Não houve interação significativa entre fonte e dose para as variáveis de crescimento. No entanto, o MAP proporcionou maior diâmetro de caule (20,33 mm) em comparação ao organomineral (17,91 mm), enquanto este último resultou em maior peso seco da parte aérea. Doses crescentes de ambos os fertilizantes aumentaram o peso seco. Quanto aos flavonoides, o MAP resultou em teores superiores (0,561%) ao organomineral (0,330%), com destaque para as doses de 0 kg ha⁻¹ (0,636%) e 100 kg ha⁻¹ (0,656%). Conclui-se que a adubação fosfatada com MAP favorece o crescimento e o acúmulo de flavonoides na calêndula de forma mais eficiente do que o adubo organomineral.

Palavras chave: adubação fosfatada; organomineral; calêndula; metabolismo secundário

ABSTRACT

Calendula (*Calendula officinalis* L.) is widely cultivated for its ornamental, medicinal, and industrial value, particularly due to the flavonoids present in its flowers. Proper fertilization management, especially phosphorus application, is essential for biomass production and the synthesis of bioactive compounds. This study aimed to evaluate the effect of phosphorus fertilizer sources and doses on the growth and flavonoid content of calendula. The experiment was conducted in a randomized block design, in a factorial scheme (2 sources $\times$ 5 doses) with four replications. Two phosphorus sources were tested: monoammonium phosphate (MAP) and an organomineral fertilizer (Evolutions®), applied at doses of 0, 25, 50, 100, and 150 kg ha⁻¹. After 120 days of sowing, growth characteristics, dry weight of different plant parts, and chlorophyll and flavonoid contents were evaluated. No significant interaction was observed between fertilizer source and dose for growth variables. However, MAP resulted in a greater stem diameter (20.33 mm) compared to the organomineral fertilizer (17.91 mm), while the latter promoted higher shoot dry weight. Increasing doses of both fertilizers enhanced dry matter accumulation. Regarding flavonoids, MAP led to higher contents (0.561%) than the organomineral fertilizer (0.330%), with notable values at 0 kg ha⁻¹ (0.636%) and 100 kg ha⁻¹ (0.656%) doses. It is concluded that phosphorus fertilization with MAP more efficiently promotes stem growth and flavonoid accumulation in calendula compared to the organomineral fertilizer.

Keywords: phosphate fertilization; organomineral; calendula; secondary metabolism

1. INTRODUÇÃO

Calendula officinalis L. é uma planta herbácea pertencente à família Asteraceae, popularmente conhecida como calêndula (DA SILVA, 2020). Reconhecida pelo seu potencial medicinal, especialmente devido aos flavonoides presentes nas flores, apresenta propriedades anti-inflamatórias, antimicrobianas e cicatrizantes (SHAHANE, 2023). Essas propriedades biológicas e aplicações diversas, como ornamental e alimentícia, possibilita o interesse crescente no desenvolvimento de pesquisas científicas. Destaca-se ainda seu potencial na produção de fitoterápicos, principalmente por estar incluída na Relação Nacional de Plantas Medicinais de Interesse ao SUS (RENISUS) (MUNIZ, 2012)

A pesquisa direcionada à produção comercial de calêndula com alto teor e qualidade de princípios ativos é crucial para a produção de insumos fitoterápicos, mas deve ser feita de forma sustentável para garantir produtos livres de resíduos de defensivos agrícolas (HASENCLEVER, 2017). Para maximizar a produção de flores e compostos bioativos, o manejo adequado da adubação é fundamental. O fósforo é um nutriente que participa de processos bioquímicos, como a fotossíntese, a respiração e a síntese de ácidos nucleicos e no armazenamento e transferência de energia. Plantas cultivadas em solos pobres em fósforo apresentaram crescimento reduzido e menor quantidade de flores, reforçando a importância desse nutriente para o cultivo (LOPES et al., 2021).

Diversos estudos reportam que a adubação fosfatada pode otimizar a produção desses compostos em plantas medicinais, com potencial impacto na atividade terapêutica e nos usos industriais (GOMES, 2022). Em calêndula foi observado que a adubação fosfatada não apenas aumentou o número e o tamanho das flores, mas também a concentração de carotenoides e flavonoides (MENDES, 2012; SHARMA et al., 2020). Semelhantemente, a aplicação de fósforo aumentou a produção de biomassa do alecrim (*Rosmarinus officinalis*) e a síntese de óleos essenciais e polifenóis. No entanto, a resposta das plantas à adubação fosfatada pode variar conforme o tipo de solo e a dose aplicada, exigindo ajustes no manejo para obter os melhores resultados tanto em rendimento quanto em qualidade (CRUZ et al., 2024).

Além do manejo da adubação, a adoção de práticas sustentáveis no cultivo de *C. officinalis* é essencial para atender à crescente demanda de um mercado exigente. O uso de fertilizantes orgânicos têm mostrado benefícios na melhoria da qualidade do solo e no

desenvolvimento da planta, sendo uma prática recomendada no cultivo de espécies medicinais (GAMA, 2012). Os fertilizantes organominerais têm ganhado destaque como uma alternativa sustentável para a nutrição das plantas, especialmente em sistemas agrícolas que buscam integrar eficiência agrônômica com a sustentabilidade ambiental. Esses fertilizantes combinam fontes minerais de nutrientes com materiais orgânicos, proporcionando um aporte equilibrado de nutrientes e melhorias nas propriedades químicas, físicas e biológicas do solo (CABRAL et al., 2020).

A matéria orgânica presente nesses fertilizantes não apenas fornece nutrientes diretamente, mas também contribui para a formação de complexos com íons de fósforo, reduzindo a fixação do fósforo no solo e aumentando sua disponibilidade para as plantas, especialmente em solos tropicais, onde a fixação é um problema comum devido à presença de elevados teores de ferro e alumínio (LOPES, 2019). Ademais, a presença de matéria orgânica contribui para a retenção de umidade e a melhoria da estrutura do solo, favorecendo o crescimento das raízes e a absorção de nutrientes (PEREIRA et al., 2022).

A aplicação de organominerais com fósforo tem demonstrado benefícios para a produtividade de diversas culturas, como soja, milho e cana-de-açúcar, aumentando a eficiência do uso do fósforo em comparação com fertilizantes exclusivamente minerais. (GARCIA, 2022).

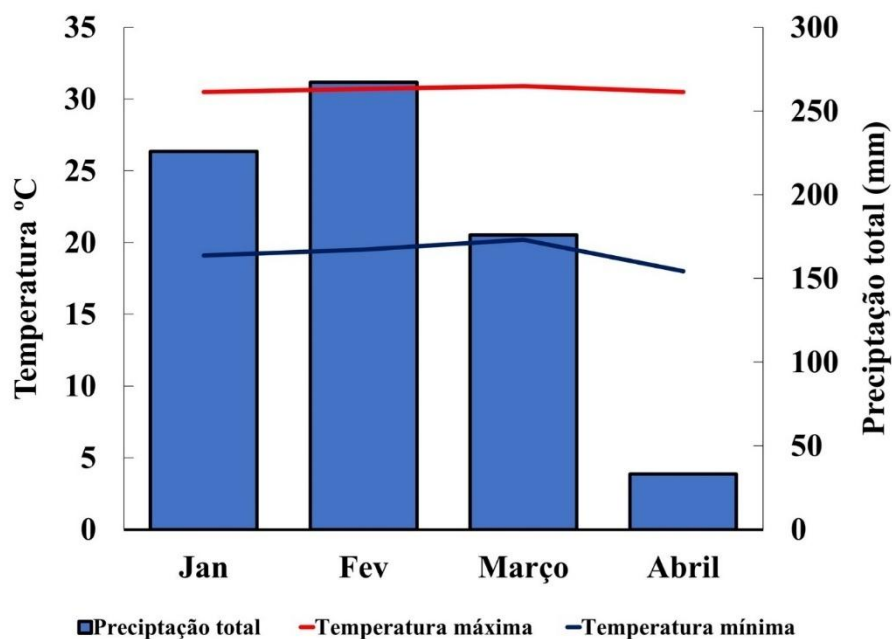
Outro aspecto relevante é que os organominerais podem contribuir para a sustentabilidade do sistema produtivo, uma vez que permitem a reciclagem de resíduos orgânicos que, de outra forma, seriam descartados ou poderiam causar impacto ambiental. Neste sentido, objetivou-se avaliar o impacto de diferentes doses de adubos fosfatados, fosfato monoamônico e organomineral, na produção de biomassa e no teor de flavonoides em *Calendula officinalis* L.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Caracterização da área experimental

O experimento foi realizado na área experimental do Setor de Agrotecnologia, Departamento de Agricultura (DAG) da Universidade Federal de Lavras - UFLA. Essa área é localizada no município de Lavras-MG, a 21°13'52'' de latitude Sul e 44°58'10'' de longitude Oeste, e a altitude 918,87 metros acima do nível do mar. O clima da região em estudo, segundo a classificação de Köppen é temperado suave, chuvoso, com inverno seco e verão úmido. A pluviosidade média na região é de 1.034 mm anuais, onde a temperatura média anual é de 19,3 °C e a umidade relativa média de 76%. O clima caracteriza-se ainda por apresentar uma estação seca (abril a setembro) e uma estação chuvosa (outubro a março) (Alvares *et al.*, 2013). Na Figura 1, estão representadas as temperaturas máximas e mínimas do período de realização do experimento, bem como as precipitações pluviiais média

Figura 2 - Dados climatológicos da estação meteorológica da Universidade Federal de Lavras, entre os meses de janeiro 2024 a abril de 2024.



2.2 Implantação e condução do experimento

O solo presente na área experimental foi classificado originalmente como Latossolo Vermelho Distrófico de textura argilosa, contendo 56,8% de argila, 4,4% de silte e 38,8% areia. A amostragem foi realizada por ocasião do preparo inicial do solo, retiradas na camada de 0–0,20 m, e as análises de fertilidade foram preparadas no Laboratório de Análise Agropecuária da 3ª Lab. Resultados da análise química das amostras desse solo são apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1 – Atributos químicos de Latossolo Vermelho Distroférrico, utilizado no experimento

pH	Al ³⁺	H ⁺ +Al ³⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	T	V	K ⁺	P rem.
H ₂ O	----- cmolc dm ⁻³ -----					%	--- mg dm ⁻³ --	
5,70	0,00	2,30	2,40	0,80	5,76	60,07	99,60	22,20

Extratores - P remanescente: resina; Ca, Mg, Al: KCl 1 mol L⁻¹; H+Al: SMP; T – Capacidade de Troca de Cátions a pH 7; V – Índice de saturação de bases

Sementes comerciais de calêndulas, cultivar bonina sortida, foram adquiridas da empresa ISLA Pack (germinação de 70% e pureza de 97,8%), estando a exsicata depositada no Herbário ESAL, do Departamento de Biologia da UFLA, corresponde ao nº 33.614. Adotou-se o delineamento blocos casualizados (DBC), em esquema fatorial 2x4, com quatro repetições. O fator fonte de adubo fosfatado foi composto por MAP (fosfato monoamônico) e organomineral, aplicados no sulco de semeadura. O fertilizante organomineral (Evolutions® 05-24-00) peletizado foi produzido e cedido pela empresa Terra de Cultivo, cediada em Machado, MG. O fator dose de adubo foi representado por 0, 25, 50, 100 e 150 kg/ha P₂O₅.

Os tratamentos e as sementes de calêndulas foram distribuídos manualmente com 50 cm de espaçamento entre linhas e 30 cm de espaçamento entre plantas. A semeadura foi realizada na estação primavera/verão, sem auxílio de sistema de irrigação. O controle de plantas invasoras foi realizado de modo manual (capinas e catação). Nos estágios iniciais de desenvolvimento da cultura no campo, apenas capinas manuais foram suficientes para reduzir a incidência das mesmas.

O manejo de pragas e doenças foi conduzido seguindo preceitos do cultivo orgânico. Apesar da ocorrência de alguns insetos (de forma uniforme entre os tratamentos), como *Diabrotica speciosa*, conhecido como vaquinha-verde-e-amarela ou vaquinha-patriota (nas folhas e flores) não foi necessário realizar controle. Os danos à cultura foram praticamente irrelevantes e a presença desses insetos foi esporádica, não se estendendo ao longo de todo o ciclo. Além disso, foi observada em grande quantidade e diversidade a presença de insetos considerados agentes de controle biológico.

2.3 Variáveis analisadas

2.3.1 Análise do crescimento

Aos 120 dias após a semeadura das calêndulas, avaliou-se: comprimento da parte aérea (CPA), diâmetro de caule (DC), peso seco de folha (PSF), de caule (PSC), de parte aérea (PSPA), de capítulo (PSCa), de receptáculo (PSR) e de pétala (PSP) e índices de clorofila *a* (Cla), Clorofila *b* (Clb) e Clorofila total (Clt). A altura das plantas foi determinada com o auxílio de uma trena, posicionada desde o nível do solo até o ápice floral. O diâmetro do caule foi medido utilizando um paquímetro digital, considerando a região do colo da planta como ponto de referência. Os pesos secos foram determinados, após a secagem completa em estufa a 40 °C, em uma balança de precisão.

Para a obtenção de matéria-prima padronizada, as inflorescências foram retiradas com auxílio de tesoura de poda e com o pedúnculo o mais curto possível, sendo iniciada aos 90 dias após a semeadura das calêndulas, com o surgimento das primeiras flores liguladas completamente desenvolvidas e abertas. A colheita foi realizada semanalmente no período da manhã durante 30 dias. Os capítulos colhidos foram imediatamente colocados para secar em estufa de circulação forçada de ar, temperatura ajustada à 40 °C, por 7 dias. Posteriormente, as mesmas foram armazenadas em sacos plásticos de cor escura revestidos por um saco de papel Kraft (com o objetivo de evitar a interferência de luz e de umidade).

Após esse processo a droga vegetal foi triturado no micro moinho. Já pulverizado, o material foi armazenado em freezer até o processo químico de extração de flavonóides.

A determinação dos índices de clorofila *a* e *b* nas folhas de calêndula foi realizada utilizando um clorofilômetro digital portátil (Falker, CFL 1030, Porto Alegre, RS).

Para a realização das medições, foram selecionadas folhas totalmente expandidas, saudáveis e representativas de cada planta nos tratamentos. As leituras foram realizadas em três pontos distintos da região central de cada folha para garantir a precisão e a representatividade dos dados. O clorofilômetro foi devidamente calibrado antes de cada sessão de coleta de dados, seguindo as instruções do fabricante. A clorofila total foi calculada somando-se os valores de clorofila *a* e *b*.

2.3.2 Preparo dos extratos e doseamento de flavonoides totais

A quantificação de O-heterosídeos de flavonoides totais foi realizada por espectrofotometria de absorção molecular na região do visível, conforme especificado na Farmacopeia Brasileira VI (2019) para a planta medicinal *Calendula officinalis* L. O método baseia-se na extração por refluxo de um extrato acetônico em meio ácido, seguida de separação com acetato de etila. Assim, apenas as agliconas dos O-heterosídeos são detectadas. A etapa final do procedimento inclui a adição de cloreto de alumínio, uma vez que os flavonoides formam complexos coloridos e estáveis com o íon trivalente de alumínio, os quais apresentam deslocamento batocrômico e aumento na intensidade de absorção (SILVA ET AL., 2015).

As análises foram realizadas em quatro repetições para cada tratamento, utilizando a média de cinco medições por repetição. Os resultados foram expressos como a porcentagem média de flavonoides totais (% p/p), calculada com base em uma curva analítica obtida a partir de soluções metanólicas de quercetina anidra, seguida dos respectivos valores de desvio padrão.

Para a construção da curva analítica, foram utilizadas soluções-mãe de quercetina anidra, às quais foi adicionado 1,0 mL de solução de cloreto de alumínio a 2% (p/v), completando-se com solução de ácido acético glacial a 5% (v/v) em metanol. As soluções foram preparadas a partir de uma solução-mãe de quercetina anidra a 200 µg/mL em metanol, conforme detalhado na Tabela 1, utilizando uma faixa de concentrações de quercetina anidra de 1 a 16 µg/mL. As leituras foram realizadas no comprimento de onda de 425 nm, conforme o método descrito na farmacopeia. Este procedimento foi repetido três vezes, em dias diferentes, e os dados foram submetidos a análise de regressão linear utilizando o software GraphPad Prism 4 (GraphPad Soft).

Tabela 2. Volume de solução mãe, volume final após diluição e concentração de quercetina empregadas na construção das curvas analíticas para o doseamento espectrofotométrico de flavonoides totais.

Volume da solução estoque (mL)	Volume final diluído (mL)	Concentração de quercetina anidra (µg/mL)
0,25	50,00	1,0
0,50	50,00	2,0
1,00	25,0	8,0
1,50	25,0	12,0
2,00	25,0	16,0

2.4 Análise estatística

Todos os dados obtidos foram submetidos à análise de variância (ANOVA), teste F ($P < 0,05$), por meio do pacote estatístico ExpDes do R. Casos em que os efeitos dos tratamentos apresentarem diferenças significativas, as médias serão comparadas por meio do teste de médias Scott-Knott ($P < 0,05$).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Influência da adubação fosfatada no crescimento de calêndulas

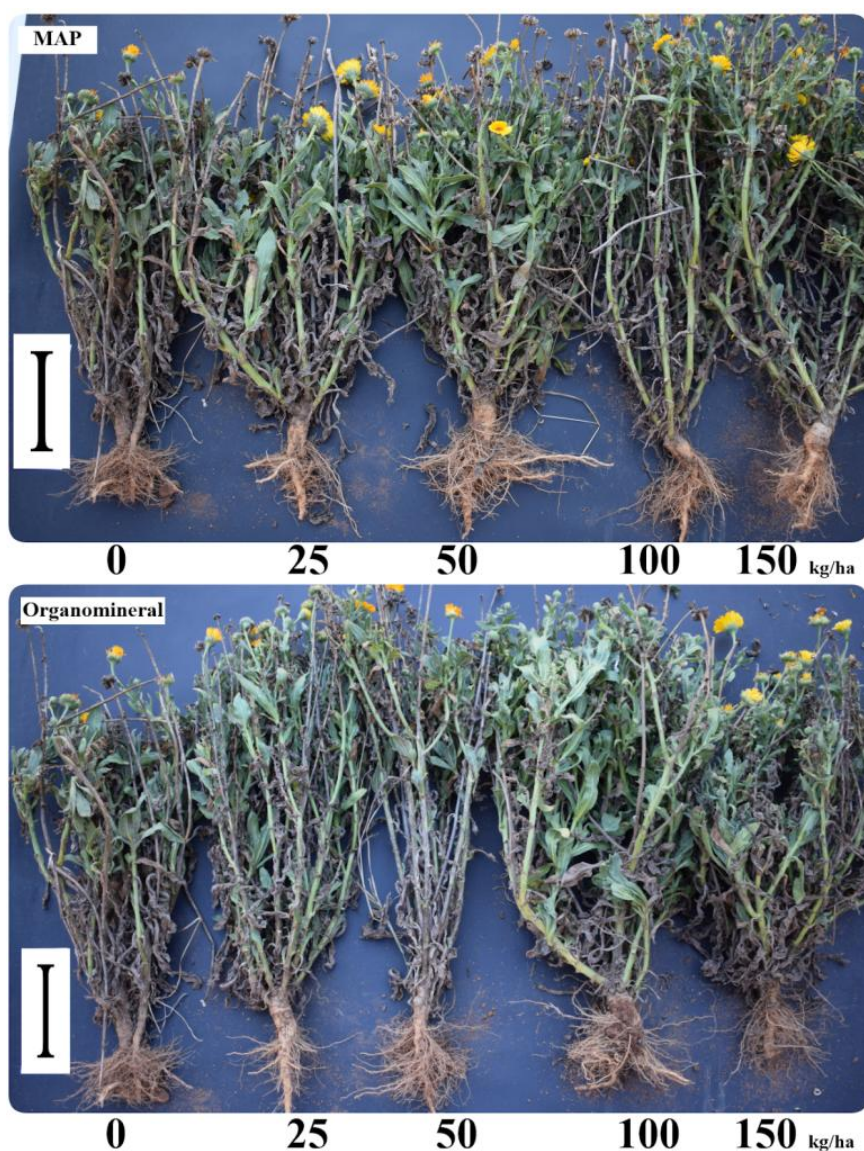
As plantas de *Calendula officinalis* adubadas com MAP, independente da dose utilizada, aparentavam-se desenvolvimento homogêneo (Figura 2). Por outro lado, diferenças no crescimento das plantas foram observadas com o uso do fertilizante organomineral, especialmente em doses intermediárias (50 e 100 kg/ha). Este efeito pode estar relacionado à liberação gradual de nutrientes pelos organominerais, melhorando a disponibilidade de fósforo ao longo do tempo (JUNIOR, 2022). Além disso, observou-se um crescimento radicular foi mais expressivo nessas doses intermediárias. Sabe-se que raízes bem desenvolvidas podem indicar melhor absorção de nutrientes e adaptação ao solo (SANES, 2013)

O efeito da interação entre as doses e fontes de adubo não apresentou diferenças significativas para as variáveis de crescimento (Tabela 3). Esse resultado sugere que, independentemente da dose utilizada, a resposta das plantas ao MAP e ao fertilizante organomineral seguiu um padrão similar, sem efeitos sinérgicos ou antagônicos entre os fatores. Estudos indicam que, quando a disponibilidade de fósforo é suficiente para atender à demanda da planta, a influência da fonte de adubo tende a ser minimizada, pois o nutriente já está adequadamente suprido (GARCIA, 2022). Por outro lado, observa-se efeitos significativos ($p < 0,05$) das fontes de adubo fosfato sobre o diâmetro do caule (DC), peso seco de folha (PSF), peso seco de caule (PSC) e peso seco da parte aérea total (PSPA) (Tabela 3). Essa resposta pode estar relacionada às diferenças na liberação e absorção de nutrientes entre os fertilizantes testados. O MAP, por ser altamente solúvel, disponibiliza fósforo rapidamente, promovendo um crescimento inicial mais vigoroso (SANTOS 2022). Já os fertilizantes organominerais liberam nutrientes de forma mais gradual, podendo favorecer um crescimento mais equilibrado ao longo do ciclo da cultura (JUNIOR, 2022). No entanto, as fontes de adubo não influenciaram significativamente o comprimento da parte aérea (CPA), sugerindo que essa variável pode ser mais dependente de fatores genéticos e ambientais do que exclusivamente da disponibilidade de fósforo.

Já as doses de adubos fosfatados influenciaram significativamente o PSF, PSC e PSPA, indicando que a quantidade de fósforo aplicado atuou diretamente o acúmulo de biomassa seca nas diferentes partes da planta.

Isso está de acordo com estudos que demonstram que o fósforo é essencial para o desenvolvimento da biomassa aérea e para o aumento da eficiência fotossintética, impactando diretamente a produção de matéria seca (CRUZ, 2015). No entanto, não houve efeito significativo sobre CPA e DC, o que sugere que o crescimento em altura e o diâmetro do caule foram menos sensíveis à variação de doses. Essa ausência de resposta pode estar relacionada à capacidade da planta de regular seu crescimento em altura independentemente da disponibilidade de fósforo, priorizando a alocação de recursos para o desenvolvimento radicular e foliar em condições de baixa fertilidade (SOUSA ET AL., 2020).

Figura 3 - Plântulas de *Calendula officinalis* aos 120 dias de cultivo em diferentes doses (0, 25, 50, 00 e 150 kg/ha) de adubos fosfatados (MAP e Organomineral).



Legenda: tamanho da barra vertical correspondente à 10 cm.

Tabela 3 – Nível de significância ($Pr > F_c$) dos dados relativos ao comprimento da parte aérea (CPA), diâmetro de caule (DC), peso seco de folha (PSF), de caule (PSC) e de parte aérea (PSPA) coletadas aos 120 dias após semeadura de plântulas de *Calendula officinalis* que foram submetidas à diferentes doses (0, 25, 50, 100 e 150 kg/ha) de adubos fosfatados (MAP e Organomineral).

Fontes de variação	GL	CPA	DC	PSF	PSC	PSPA
Fonte	1	0,98568	0,02157*	0,03365*	0,044059*	0,003382*
Dose	4	0,55243	0,38219	0,00979*	0,00627*	0,000200*
Fonte*Dose	4	0,98304	0,24650	0,31857	0,130293	0,062781
Bloco	3	0,47206	0,20546	0,27889	0,012500	0,010041
Resíduo	39					
CV (%)		8,31	16,38	13,74	13,56	8,96

*Significativo pelo teste F

A Tabela 4 contém os valores médios de comprimento da parte aérea (CPA) e diâmetro do caule (DC) de *Calendula officinalis* submetidas à diferentes doses de adubos fosfatados. Observa-se pouca variação no CPA entre MAP (51,45 cm) e organomineral (51,43 cm). Esse comportamento sugere que o crescimento em altura da *Calendula officinalis* não é altamente dependente da disponibilidade de fósforo no solo. Resultados semelhantes foram observados por Henry (2012), que relataram que a demanda por fósforo tende a ser mais expressiva em variáveis relacionadas à biomassa do que em medidas de comprimento. Esse efeito pode estar relacionado ao fato de que o crescimento em altura é frequentemente regulado por fatores genéticos e hormonais, como auxinas, que podem não ser tão sensíveis à variação de fósforo quanto o acúmulo de biomassa (CASSEL, 2021)

Por outro lado, diferenças significativas nas médias de diâmetro do caule (DC) foram observadas entre as fontes de fósforo, sendo o MAP (20,33 mm) superior ao organomineral (17,91 mm) na promoção do crescimento do diâmetro do caule. O fósforo, crucial para o metabolismo energético, divisão celular e desenvolvimento estrutural das plantas (CRUZ, 2015), é rapidamente disponibilizado pelo MAP por sua alta solubilidade. A disponibilidade rápida de fósforo pelo MAP pode ter favorecido um maior acúmulo de biomassa e espessamento do caule em comparação ao organomineral, cuja liberação tende a ser mais gradual.

Esses resultados demonstram que o DC é mais responsivo à adubação fosfatada do que o CPA, possivelmente devido à maior demanda de fósforo para processos metabólicos relacionados ao crescimento radial do caule. A superioridade do MAP em relação ao organomineral na promoção do diâmetro do caule reforça a importância da escolha da fonte de

fósforo adequada às exigências da cultura, como também observado por Silva (2021).

Tabela 4 – Comprimento da parte aérea (CPA) e diâmetro de caule (DC) coletadas aos 120 dias após semeadura de plântulas de *Calendula officinalis* que foram submetidas à diferentes doses (0, 25, 50, 100 e 150 kg/ha) de adubos fosfatados (MAP e Organomineral).

Dose (kg/ha)	CPA (cm)		DC (mm)	
	MAP	Organo	MAP	Organo
0		52,38		18,90
25	48,83	49,75	21,47	17,33
50	51,83	50,25	19,76	19,14
100	52,38	52,63	17,88	16,79
150	51,83	52,13	23,62	17,39
Média	51,45 a	51,43 a	20,33 a	17,91 b

*Médias seguidas de mesma letra na linha pertencem a um mesmo grupo, de acordo com o critério de agrupamento de Scott-Knott, a 5% de probabilidade.

Os pesos secos de folha (PSF), peso seco de caule (PSC) e peso seco da parte aérea (PSPA) de *Calendula officinalis* apresentaram diferenças significativas nas doses e nas fontes de adubos fosfatados (Tabela 3). O PSF variou em resposta às doses e fontes de fósforo, sendo que o fertilizante organomineral resultou em maior valor médio (39,49 g) em comparação ao MAP (34,77 g) (Tabela 5). A maior eficiência do organomineral no PSF pode estar associada não apenas à liberação gradual de nutrientes, mas também a fatores fisiológicos ligados à absorção e translocação de nutrientes essenciais para o crescimento foliar, como nitrogênio e potássio, que frequentemente acompanham fertilizantes organominerais (Ferreira, 2022). Além disso, o desenvolvimento foliar é fortemente influenciado pela atividade fotossintética e pela regulação hormonal, especialmente pelo balanço entre citocininas e auxinas. As citocininas promovem a expansão celular e podem ser mais disponíveis em sistemas que oferecem liberação gradual de nutrientes, favorecendo a manutenção da área foliar e o acúmulo de biomassa (BARBOSA, 2022)

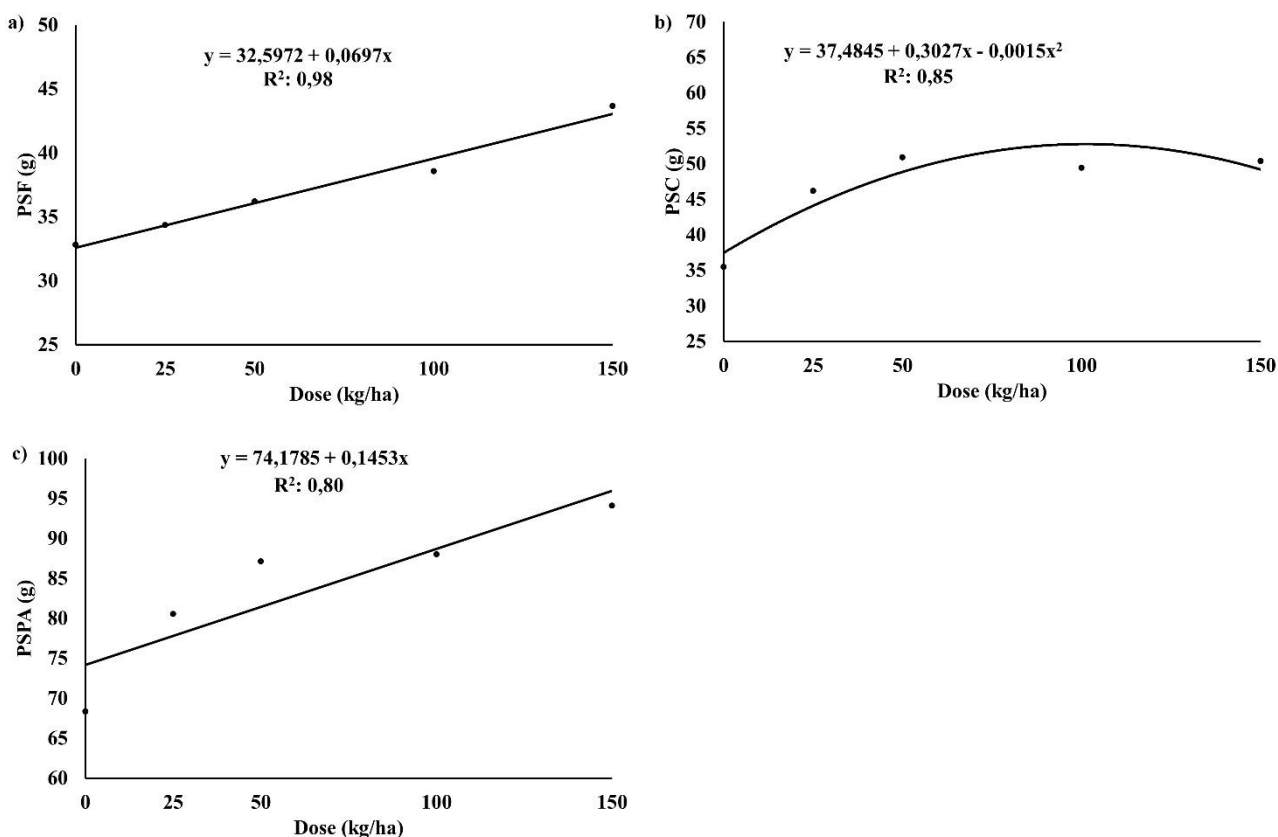
Tabela 5 – Peso seco de folha (PSF), de caule (PSC) e de parte aérea (PSPA) coletadas aos 120 dias após semeadura de plântulas de *Calendula officinalis* que foram submetidas à diferentes doses (0, 25, 50, 100 e 150 kg/ha) de adubos fosfatados (MAP e Organomineral).

Dose (kg/ha)	PSF (g)		PSC (g)		PSPA (g)	
	MAP	Organo	MAP	Organo	MAP	Organo
0		32,83		35,51		68,33
25	32,29	36,43	45,63	46,74	83,17	77,92
50	31,55	40,87	42,51	59,36	100,23	74,06
100	33,35	43,80	50,13	48,75	92,55	83,48
150	43,84	43,50	46,12	54,71	98,21	89,97
Média	34,77 b	39,49 a	43,98 b	49,01 a	78,75 b	88,50 a

*Médias seguidas de mesma letra na linha pertencem a um mesmo grupo, de acordo com o critério de agrupamento de Scott-Knott, a 5% de probabilidade.

Já em relação às doses, incrementos crescentes no PSF foram observados com o aumento nas quantidades dos fertilizantes (Figura 3).

Figura 4 – Modelo de regressão para peso seco de folha (PSF), de caule (PSC) e de parte aérea (PSPA) de *Calendula officinalis* em função de doses de adubos fosfatados (0, 25, 50, 100 e 150 kg/ha).



Semelhantemente, a maior média de PSC foi observada com o uso do organomineral (49,01 g) em comparação ao MAP (43,98 g) (Tabela 5). O maior valor de PSC (52,75 g) foi estimado na dose de 100 kg/ha dos adubos fosfatados (Figura 3). Esse aumento no PSC reflete não apenas a importância do fósforo na síntese de compostos essenciais para a formação de tecidos vegetais (Barros, 2020), mas também a influência de outras variáveis nutricionais e ambientais, como: A relação C/N (carbono/nitrogênio): Fertilizantes organominerais frequentemente contêm matéria orgânica que melhora a disponibilidade de nitrogênio e favorece a alocação de carbono para o crescimento do caule (SANTOS, 2022). A presença de matéria orgânica no organomineral pode ter melhorado a retenção de água e aeração do solo, favorecendo o crescimento radicular e, conseqüentemente, o desenvolvimento do caule (Cabral et al., 2020).

O PSPA foi significativamente maior com o uso do organomineral (88,50 g) em comparação ao MAP (78,75 g) (Tabela 5). Além disso, verificou-se que doses crescentes dos fertilizantes também proporcionaram incrementos no PSPA (Figura 3). O PSPA representa o acúmulo total de biomassa na parte aérea da planta, refletindo não apenas a disponibilidade de fósforo, mas também a interação entre diversos fatores ambientais e nutricionais. O maior desempenho do organomineral pode estar relacionado a melhoria na microbiota do solo, pois este fertilizante frequentemente estimula a atividade microbiana, promovendo a mineralização gradual dos nutrientes e favorecendo a absorção eficiente pelas plantas (PILONETO, 2022).

Dessa forma, os resultados evidenciam que o fertilizante organomineral proporcionou maior acúmulo de biomassa (PSF, PSC e PSPA) em comparação ao MAP, destacando-se especialmente na dose de 50 kg/ha. Essa superioridade pode ser explicada não apenas pela liberação gradual de fósforo, mas também por outros benefícios associados aos fertilizantes organominerais, como a melhoria da microbiota do solo, a retenção hídrica e a oferta equilibrada de nutrientes. Esses fatores combinados podem ter favorecido o crescimento sustentado das plantas de Calêndula ao longo dos 120 dias do ciclo de cultivo. Os índices de clorofila *a* (Cl_a), clorofila *b* (Cl_b) e clorofila *total* (Cl_{total}) não foram influenciados pelas doses e fontes de adubos fosfatados, com valores de $Pr > F_c$ muito superiores a 0,05 (Tabela 6).

A ausência de efeito significativo das doses de fósforo sobre os índices de clorofila pode ser explicada pela possível suficiência de fósforo no solo inicial da área, o que poderia ter atendido às necessidades da planta sem que doses adicionais influenciassem na síntese de clorofila.

Outros estudos, como os de Santos et al. (2020), também relatam ausência de impacto de doses elevadas de fósforo nos teores de clorofila em plantas com baixa demanda por nutrientes.

Tabela 6 – Nível de significância ($Pr > F_c$) dos dados relativos ao teor de clorofila *a* (Cla), Clorofila *b* (Clb) e Clorofila total (Cltotal) coletadas aos 120 dias após semeadura de plântulas de *Calendula officinalis* que foram submetidas à diferentes doses (0, 25, 50, 100 e 150 kg/ha) de adubos fosfatados (MAP e Organomineral).

Fontes de variação	GL	Cla	Clb	Cltotal
Fonte	1	0,96638	0,71813	0,83646
Dose	4	0,22518	0,20588	0,28806
Fonte*Dose	4	0,79675	0,52324	0,71970
Bloco	3	0,58130	0,66546	0,57476
Resíduo	39			
CV (%)		9,90	27,63	11,81

* Significativo pelo teste F

Os índices de Cla variaram de 36,51 a 37,46 para MAP e de 34,64 a 36,90 para organomineral (Tabela 7). Não houve diferença estatística significativa entre as doses para ambas as fontes de fósforo, uma vez que todas as médias estão no mesmo grupo estatístico. A clorofila *a* manteve-se estável, independentemente da dose ou da fonte de fósforo aplicada. Os valores de Clb variaram de 9,41 a 10,45 para MAP e de 9,03 a 9,41 para organomineral. Assim como em Cla, não foram observadas diferenças estatísticas significativas para as doses ou fontes de fósforo. Isso indica que o fósforo aplicado não influenciou diretamente os teores de clorofila *b*. A Cltotal variou de 43,47 a 46,96 para MAP e de 43,37 a 45,47 para organomineral, portanto não houve diferença significativa entre doses ou fontes, com todas as médias pertencendo ao mesmo grupo estatístico.

Tabela 7 – Clorofila *a* (Cla), Clorofila *b* (Clb) e Clorofila total (Clt) coletadas aos 120 dias após semeadura de plântulas de *Calendula officinalis* que foram submetidas à diferentes doses (0, 25, 50, 100 e 150 kg/ha) de adubos fosfatados (MAP e Organomineral).

Dose (kg/ha)	Cla (ICF)		Clb (ICF)		Cltotal (ICF)	
	MAP	Organo	MAP	Organo	MAP	Organo
0		36,51		10,45		46,96
25	33,69	34,74	7,37	9,41	44,14	41,06
50	34,70	34,88	11,05	8,89	43,77	45,74
100	36,06	33,55	7,68	7,74	41,29	43,73
150	31,60	33,12	8,78	10,28	43,40	40,38
Média	34,51 a	34,56 a	9,06 a	9,36 a	43,91 a	43,57 a

Médias seguidas de mesma letra na linha pertencem a um mesmo grupo, de acordo com o critério de agrupamento de Scott-Knott, a 5% de probabilidade. ICF- Índice de clorofila Falker

Logo, a ausência de diferenças estatísticas entre doses ou fontes sugere que o nível de fósforo disponível no solo inicial pode ter sido suficiente para atender à demanda da planta, não exigindo suplementações adicionais. Ademais, a estabilidade dos teores de clorofila pode estar associada ao fato de a calêndula possuir eficiência no uso de nutrientes para a síntese de pigmentos fotossintéticos. Esses resultados corroboram estudos como os de Santos et al. (2021), que relataram ausência de respostas significativas nos índices de clorofila de plantas medicinais sob doses crescentes de fósforo em solos com disponibilidade prévia do nutriente.

3.2 Influência da adubação fosfatada na produção de flavonoides totais em flores de calêndulas

Os adubos MAP e Organomineral, em suas respectivas doses, não influenciaram significativamente o peso seco de capítulo (PSCa), receptáculo (PSR) e pétalas (PSP) de *Calendula officinalis* (Tabela 8). Esse comportamento pode estar relacionado à suficiência de fósforo no solo experimental, o que minimizou a necessidade de suplementação adicional (MALAVOLTA, 2006).

Tabela 8 – Nível de significância ($Pr > F_c$) dos dados relativos ao peso seco de capítulo (PSCa), de receptáculo (PSR) e de pétala (PSP), e teor de flavonoides totais coletadas no período de 90 a 120 dias após semeadura de plântulas de *Calendula officinalis* que foram submetidas à diferentes doses (0, 25, 50, 100 e 150 kg/ha) de adubos fosfatados (MAP e Organomineral).

Fontes de variação	GL	PSCa	PSR	PSP	Flavonoides
Fonte	1	0,98077	0,35551	0,27578	0,00000*
Dose	4	0,26925	0,17234	0,85213	0,00000*
Fonte*Dose	4	0,07766	0,05279	0,54498	0,00000*
Bloco	3	0,38562	0,71729	0,57411	0,84676
Resíduo	39				
CV (%)		22,70	28,83	37,05	2,25

A média geral do PSCa foi de 0,29 g, enquanto PSR e PSP apresentaram médias de 0,18 g e 0,12 g, respectivamente (Tabela 9). Assim, os resultados sugerem que, sob as condições do experimento, a adubação fosfatada não promoveu incremento significativo na biomassa floral. Contudo, a influência do fósforo pode se manifestar de maneira mais expressiva em aspectos metabólicos, como no teor de flavonoides.

Tabela 9 – Peso seco de capítulo (PSCa), de receptáculo (PSR) e de pétala (PSP) coletadas no período de 90 a 120 dias após semeadura de plântulas de *Calendula officinalis* que foram submetidas à diferentes doses (0, 25, 50, 100 e 150 kg/ha) de adubos fosfatados (MAP e Organomineral).

Dose (kg/ha)	PSCa (g)		PSR (g)		PSP (g)	
	MAP	Organo	MAP	Organo	MAP	Organo
0		0,28		0,18		0,10
25	0,23	0,34	0,13	0,20	0,14	0,09
50	0,35	0,32	0,25	0,18	0,14	0,09
100	0,30	0,23	0,19	0,13	0,10	0,11
150	0,28	0,26	0,17	0,15	0,11	0,12
Média	0,29 a	0,29 a	0,18 a	0,17 a	0,10 a	0,12 a

*Médias seguidas de mesma letra na linha pertencem a um mesmo grupo, de acordo com o critério de agrupamento de Scott-Knott, a 5% de probabilidade.

O peso seco das estruturas florais é um parâmetro importante para avaliar o desenvolvimento da planta e a produção de metabólitos secundários, como os flavonoides (BORTOLO, 2009). No entanto, a falta de resposta ao fósforo pode ser explicada pelo fato de que os níveis de fósforo estavam adequados antes da adubação, sendo assim, a adição de doses suplementares pode não ter promovido incremento na biomassa floral (MALAVOLTA, 2006).

Além disso, o crescimento floral pode ser mais influenciado por outros macronutrientes, como nitrogênio e potássio, do que pelo fósforo isoladamente (TAVARES, 2021).

A ausência de efeito significativo sobre o peso seco das estruturas florais pode estar associada ao menor impacto do fósforo na biomassa reprodutiva de *Calendula officinalis*, que pode ter uma demanda nutricional específica não atendida apenas pela adubação fosfatada.

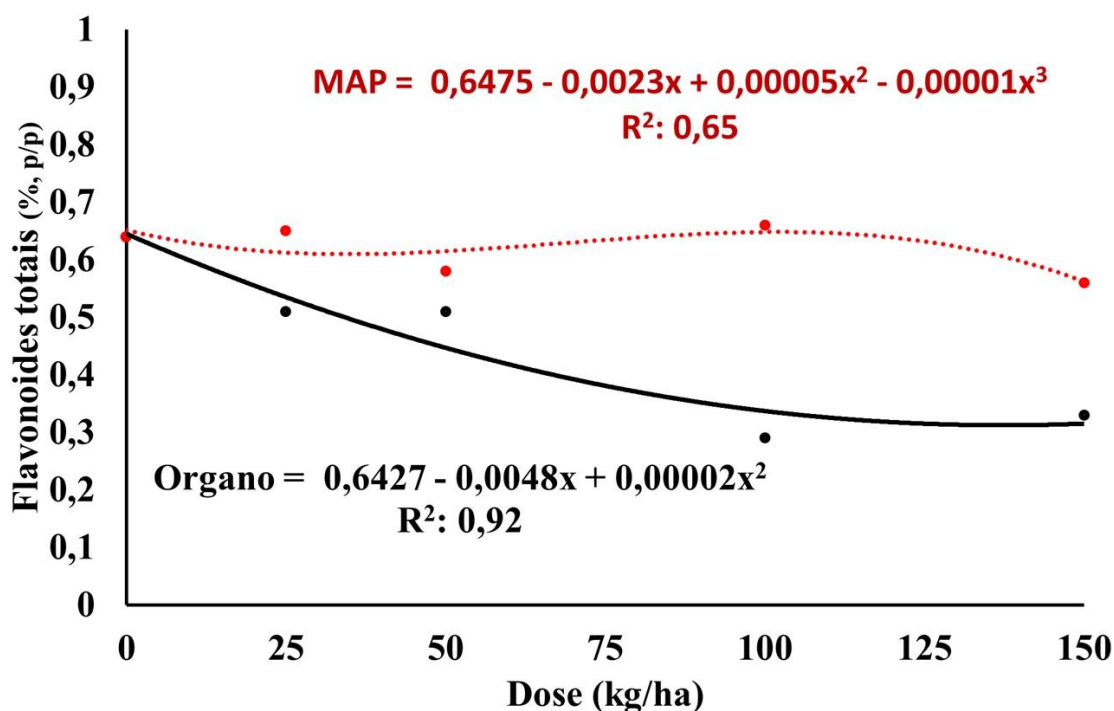
Estudos anteriores indicam que a disponibilidade de outros macronutrientes, como nitrogênio e potássio, pode ser mais determinante para o crescimento de estruturas reprodutivas (SANTOS et al., 2020). Estudos anteriores mostram que o crescimento de flores e pétalas pode ser mais sensível à disponibilidade hídrica e fotoperiódica, do que à nutrição fosfatada (DIAS, 2005).

Por outro lado, os teores de flavonoides totais extraídos de flores de calêndula foram significativamente influenciados pela interação entre tipo de adubo e as doses utilizadas (Figura 4). A média geral dos teores de flavonoides obtidos com o uso do MAP (0,561%) foi significativamente maior do que a observada com o adubo organomineral (0,330%). Esse resultado sugere que o MAP favorece o acúmulo de flavonoides em *Calendula officinalis* de forma mais eficiente que o organomineral, corroborando estudos anteriores que destacam o

papel do fósforo na síntese de compostos fenólicos (SILVA ET AL., 2018). No caso do adubo MAP (fosfato monoamônico), os maiores teores de flavonoides foram registrados nas doses de 0 kg/ha ($0,636 \pm 0,004\%$) e 100 kg/ha ($0,656 \pm 0,017\%$), com pequena variação entre as demais doses. Por outro lado, o uso do adubo organomineral ajustou-se ao modelo quadrático, sendo que o maior teor de flavonoides ocorreu no tratamento sem adubação fosfatada. Doses mais elevadas, como 100 kg/ha e 150 kg/ha, apresentaram teores significativamente menores, com $0,292 \pm 0,016\%$ e $0,329 \pm 0,012\%$, respectivamente.

Esse resultado indica que, para o adubo organomineral, doses mais baixas não são favoráveis ao acúmulo de flavonoides totais, possivelmente devido a uma menor interferência na biodisponibilidade de nutrientes para o metabolismo secundário da planta (SANTOS ET AL., 2020).

Figura 5 – Estudo do efeito da interação para flavonoides totais coletadas de flores de *Calendula officinalis* em função de doses (0, 25, 50, 100 e 150 kg/ha) de adubos fosfatados (MAP e Organomineral).



O teor de flavonoides foi, portanto, influenciado por uma interação entre o tipo de adubo e a dose aplicada. No caso do MAP, doses intermediárias (100 kg/ha) demonstraram ser mais favoráveis, enquanto para o adubo organomineral, doses mais baixas (0 a 25 kg/ha) promoveram maiores teores. Tal comportamento pode estar relacionado à biodisponibilidade de fósforo e às alterações no metabolismo secundário da planta causadas por doses excessivas de nutrientes, o que pode reduzir a produção de compostos fenólicos, como os flavonoides (FERREIRA, 2022)

Esse resultado sugere que tanto a origem do fósforo quanto as doses aplicadas influenciaram diretamente a biossíntese e o acúmulo desses metabólitos secundários. O fósforo desempenha um papel fundamental na síntese de flavonoides, pois está envolvido na ativação enzimática e nos processos energéticos que regulam a produção de compostos fenólicos (VIEIRA, 2015).

Em contraste, o aumento nos teores de flavonoides em resposta ao fósforo reforça a ideia de que esse nutriente pode modular o metabolismo secundário da planta, favorecendo a produção de compostos bioativos que desempenham papéis ecológicos e farmacológicos importantes (HENRY, 2012).

4. CONCLUSÕES

A fonte e as doses da adubação fosfatada influenciam o crescimento e o teor de flavonoides em *Calendula officinalis*. A adubação com MAP e organomineral Evolution® favorece a obtenção de calêndulas com maior diâmetro de caule e peso seco de parte aérea, respectivamente. Doses crescentes dos fertilizantes fosfatados proporcionam incrementos no peso seco de folhas e parte aérea. Plantas adubadas com 100 kg/ha de MAP possibilitam maior acúmulo de flavonoides nas flores.

REFERÊNCIAS

- BORTOLO, DANIELA PEREZ GUERRERO; MARQUES, P. A. A.; PACHECO, A. C. Teor e rendimento de flavonóides em calêndula (*Calendula officinalis* L.) cultivada com diferentes lâminas de irrigação. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v. 11, p. 435-441, 2009.
- CASSEL, JÚLIA LETÍCIA et al. Ação da auxina sobre plantas de soja. **Brazilian Journal of Animal and Environmental Research**, v. 4, n. 3, p. 4628-4643, 2021.
- CRUZ, J. L.; SOUZA FILHO, L. F. S.; PELACANI, C. R. Influência da adubação fosfatada sobre o crescimento do camapu (*Physalis angulata* L.). **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v. 17, p. 360-366, 2015
- CRUZ, DENNIS RICARDO CABRAL et al. Microorganismos multifuncionais na agricultura: uma revisão sistemática sobre bactérias solubilizadoras de fósforo. **CONTRIBUCIONES A LAS CIENCIAS SOCIALES**, v. 17, n. 3, p. e5854-e5854, 2024.
- CRUZ, JOZÂNGELO FERNANDES et al. Produção de milho em função do manejo do solo e adubação fosfatada no Vale do Juruá (AC). **Revista Sítio Novo**, v. 7, n. 4, p. 71-83, 2024.
- DIAS-TAGLIACOZZO, GLÁUCIA M.; FINGER, FERNANDO L.; BARBOSA, JOSÉ GERALDO. Fisiologia pós-colheita de flores de corte. **Ornamental Horticulture**, v. 11, n. 2, 2005.
- FERREIRA, GABRIELLY SOARES et al. Atividade antioxidante e composição química do óleo essencial de *Alpinia zerumbet* (Pers.) BL Burt & RM Sm. (Zingiberaceae). **EDITORA CIENTÍFICA DIGITAL (org.). Open science research. Guarujá, SP: Científica Digital, 2022. v. 3., 2022.**
- GARCIA, JULIO CESAR; MENDES, MARCEL BARION. Fontes de fósforo mineral e organomineral no estado nutricional e no crescimento inicial da cana-de-açúcar. **Brazilian Journal of Animal and Environmental Research**, v. 5, n. 2, p. 2003-2013, 2022.
- GOMES, BRENA SUELLEN RIBEIRO. Calibração de adubação fosfatada para hortelã (*Mentha X villosa* Huds.) pelo método Mehlich-1. **TCC (Bacharelado em Agronomia)** - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sertão Pernambucano, Campus Petrolina Zona Rural, Petrolina, PE, 48 f., 2022.

HASENCLEVER, LIA et al. A indústria de fitoterápicos brasileira: desafios e oportunidades. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 22, n. 8, p. 2559-2569, 2017.

JUNIOR, ZENILDO PEREIRA DOS SANTOS et al. Fertilizante organomineral: fertilizante de micronutrientes. **Anais da Mostra Nacional de Iniciação Científica e Tecnológica Interdisciplinar (MICTI)-e-ISSN 2316-7165**, v. 1, n. 15, 2022.

LOPES, TATIANY ARRAIS. **Uso de fertilizante organomineral na agricultura**. 2019. Dissertação de Mestrado. Universidade Estadual de Goiás (Brazil).

MALAVOLTA, EURÍPEDES. **Manual de nutrição mineral de plantas**. Agronômica Ceres, 2006.G

MENDES, F.F. Controle genético da eficiência no uso de fósforo em milho tropical. Lavras: UFLA, 2012. 134p.

MUNIZ, ROSINA MARIA CARVALHO CAMINHA et al. Plantas medicinais da RENISUS de atuação central. **Infarma-Ciências Farmacêuticas**, v. 24, n. 1/3, p. 75-80, 2012.

PILONETO, GUILHERME LUIS. **Fertilizantes orgânicos, minerais e remineralizadores do solo no sistema de plantio direto orgânico de grãos**. 2022. Trabalho de Conclusão de Curso. Agronomia.

SANTOS, VALERIA TEBINKA dos. Produtividade e qualidade fitoquímica de Calendula officinalis L. sob diferentes doses de composto orgânico. **Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências Agrônomicas da Unesp Câmpus de Botucatu**, 2020.

SANTOS, TATIANE BARBOSA DOS et al. **Avaliação dos efeitos da aplicação de fertilizante organomineral bioativado na cultura da soja**. 2022. Dissertação de Mestrado. Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

SANES, FERNANDA SAN MARTINS et al. Morfologia de raízes e cinética de absorção de potássio em genótipos de arroz irrigado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 37, p. 688-697, 2013.

SILVA, EVERTON FERNANDES et al. Aspectos botânicos e propriedades farmacológicas de calendula officinalis: uma revisão. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 5, p. 31261-31273, 2020.

SHAHANE, KIRAN et al. An updated review on the multifaceted therapeutic potential of Calendula officinalis L. **Pharmaceuticals**, v. 16, n. 4, p. 611, 2023.

SHARMA, SHALINI; KUMARI, KAVITA. Uma visão geral sobre Calendula officinalis Linn.:(pot calêndula). **Journal of Advanced Scientific Research** , v. 12, n. 03 Supl 2, p. 13-18, 2021.

TAVARES, A. R., Strafacci, L. R., GONÇALVES Da, K. G., KANASHIRO, S., & FERREIRA, M. L. (2021). Nitrogênio, fósforo e potássio no crescimento ornamental de

Ipomoea purpurea. *Agrarian*, 14 (51), 36-42. <https://doi.org/10.30612/agrarian.v14i51>.

VIEIRA, M. C.; RAMOS, M. B. M.; HEREDIA ZÁRATE, N. A.; LUCIANO, A. T.; GONÇALVES, W. V.; RODRIGUES, W. B.; TABALDI, L. A.; CARVALHO, T. M. de;

SOARES, L. F.; SIQUEIRA, J. M. de. Adubação fosfatada associada à cama de frango e sua influência na produtividade e no teor de flavonoides da *Marcela* (*Achyrocline satureioides* (Lam.) DC.) em duas épocas de colheita. *Revista Brasileira de Plantas Mediciniais*, Campinas, v. 17, n. 2, p. 246-253, 2015.
