



UNIVERSIDADE FEDERAL DO OESTE DO PARÁ
CAMPUS UNIVERSITÁRIO DE JURUTI
CURSO DE BACHARELADO EM AGRONOMIA

ALINE LUIZE PARÁ ALVES

NAIESE SOUZA BARBOSA

RESPOSTA FISIOLÓGICA DE SEMENTES DE COUVE-MANTEIGA (*Brassica oleracea* L. var. *acephala*) A DOSES DE BORO ISOLADO E COMPLEXO DE MICRONUTRIENTES

JURUTI-PARÁ
2025

**ALINE LUIZE PARÁ ALVES
NAIESE SOUZA BARBOSA**

RESPOSTA FISIOLÓGICA DE SEMENTES DE COUVE-MANTEIGA (*Brassica oleracea* L. var. *acephala*) A DOSES DE BORO ISOLADO E COMPLEXO DE MICRONUTRIENTES

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como requisito para a obtenção do grau de Bacharel em Agronomia, no *Campus* Universitário de Juruti, na Universidade Federal do Oeste do Pará.
Área de concentração: Ciências Agrárias
Orientador(a): Prof. Mário Roberto Nogueira Colares

**JURUTI-PARÁ
2025**

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)
Sistema Integrado de Bibliotecas – SIBI/UFOPA

A474r Alves, Aline Luize Pará

Resposta fisiológica de sementes de couve-manteiga (*Brassica oleracea* L. Var. *Acephala*) a doses de boro isolado e complexo de micronutrientes. / Aline Luize Pará Alves; Naiese Souza Barbosa – Juruti, 2025.

69 p.: il.

Inclui bibliografias.

Orientador: Mário Roberto Nogueira Colares.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Universidade Federal do Oeste do Pará, Campus Universitário de Juruti, Bacharelado em Agronomia.

1. Sementes. 2. Hortaliça. 3. Olericultura. 4. Nutrição. 5. Amazônia 6. Brasil I. Amaral, Marcos Antônio Correa Matos do, orient. II. Título.

CDD: 23 ed. 635

Bibliotecária - Documentalista: Giselle Oliveira – CRB/2 596


ALINE LUIZE PARÁ ALVES
NAIESE SOUZA BARBOSA

RESPOSTA FISIOLÓGICA DE SEMENTES DE COUVE-MANTEIGA
(*Brassicaoleracea* L. var. *acephala*) A DOSES DE BORO ISOLADO E
COMPLEXO DE MICRONUTRIENTES


Trabalho de Conclusão de Curso apresentado para
obtenção do grau de Bacharel em Agronomia, no
Campus Universitário de Juruti, na Universidade
Federal do Oeste do Pará.

Conceito: **Aprovado**


Data da Aprovação: 10 / 07 / 2025

Documento assinado digitalmente
 **MARIO ROBERTO NOGUEIRA COLARES**
Data: 10/07/2025 15:29:04-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Doutor Mário Roberto Nogueira Colares - Orientador
Universidade Federal do Oeste do Pará - Ufopa

Documento assinado digitalmente
 **DAYSE DRIELLY SOUZA SANTANA VIEIRA**
Data: 10/07/2025 15:45:51-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Doutora Drielly Souza Santana Vieira
Universidade Federal do Oeste do Pará -
Ufopa

Documento assinado digitalmente
 **MICHELLY RIOS AREVALO**
Data: 10/07/2025 16:09:30-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Doutor Michelly Rios Arévalo
Universidade Federal do Oeste do Pará - Ufopa

AGRADECIMENTOS

A realização deste Trabalho de Conclusão de Curso foi uma jornada desafiadora e enriquecedora, que contou com o apoio de muitas pessoas, às quais expresso minha mais sincera e profunda gratidão.

Em primeiro lugar, agradeço a Deus por me conceder força, sabedoria e determinação para enfrentar os desafios ao longo desta caminhada.

Agradeço com todo carinho à minha mãe, Alvana, ao meu pai, Alves, e ao meu irmão, André, por todo o amor, incentivo e apoio incondicional. Estendo minha gratidão a todos os meus familiares, que, de diferentes formas, contribuíram para que esta conquista se tornasse possível.

A minha parceira de TCC, Naiese Souza, pela dedicação, parceria, companheirismo e esforço constante ao longo do trabalho. Essa caminhada foi repleta de aprendizados, desafios e conquistas que só se tornaram possíveis por meio da cooperação e do trabalho em equipe.

Agradeço especialmente ao professor Dr. Renan Navroski, que esteve presente nos primeiros momentos do projeto, contribuindo significativamente para a estruturação e desenvolvimento da pesquisa, mesmo não podendo permanecer até o final. Sua orientação foi fundamental para dar início a este trabalho.

Agradeço também ao atual orientador, professor Dr. Mario Roberto Nogueira Colares, por ter aceitado gentilmente continuar a orientação, conduzindo com paciência, dedicação e compromisso a finalização deste projeto.

Ao professor Gustavo, pela atenção, disponibilidade e apoio durante o processo de desenvolvimento do trabalho, deixo minha sincera gratidão.

A instituição (UFOPA), bem como aos servidores e colaboradores, os professores do curso de Agronomia, que compartilharam seus conhecimentos e contribuíram de maneira significativa para minha formação acadêmica. E aos colegas de curso e amigos, que estiveram ao meu lado, dividindo momentos de aprendizado, desafios e descontração, tornando esta trajetória mais leve e gratificante.

Por fim, agradeço a todos que, de alguma forma, fizeram parte dessa conquista. Cada gesto de incentivo e cada palavra de apoio foram essenciais para que eu chegasse até aqui.

Aline Luize Pará Alves

AGRADECIMENTOS

Com imensa gratidão, agradeço primeiramente a Deus, por me conceder coragem, saúde e força para chegar até aqui.

Ao meu esposo, Clailton Monteiro, pelo apoio incondicional, pela paciência e compreensão ao longo desta jornada, além de sempre acreditar em mim, mesmo nos momentos mais desafiadores.

Sou imensamente grata aos meus pais, Natalio e Licileide, e à minha irmã Natalia, por serem minha base, meu porto seguro e minha fortaleza. Foram essenciais para que tudo fosse possível. Em especial, à minha mãe, que, com sua força e incentivo constante, jamais permitiu que eu desistisse, sendo desde sempre minha maior incentivadora nos estudos.

Não posso deixar de expressar minha gratidão aos meus avós, Abdoral e Maria, especialmente à minha avó Maria, que sempre esteve ao meu lado com palavras de encorajamento e sabedoria, nos momentos em que mais precisei.

Agradeço ao professor Dr. Renan Navroski pela oportunidade de atuar como bolsista de iniciação científica no projeto Boro como mitigador do efeito tóxico do alumínio no desenvolvimento inicial de plantas, no programa PIBIC. Sua generosidade ao me integrar à sua equipe, acompanhada pela paciência, dedicação e orientação, foram indispensáveis para a realização deste trabalho.

Ao meu orientador, Dr. Mario Roberto Nogueira Colares, por aceitar acompanhar este trabalho em sua fase final. Sou imensamente grata pela disponibilidade, sabedoria e paciência dedicadas durante esse processo.

Agradeço aos colegas da graduação, que compartilharam comigo alegrias, angústias, conhecimentos e ideais, deixando a convivência mais leve, rica e significativa. Em especial, à minha parceira de TCC, Aline, a quem sou profundamente grata pela disponibilidade, dedicação e comprometimento.

Gostaria de expressar minha profunda gratidão ao Professor Dr. Gustavo Ferreira pela generosa contribuição na leitura do meu Trabalho de Conclusão de Curso.

A instituição (UFOPA), bem como aos servidores e colaboradores cada um que esteve presente nesta caminhada, meu mais profundo agradecimento. Sem vocês, esta conquista não seria possível.

Naiese Souza Barbosa

RESUMO

O objetivo do presente estudo foi avaliar a influência da adubação com boro isolado e com um complexo de micronutrientes na qualidade fisiológica de sementes de couve manteiga (*Brassica oleracea* L. var. *acephala*). A pesquisa foi conduzida no *Campus* Universitário de Juruti, da Universidade Federal do Oeste do Pará, em condições de laboratório e casa de vegetação, utilizando delineamento inteiramente casualizado (DIC), com cinco tratamentos e quatro repetições. No primeiro experimento, as sementes foram tratadas com diferentes doses de boro (0, 2, 4, 8 e 16 mg de B por kg de sementes), utilizando ácido bórico comercial. No segundo experimento, foram aplicadas diferentes doses do fertilizante comercial Dripsol Micro (0, 0,02, 0,04, 0,08 e 0,16 g por 10 g de sementes), contendo um complexo de micronutrientes. As variáveis analisadas incluíram o índice de germinação (IG), o índice de velocidade de germinação (IVG), o índice de velocidade de emergência (IVE), o comprimento da parte aérea (CPA), o comprimento da raiz (CPR), a massa seca da parte aérea (MSA) e a massa seca da raiz (MSR). Os dados foram submetidos à análise de variância, seguida de análise de regressão, utilizando o software estatístico R (versão 4.3.0), considerando-se os pressupostos de normalidade, homogeneidade e independência dos resíduos. Os resultados obtidos com a aplicação de boro indicaram influência positiva nas variáveis morfológicas, especialmente no comprimento radicular e da parte aérea, sendo as doses ideais estimadas em 10,07 mg/kg para a raiz e 10,75 mg/kg para a parte aérea. No entanto, doses superiores a essas resultaram em redução do IVG, indicando efeito inibitório no vigor inicial das plântulas. Já no tratamento com o complexo de micronutrientes, observou-se que apenas o IVG foi afetado significativamente, com redução da velocidade de germinação à medida que as doses aumentaram. As demais variáveis fisiológicas e morfológicas não apresentaram diferenças significativas. A testemunha (água destilada) apresentou melhor desempenho em termos de vigor inicial, sugerindo que o excesso de micronutrientes pode comprometer o processo de germinação. Os resultados indicam que, embora a suplementação com micronutrientes seja essencial para o metabolismo e o desenvolvimento das plantas, sua aplicação via tratamento de sementes deve ser realizada com cautela. Doses inadequadas podem interferir negativamente no vigor das plântulas, especialmente nas fases iniciais do crescimento. Conclui-se que o boro, quando aplicado em doses adequadas, pode favorecer o desenvolvimento morfológico da couve manteiga, enquanto o complexo de micronutrientes, apesar de não impactar negativamente a morfologia, demonstrou redução do vigor. Dessa forma, a definição precisa das concentrações utilizadas no tratamento de sementes é fundamental para garantir o sucesso do estabelecimento inicial da cultura no campo.

Palavras-chave: Brasil; Amazônia; Hortaliça; Olericultura; Nutrição; Sementes.

ABSTRACT

The objective of the present study was to evaluate the influence of fertilization with isolated boron and a micronutrient complex on the physiological quality of kale seeds (*Brassica oleracea* L. var. *acephala*). The research was conducted at the Juruti University Campus of the Federal University of Western Pará, under laboratory and greenhouse conditions, using a completely randomized design (CRD), with five treatments and four replications. In the first experiment, seeds were treated with different doses of boron (0, 2, 4, 8, and 16 mg of B per kg of seeds), using commercial boric acid. In the second experiment, different doses of the commercial fertilizer Dripsol Micro (0, 0.02, 0.04, 0.08, and 0.16 g per 10 g of seeds), containing a micronutrient complex, were applied. The variables analyzed included germination index (GI), germination speed index (GSI), emergence speed index (ESI), shoot length (SL), root length (RL), shoot dry mass (SDM), and root dry mass (RDM). Data were subjected to analysis of variance, followed by regression analysis, using the statistical software R (version 4.3.0), considering the assumptions of normality, homogeneity, and independence of residuals. The results obtained from boron application indicated a positive influence on morphological variables, especially root and shoot length, with the optimal doses estimated at 10.07 mg/kg for roots and 10.75 mg/kg for shoots. However, doses above these levels resulted in reduced GSI, indicating an inhibitory effect on the initial seedling vigor. In the treatment with the micronutrient complex, only the GSI was significantly affected, with a decrease in germination speed as the doses increased. The other physiological and morphological variables did not show significant differences. The control (distilled water) showed better performance in terms of initial vigor, suggesting that excess micronutrients may impair the germination process. The results indicate that, although micronutrient supplementation is essential for plant metabolism and development, its application via seed treatment should be done with caution. Inadequate doses may negatively interfere with seedling vigor, especially during the early stages of growth. It is concluded that boron, when applied at appropriate doses, can favor the morphological development of kale, while the micronutrient complex, although not negatively impacting morphology, showed a reduction in vigor. Thus, accurately determining the concentrations used in seed treatment is essential to ensure the successful establishment of the crop in the field.

Keywords: Brazil; Amazon; Vegetable; Horticulture; Nutrition; Seeds.

LISTA DE ILUSTRAÇÃO

Figura 1 - Experimento conduzido em delineamento inteiramente casualizado (DIC), com tratamentos instalados em condições controladas de laboratório (B.O.D.) e em casa de vegetação.	30
Figura 2 - Montagem do experimento com disposição das sementes tratadas em caixas Gerbox para avaliação em condições controladas.	31
Figura 3 - Índice de velocidade de Germinação de sementes de couve tratadas com dosagens crescentes de boro.	35
Figura 4 - Crescimento radicular das sementes de couve tratadas com dosagens crescentes de boro.	36
Figura 5 - Crescimento da parte aérea das sementes de couve tratadas com dosagens crescentes de boro.	37
Figura 6 - Disposição e condução do experimento em casa de vegetação e em laboratório, dos tratamentos em delineamento inteiramente casualizado (DIC).	46
Figura 7 - Germinação de sementes de couve-manteiga tratadas, dispostas em caixa gerbox sob condições controladas em B.O.D.	49
Figura 8 - Índice de velocidade de Germinação de sementes de couve tratadas com dosagens crescentes de micronutrientes.	51

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1** - Tratamento e doses de boro aplicadas via solução de ácido bórico..... 29
- Tabela 2** - Efeito de doses de boro no tratamento de sementes sobre variáveis fisiológicas e morfológicas de plântulas de couve manteiga..... 34
- Tabela 3** - Dosagens por tratamento do produto comercial Dripsol Micro Rexene Equilíbrio..... 46
- Tabela 4** - Efeito do tratamento de sementes com doses do produto comercial Dripsol Micro sobre variáveis fisiológicas e morfológicas de plântulas de couve manteiga..... 53
- Tabela 5** - Efeito de doses de micronutrientes no tratamento de sementes sobre o comprimento da parte aérea e do sistema radicular de plântulas de couve manteiga 53

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	12
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	15
2.1 Cultura da couve: Importância fisiológica e econômica da espécie	15
2.2 Qualidade fisiológica da semente	16
2.3 Tratamentos de sementes	18
2.3.1 Tratamentos de sementes com nutrientes	20
2.3.1.1 Boro (B).....	20
2.3.1.2 Magnésio (Mg)	21
2.3.1.3 Ferro (Fe).....	22
2.3.1.4 Zinco (Zn).....	23
2.3.1.5 Manganês (Mn).....	23
2.3.1.6 Cobre (Cu).....	24
3 CAPITULO 1. Avaliação fisiológica de sementes de couve-manteiga (<i>Brassica oleracea</i> L. var. <i>acephala</i>) sob diferentes doses de boro	26
3.1 INTRODUÇÃO	28
3.2 MATERIAL E MÉTODOS	29
3.2.1 Delineamento experimental e Tratamentos	29
3.2.2 Tratamento de sementes.....	30
3.2.3 Implantação e condução do experimento	30
3.2.4 Variáveis analisadas	32
3.2.4.1 Índice de Germinação (IG).....	32
3.2.4.2 O índice de velocidade de germinação (IVG)	32
3.2.4.3 O comprimento de parte aérea e da raiz	32
3.2.4.4 Massa seca da parte aérea e raiz	33
3.2.4.5 Velocidade de emergência (IVE)	33
3.2.5 Análise estatística	33
3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	34
3.4 CONCLUSÃO	39
REFERENCIA	40
4 CAPITULO 2. Avaliação fisiológica de sementes de couve-manteiga (<i>Brassica oleracea</i> L. var. <i>acephala</i>) tratadas com magnésio e complexo de micronutrientes em diferentes dosagens	42
4.1 INTRODUÇÃO	44
4.2 MATERIAIS E MÉTODOS	45
4.2.3 Tratamento de sementes.....	47
4.2.4 Implantação e condução do experimento	47
4.2.5 Variáveis analisadas	48
4.2.5.1 Índice de Germinação (IG).....	48
4.2.5.2 Índice de velocidade de germinação (IVG).....	49
4.2.5.3 Comprimento de parte aérea e da raiz	50
4.2.5.4 Massa seca da parte aérea e raiz	50
4.2.5.5 Velocidade de emergência (IVE)	50
4.2.6 Análise estatística	50
4.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	51
4.4 CONCLUSÃO	53
REFERENCIA	54
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	57
REFERENCIA	58

1 INTRODUÇÃO

A couve-manteiga (*Brassica oleracea* L. var. *acephala*) é uma hortaliça originária da região costeira do Mediterrâneo e faz parte da família Brassicaceae (Barbosa *et al.*, 2023). Dentre as espécies hortícolas da família, a couve-manteiga (*B. oleracea* L. var. *acephala*) se destaca como aquela que mais se aproxima do seu ancestral, a couve-silvestre (Palhero, 2021).

No Brasil, as couves de folhas lisas são cultivadas predominantemente, com destaque para o grupo manteiga, que é o mais comum. Essas variedades se caracterizam por apresentarem folhas verde-claras, tenras, lisas ou levemente onduladas, com pecíolo e nervuras também de coloração verde-clara (Silva, 2016).

A couve de folha pode ser propagada por sementes ou por mudas, dependendo da cultivar (Trani *et al.*, 2015). Para garantir mudas de qualidade, é essencial monitorar fatores como água, luz, temperatura, nutrientes, oxigênio (O₂), dióxido de carbono (CO₂), genótipo e o tipo de substrato utilizado, garantindo que as plantas expressem todo o seu potencial genético, apesar de ser uma planta que tem características de rusticidade (Oliveira, 2020).

Apesar de ser uma hortaliça característica do outono-inverno, a couve-manteiga pode ser cultivada o ano todo pelos produtores rurais em regiões do Brasil devido sua adaptação e tolerância a clima frio e tropicais, e em casos de temperaturas mais quentes, é recomendado o cultivo com sombreamento (Filgueira, 2008).

Essa espécie pertence à família botânica das Brassicaceae, a qual inclui o repolho, couve-flor, brócolis, couve-de-bruxelas, couve-rábano, rabanete, rúcula, agrião, mostarda e nabo. A produção de hortaliças, especialmente dessas espécies, destaca-se como uma alternativa relevante no setor de olericultura, devido ao grande volume de produção, retorno econômico e na agricultura brasileira (Nascimento, 2016).

A couve-manteiga é uma das hortaliças mais apreciadas na região centro-sul do Brasil. Cultivada tanto em pequenas propriedades quanto em hortas domésticas, ela desempenha um papel significativo na alimentação diária dos brasileiros, contribuindo para uma dieta mais nutritiva (Marcolini *et al.*, 2008). À medida que o cultivo de hortaliças está crescendo cada vez mais, devido a busca por produtos de alta qualidade, tornando-se essencial para garantir espaço no mercado. Com consumidores cada vez mais

exigentes, os produtores enfrentam o desafio de atender às preferências e necessidades do público, adaptando-se às tendências e expectativas (Alves *et al.*, 2017).

O consumo da couve vem se destacando, devido as várias utilizações na culinária e por descobertas científicas recentes que evidenciam suas propriedades nutricionais e medicinais (Cerqueira, 2018). Essa planta é rica em vitamina A e C, ferro, cálcio, alto teor de água e baixo teor de lipídeos, carboidratos, possui alto teor de flavonoides, ácido ascórbico, além de excelente fonte de carotenoides (Alves *et al.*, 2020).

Além disso, a germinação das sementes é um processo fisiológico essencial para a propagação de diversas espécies, tendo grande importância tanto do ponto de vista ecológico quanto agrícola (Ternus *et al.*, 2020). A escolha de sementes com procedência confiável é um fator essencial para garantir a sanidade e a qualidade das hortaliças, influenciando diretamente tanto no desenvolvimento do cultivo quanto na obtenção de uma colheita com alta produtividade (Espíndola *et al.*, 2020).

A qualidade fisiológica e a produção das sementes são fundamentais para o estabelecimento da cultura, pois influenciam diretamente seu desenvolvimento, considerando que esta apresenta um ciclo de desenvolvimento curto e a formação de novas estruturas, o que intensifica a necessidade de nutrientes (Cardoso *et al.*, 2016). Para culturas onde o produto final é colhido ainda no estágio vegetativo, práticas de manejo ou tratamentos que acelerem o intervalo entre a semeadura e o estabelecimento das plântulas no campo podem proporcionar avanços significativos em rendimento e qualidade da produção.

Nesse contexto, o condicionamento fisiológico de sementes de hortaliças surge como uma técnica promissora, pois melhora o desempenho das sementes, especialmente em condições adversas, e facilita a obtenção de mudas uniformes e vigorosas em menos tempo (Costa *et al.*, 2013). Assim, uma estratégia para aumentar a produção da hortaliça é a utilização de fontes de fertilizantes que contenham macro e micronutrientes disponíveis, que atendam a necessidade da cultura para o desenvolvimento da couve-manteiga (Silva *et al.*, 2022).

Os micronutrientes podem ser aplicados de diferentes formas: diretamente no solo, via fertirrigação, por adubação foliar ou no tratamento das sementes (Gonçalves *et al.*, 2019). Com o aumento da demanda e do consumo da couve-manteiga, os produtores devem estar atentos aos fatores de produção, especialmente à adubação, para garantir produtos de qualidade. Dessa forma, é fundamental o fornecimento adequado de

nutrientes essenciais para o crescimento e desenvolvimento das plantas (Oliveira *et al.*, 2019).

Diante disso, o objetivo deste trabalho foi em avaliar a germinação, o crescimento inicial e a qualidade fisiológica de sementes de couve-manteiga submetidas a diferentes dosagens de dois tratamentos distintos: o complexo de micronutrientes DRIPSOL MICRO e o boro isolado. A proposta visa investigar o potencial desses insumos no aprimoramento fisiológico das sementes, buscando, conseqüentemente, melhorias no desenvolvimento inicial da cultura.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Cultura da couve: Importância fisiológica e econômica da espécie

A couve-manteiga (*B. oleracea* L. var. *acephala*) é uma hortaliça arbustiva, anual ou bienal, pertencente à família Brassicaceae, cujo consumo no Brasil tem gradativamente aumentado devido, provavelmente, às novas maneiras de utilização na culinária e às descobertas da ciência quanto às suas propriedades nutricêuticas (Blat *et al.*, 2010). Essa cultura apresenta grande valor econômico e tem se destacado no cotidiano por sua demanda de consumo devido às suas propriedades nutritivas (Pacheco *et al.*, 2024). O cultivo de brássicas tem ganhado importância na olericultura orgânica brasileira, em virtude do elevado volume de produção, ao retorno econômico propiciado e ao valor nutricional das culturas (Steiner, 2009).

A família Brassicaceae compreende cerca de 4.000 espécies distribuídas em aproximadamente 400 gêneros, sendo considerada uma das mais numerosas entre as dicotiledôneas (Koch *et al.*, 2001; Silva *et al.*, 2017), destacando-se na região centro-sul. Abrange o maior número de espécies hortícolas, com plantas de variados usos, seja alimentos *in natura* ou industrializados, ou como plantas forrageiras, medicinais e ornamentais (Souza, 2024).

Dentre as Brássicas, a couve-manteiga destaca-se na olericultura nacional, com um volume de produção significativo, alcançando cerca de 161.986 toneladas anuais, conforme apontado pelo Censo Agropecuário (IBGE, 2017). A produção de hortaliças tem um papel relevante na agricultura e economia brasileira. Essa cultura tem estado presente, principalmente, na agricultura familiar, devido à sua facilidade de propagação. Além disso, as hortaliças são valorizadas pela população por sua diversidade de aparência, cor e textura das folhas (Trani *et al.*, 2015).

Segundo Fernandes (2023), a couve é amplamente cultivada no Brasil devido à sua resistência às variações climáticas, facilidade de cultivo e baixo custo, estando disponível no mercado durante todo o ano. Destaca-se por apresentar altas concentrações de cálcio, ferro e fósforo, além de vitaminas A, C e do complexo B, sendo também rica em fibras (Steiner *et al.*, 2009).

De acordo com Duarte (2016), a cultura da couve de folha é principalmente propagada por sementes necessitando de pouca adubação demandando apenas uma suplementação com elementos boro juntamente com fertilizantes no plantio e

pulverizações complementares mensais, e molibdênio por aplicação foliar na forma de molibdato de sódio ou molibdato de amônio. Não forma cabeça, suas folhas são distribuídas ao redor do caule, em forma de roseta. As folhas apresentam limbo bem desenvolvido, arredondado, com pecíolo longo e nervuras bem destacadas (Cerqueira, 2018).

A produtividade média da couve variou entre 3 e 5 kg de folhas por planta, ao longo de um ciclo de 6 a 8 meses, conforme mencionado por Trani (2015) e Ramos (2021), sua comercialização acontece em maços de cerca de 400 g ou através do sistema de semi processamento, onde as folhas são picadas, higienizadas e acondicionadas em bandejas, agregando um valor superior ao produto. A colheita da couve é realizada a cada 7 a 10 dias na mesma planta, por meio da retirada das folhas bem desenvolvidas, com comprimento entre 20 e 30 cm, conforme as exigências do mercado. A colheita deve ser feita puxando os pecíolos para baixo, a fim de destacá-los no ponto de inserção com o caule (Ramos, 2021).

O consumo da couve tem se popularizado por ter um cultivo fácil e ser tolerante a condições climáticas desfavoráveis, mostrando-se tolerante a variações climáticas, como seca, alta e baixa temperatura, sendo umas das razões pela qual é cultivada em praticamente todos os terrenos para cultivo, além de seu baixo custo (Fernandes, 2023). De acordo com Ferreira *et al.*, (2022), as hortaliças são plantas de ciclo curto ou médio que demandam grandes quantidades de fertilizantes minerais em períodos relativamente curtos, a fim de suprir suas necessidades nutricionais. A cultura é exigente em boro, sendo recomendado de 3 a 4 kg ha⁻¹ de boro no plantio e três aplicações foliar com ácido bórico a 0,1% (Trani *et al.*, 1997).

2.2 Qualidade fisiológica da semente

A qualidade fisiológica das sementes depende das características genéticas herdadas dos progenitores, bem como das condições ambientais e dos processos de colheita, secagem e armazenamento. Além disso, fatores como germinação e vigor são diretamente influenciados pelas condições ambientais, bem como pelos processos de colheita, secagem, tratamento, armazenamento, processamento e embalagem (Andrade *et al.*, 2001).

A alta qualidade de sementes se reveste de grande importância, principalmente quanto à necessidade de garantir um estande ideal de plantas (Lopes *et al.*, 2014). O vigor influencia diretamente o desenvolvimento inicial da planta e pode ser influenciado pelo manejo da adubação na cultura e condições ambientais durante o desenvolvimento das sementes (Nakao *et al.*, 2018).

A integridade fisiológica das sementes de couve-manteiga é dependente da disponibilidade de nutrientes na lavoura, pois afeta a formação do embrião e dos órgãos de reserva, assim como a composição química e, conseqüentemente, o vigor (Carvalho; Nakagawa, 2012, Sousa *et al.*, 2020). Segundo Lima *et al.* (2005), a germinação pode ser simplificada em processos iniciais, incluindo a embebição da semente e a ativação do metabolismo. Posteriormente, ocorre o rompimento do tegumento, seguido pela emissão da radícula e pelo crescimento da plântula.

A utilização de sementes de alta qualidade desempenha um papel crucial no sucesso das culturas, pois garante o transporte de todo o potencial genético da cultivar e assegura uma distribuição espacial adequada das plantas no terreno (AMARO *et al.*, 2015). Além disso, o vigor é caracterizado como a soma das propriedades que determinam o nível potencial de atividade e desempenho de uma semente ou de um lote de sementes durante a germinação e a emergência da plântula.

A produção e a qualidade fisiológica das sementes são de grande importância para o estabelecimento da cultura, dado que ela apresenta um ciclo de desenvolvimento mais longo e uma maior demanda por nutrientes. De acordo com Souza (2015), o fornecimento de micronutrientes requer atenção especial, pois esses nutrientes desempenham um papel crucial nas fases de formação e maturação das sementes. Mesmo sendo necessários em pequenas quantidades, sua ausência pode causar uma redução significativa na qualidade das sementes, além de impactar negativamente a produtividade da cultura.

Com a introdução de novas tecnologias, a olericultura brasileira tem avançado significativamente nos últimos anos. A busca dos agricultores por maior produtividade e melhor qualidade dos produtos hortícolas tornou as sementes de alta qualidade um elemento fundamental para o sucesso dos sistemas de produção (Mello *et al.*, 1999).

Conforme mencionado por Silva (2012), durante o processo de germinação, as sementes geralmente enfrentam diversas condições edafoclimáticas, sobre as quais o produtor não tem controle absoluto. Nessas circunstâncias, a qualidade das sementes empregadas na semeadura torna-se crucial para garantir a emergência das plântulas no

campo e assegurar um estande uniforme. Nesse contexto, o vigor se destaca por englobar todas as características das sementes que contribuem para uma germinação eficiente e para o desenvolvimento adequado das plântulas em condições de campo (Pêgo, 2011).

A qualidade das sementes pode ser determinada por vários testes, como o teste de germinação, o qual é conduzido sob condições controladas, sendo muito útil para avaliar a capacidade de germinação. No entanto, não subsidia informações sobre o vigor das sementes (Bewley; Black, 1994, Guedes *et al.*, 2008). Para uma avaliação completa da qualidade das sementes, é necessário complementar os dados obtidos no teste de germinação com testes de vigor, que permitem a seleção dos lotes com melhor desempenho para fins de comercialização (Dias *et al.*, 2006).

2.3 Tratamentos de sementes

O tratamento de sementes consiste na aplicação de estimulantes, inseticidas, inoculantes, fungicidas, micronutrientes ou produtos biológicos, com o objetivo de preservar ou melhorar o desempenho das sementes. Esse processo é essencial para que as culturas expressem seu potencial genético por completo (Menten *et al.*, 2010). Ele se baseia no princípio da translocação para a planta.

De maneira geral, o tratamento de sementes pode ser dividido em dois principais aspectos: o tratamento sanitário ou protetor, que tem como objetivo o controle de pragas e doenças, e o tratamento funcional, que busca assegurar o desempenho das sementes por meio de produtos ou processos que não possuem propriedades biocida (Amaro, 2020).

Essa estratégia é eficaz na promoção do desenvolvimento das plantas e na redução de adversidades que comprometem ou diminuem as taxas de germinação e emergência. Essa técnica possui um grande potencial de aplicação na agricultura, especialmente por seu papel no aumento do crescimento das plantas, mesmo sob condições adversas ou limitantes (Nabti *et al.*, 2010). Entre as diversas estratégias para alcançar melhores resultados no campo, destaca-se o tratamento de sementes. Essa prática oferece proteção tanto às sementes quanto às plântulas nas fases iniciais de desenvolvimento e estabelecimento. Além disso, o fornecimento de nutrientes por meio do tratamento de sementes assegura uma aplicação uniforme e contribui para o uso racional de reservas naturais não renováveis, devido às pequenas quantidades necessárias (Vicente, 2021).

Segundo Souza (2024), um método de adicionar nutrientes às culturas é o tratamento de sementes, que apresenta vantagens como melhor uniformidade de aplicação, bom aproveitamento pela planta e, principalmente, redução dos custos de aplicação. A incorporação de novas tecnologias no setor de sementes de hortaliças, como o uso de aditivos no tratamento de sementes, pode contribuir significativamente para o processo produtivo, promovendo melhorias na germinação, no vigor das sementes e, conseqüentemente, na qualidade das mudas (Albuquerque *et al.*, 2009).

O uso de fertilizantes líquidos contendo micronutrientes também vem ganhando importância na agricultura. Eles são aderidos na semente para minimizar problemas de deficiência de micronutrientes durante os processos de germinação, desenvolvimento e produção (Martins *et al.*, 2016). As hortaliças de modo geral, são plantas que exigem um alto nível de fertilidade nos solos. Essa demanda é suprida com o uso de fertilizantes minerais, cuja absorção ocorre na seguinte ordem: macronutrientes (K > N > Ca > S > Mg > P) e micronutrientes (Fe > Zn > Mn > B > Cu > Mo) (May *et al.*, 2007, Nascimento, 2024). Em sistemas convencionais utilizam-se fertilizantes químicos a fim de garantir os nutrientes necessários para o bom desenvolvimento das plantas (Silva, 2021).

O tratamento de sementes através da imersão das sementes em soluções com micronutrientes vem recebendo o nome também de nutricaocondicionamento sendo uma alternativa simples e interessante, pois tem demonstrado que favorece o estabelecimento das plântulas, assim como o rendimento das sementes (Farooq *et al.*, 2012, Almeida, 2025).

O fornecimento de micronutrientes pode ser feito por meio de aplicação foliar ou através de tratamento pré-semeadura, que consiste na imersão das sementes em uma solução com concentração previamente determinada de um micronutriente específico, durante um período estipulado. Além disso, os micronutrientes podem ser adicionados diretamente às sementes no momento da semeadura ou aplicados por meio do processo de peletização (Almeida *et al.*, 2014).

Conforme Yamada (1996), o interesse pelos micronutrientes na agricultura brasileira, sob a perspectiva de pesquisas, remonta à década de 1950. Nesse período, estudos conduzidos pelo IAC e pelo Instituto de Pesquisa IRI-IBEC, com apoio da Fundação Rockefeller, identificaram respostas positivas das culturas aos micronutrientes. De acordo com Amaro *et al.*, (2020), o tratamento de sementes tem se destacado como uma alternativa eficiente para manter e/ou aprimorar a qualidade das sementes, seja no

aspecto fisiológico, sanitário ou de armazenabilidade, consolidando-se como uma prática indispensável em determinadas situações.

2.3.1 Tratamentos de sementes com nutrientes

As espécies hortícolas são altamente suscetíveis às deficiências minerais, devido ao seu rápido crescimento, ciclo vegetativo curto e alta produção (Haag; Homa, 1969). Os nutrientes essenciais às plantas são classificados em macronutrientes e micronutrientes, conforme a quantidade presente nos tecidos vegetais. De acordo com Castro (2021), os nutrientes encontrados em maiores concentrações são chamados de macronutrientes, sendo eles: nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg) e enxofre (S).

Conforme destacado por Prado *et al.* (2010), os sintomas de deficiência ou toxidez variam de acordo com o nutriente envolvido, levando em consideração sua função específica e mobilidade dentro da planta. Nutrientes mais móveis, como os macronutrientes primários (N, P, K) e o secundário magnésio (Mg), tendem a apresentar sintomas inicialmente nas folhas mais velhas. A adequada disponibilidade de macronutrientes é essencial para garantir a produção de sementes de alta qualidade (Luciano *et al.*, 2024).

A deficiência desses elementos pode comprometer o desenvolvimento das sementes, afetando negativamente sua germinação, vigor e uniformidade, o que impacta diretamente a produtividade agrícola (Luciano *et al.*, 2024). Embora a nutrição mineral desempenhe um papel fundamental no rendimento e na qualidade fisiológica das sementes, o uso de fertilizantes tem sido, em grande parte, orientado por estudos voltados às culturas destinadas ao consumo (Oliveira *et al.*, 2006).

2.3.1.1 Boro (B)

O Boro está relacionado a uma série de processos fisiológicos das plantas tais como: transporte de açúcar; síntese da parede celular; lignificação; estrutura da parede celular; respiração; metabolismo de carboidratos; metabolismo de RNA; metabolismo de ácido indolacético; metabolismo de compostos fenólicos; metabolismo de ascorbato; fixação de nitrogênio; e diminuição da toxicidade de alumínio (Alves, 2009).

Nesse contexto, a deficiência de boro pode levar à paralisação do alongamento das raízes, resultado da interrupção da divisão celular nas regiões meristemáticas, uma vez que o boro atua como regulador desse processo (Souza, 2024). Assim sendo, o boro é um micronutriente essencial para o desenvolvimento das plantas e pode ser fornecido por meio do tratamento de sementes, sendo sua principal função relacionada à estrutura da parede celular, especialmente às substâncias pécticas presentes na lamela média (Souza, 2024). Contudo, ele é caracterizado por sua baixa mobilidade dentro da planta. Os sintomas de sua deficiência tendem a se manifestar primeiramente nos tecidos jovens, onde sua presença é crucial para o desenvolvimento saudável (Rabaioli *et al.*, 2021)

Quando ocorre deficiência de boro, o alongamento das raízes pode ser interrompido devido à falta de divisão das células meristemáticas, já que esse micronutriente atua como regulador da divisão celular. Para suprir as exigências das hortaliças quanto ao boro, ele pode ser aplicado via semente, solo ou pulverização foliar (Gondim, 2009). Conforme Malavolta (2006) e Prado (2008), o boro é essencial para o crescimento celular, sobretudo nas partes jovens da planta, como gemas, meristemas apicais e estruturas reprodutivas, que ainda não passaram pelo processo de maturação.

A deficiência de boro compromete o funcionamento dos estômatos, reduz a taxa fotossintética e pode diminuir os teores de clorofila. Assim, o boro se mostra essencial para a fotossíntese, atuando no transporte de carboidratos necessários ao crescimento das raízes. Além disso, participa da constituição da parede celular e contribui para a integridade da membrana plasmática (Wimmer *et al.*, 2013). Em espécies do gênero Brassica, a deficiência de boro causa sintomas característicos, como necrose preta nas folhas jovens e gemas terminais, caules rígidos e quebradiços, perda da dominância apical (levando ao aumento da ramificação), além de necrose nos ápices terminais, frutos, raízes carnosas e tubérculos (Cavalli *et al.*, 2019).

2.3.1.2 Magnésio (Mg)

O magnésio também ativa enzimas envolvidas no transporte eletrônico terminal da respiração. Durante a germinação, por exemplo, a degradação das reservas energéticas pelas enzimas e a geração de energia necessária para a formação de novos tecidos dependem da respiração celular, na qual diversas enzimas participam da transferência de grupamentos fosfato (Viana, 2020). Além disso, o magnésio exerce função essencial no

metabolismo intracelular das plantas, atuando como cofator enzimático e contribuindo para a regulação de diversas atividades metabólicas. É também fundamental para a síntese da clorofila, molécula responsável pela fotossíntese e pela coloração verde característica das plantas (Nezarat *et al.*, 2018; Oliveira *et al.*, 2024).

Segundo Mello *et al.* (2017), o magnésio é constituinte de várias moléculas essenciais ao metabolismo vegetal, como proteínas, enzimas e clorofila, sendo esta última indispensável para a realização da fotossíntese. A forma absorvível do magnésio pelas plantas é o íon Mg^{2+} , transportado tanto pelo xilema quanto pelo floema. A principal via de acesso do magnésio às raízes ocorre por interceptação radicular e fluxo de massa (Mello *et al.*, 2017). Quando há deficiência desse nutriente, as folhas mais jovens podem apresentar coloração verde-escura, surgimento de manchas necróticas e, em casos mais severos, ocorrer a queda prematura das folhas (Hansel *et al.*, 2016).

A deficiência de magnésio prejudica o desenvolvimento vegetal, impactando processos essenciais como a fixação de CO_2 , a fotossíntese e o metabolismo energético. Essa limitação compromete reações enzimáticas importantes, como a fosforilação responsável pela regeneração da ribulose difosfato, açúcar que aceita o CO_2 durante a fotossíntese além de interferir na ativação da enzima associada a esse processo (Bruning *et al.*, 2023).

2.3.1.3 Ferro (Fe)

O ferro é um dos metais mais versáteis encontrados na biologia. Classificado como um metal de transição, destaca-se por sua capacidade de doar e receber elétrons, o que lhe permite alternar entre diferentes estados de oxidação. Essa característica o torna essencial em diversas reações bioquímicas que envolvem transferência de elétrons (Souto, 2015). Nas plantas, o ferro é essencial para processos celulares como a respiração, a biossíntese de clorofila e a fotossíntese. Além disso, atua como cofator em enzimas envolvidas na transferência de elétrons ou de oxigênio (Kobayashi *et al.*, 2019).

Embora o ferro seja abundante nos solos, sua deficiência pode ocorrer porque apenas uma pequena fração está disponível para absorção pelas plantas. O ferro no solo pode estar presente nas formas divalente (Fe^{2+}) ou trivalente (Fe^{3+}), dependendo do estado de oxirredução do ambiente (Mello *et al.*, 2017). A forma iônica absorvida pelas plantas é o ferro na forma ferrosa (Fe^{2+}) (Giracca; Nunes, 2010).

2.3.1.4 Zinco (Zn)

O zinco é um micronutriente essencial que exerce um papel fundamental tanto no desenvolvimento das plantas quanto na saúde humana. Nas plantas, o Zn atua como cofator de diversas enzimas envolvidas em processos vitais como a fotossíntese, a respiração, a fermentação e a síntese de auxinas, hormônio vegetal responsável pelo crescimento (Mello *et al.*, 2017).

Esse micronutriente é absorvido na forma de Zn^{2+} , sendo assimilado pelas raízes e folhas, apesar da sua mobilidade reduzida dentro da planta. Durante a germinação das sementes, o zinco exerce uma influência positiva ao promover modificações bioquímicas que favorecem esse processo. Destaca-se, nesse contexto, como um elemento essencial para acelerar o crescimento da radícula, contribuindo significativamente para o desenvolvimento inicial da planta (Lemes *et al.*, 2017).

A aplicação de zinco diretamente nas sementes tem se mostrado eficiente, garantindo sua disponibilidade nas fases iniciais do crescimento da cultura (Tunes *et al.*, 2012). A deficiência de Zn nas plantas pode causar uma série de sintomas, como atraso no desenvolvimento, encurtamento dos entrenós e redução na formação de novas folhas, resultando em plantas com porte reduzido e estrutura deformada.

2.3.1.5 Manganês (Mn)

O manganês (Mn) é um micronutriente essencial para o crescimento e o desenvolvimento das plantas (Bastos *et al.*, 2007). Seu papel na nutrição vegetal é extremamente significativo, atuando em diversos processos metabólicos. Tanto a deficiência quanto o excesso de manganês podem prejudicar o cultivo, resultando em perdas significativas de produtividade (Lopes, 1999).

Esse elemento exerce funções vitais na fotossíntese, como na síntese de clorofila, ativação enzimática e participação na fotólise da água, sendo essencial para o funcionamento do fotossistema II (Mello *et al.*, 2017; Lopes, 2022). As plantas absorvem o manganês principalmente na forma divalente (Mn^{2+}), não sendo capaz de absorver a forma tetravalente (Mn^{4+}), e ainda não há evidências conclusivas quanto à absorção da forma trivalente (Mn^{3+}).

A deficiência de manganês compromete a fotossíntese, reduzindo a produção de carboidratos solúveis e interferindo no transporte de elétrons. Além disso, o manganês

tem papel essencial na proteção celular contra danos oxidativos. Sua carência resulta na redução da elongação celular, limitando o crescimento das plantas. Também afeta negativamente a respiração celular, uma vez que é fundamental para a ativação de enzimas envolvidas na glicólise e no ciclo do ácido cítrico (Hernandes, 2009).

2.3.1.6 Cobre (Cu)

A aplicação exógena de determinados nutrientes pode favorecer tanto a germinação quanto o desenvolvimento das plântulas, como é o caso do uso do cobre (Ruffo, 2023). O tratamento de sementes com micronutrientes baseia-se no princípio da translocação desses elementos da semente para a planta. Nesse contexto, o cobre desempenha um papel essencial no desenvolvimento vegetal, atuando como componente estrutural e metabólico em diversos processos fisiológicos (Araújo, 2019).

Embora seja necessário em pequenas quantidades, o cobre é essencial para que a planta complete seu ciclo vegetativo. A deficiência desse micronutriente pode provocar redução significativa na produtividade (Luchese *et al.*, 2004). O fornecimento de cobre nas culturas pode ser realizado de diferentes maneiras: diretamente no solo, por meio de adubos; via adubação foliar; ou pelo tratamento de sementes.

Segundo Mello *et al.*, (2017), o cobre presente nas plantas está, em sua maioria, associado a enzimas que participam da fotossíntese, influenciando especialmente a atividade do fotossistema I. Esse micronutriente é absorvido pelas plantas principalmente na forma iônica (Cu^{2+}) ou como quelato (Giracca; Nunes, 2010). Entre os benefícios do cobre para as plantas, destacam-se o aumento da resistência a doenças, o maior vigor vegetativo e a redução da queda de folhas, sugerindo uma possível interação com hormônios vegetais (Garcia *et al.*, 2009).

2.3.1.7 Molibdênio (Mo)

O molibdênio (Mo) é um micronutriente essencial para as plantas. Apesar de ser exigido em pequenas quantidades, desempenha funções fundamentais como cofator enzimático em diversas reações metabólicas, especialmente aquelas relacionadas ao metabolismo do nitrogênio e do enxofre, além de participar do transporte de elétrons durante processos bioquímicos (Malavolta, 2006; Alves, 2022).

Esse elemento está presente em, pelo menos, cinco enzimas distintas: a nitrogenase, a redutase do nitrato, a oxidase de aldeído, a oxidase de sulfato e a oxidase de xantina. Essas enzimas catalisam reações essenciais, sobretudo em processos de transferência de elétrons, sendo, portanto, indispensáveis para o funcionamento adequado do metabolismo vegetal (Oliveira *et al.*, 2017). Embora as quantidades de molibdênio requeridas pelas plantas sejam reduzidas, sua aplicação se mostra necessária para o bom desempenho das culturas. A aplicação via semente é considerada uma das formas mais práticas e eficazes de adubação (Marcondes *et al.*, 2005). De acordo com Alves *et al.*, (2022), o molibdênio pode ser fornecido às plantas de três formas principais: via semente, solo e foliar.

Fonseca (2006) destaca que o molibdênio influencia diretamente o crescimento e o desenvolvimento vegetal, especialmente por sua atuação como cofator das enzimas nitrogenase e redutase do nitrato, que afetam o metabolismo do nitrogênio. Segundo Dechen e Nachtigall (2006), a função fisiológica do molibdênio está diretamente relacionada ao metabolismo do nitrogênio nas plantas, como na fixação biológica do nitrogênio (via nitrogenase), assimilação do nitrato (via redutase do nitrato) e na síntese de proteínas.

3 CAPÍTULO 1. Avaliação fisiológica de sementes de couve-manteiga (*Brassica oleracea* L. var. *acephala*) sob diferentes doses de boro

RESUMO

O objetivo do presente estudo foi avaliar os efeitos fisiológicos e morfológicos da aplicação de diferentes doses de boro no tratamento de sementes de couve manteiga (*Brassica oleracea* L. var. *acephala*), visando determinar a dose ideal para promover o vigor e o desenvolvimento inicial das plântulas. O experimento foi conduzido no *Campus* Universitário de Juruti, da UFOPA, utilizando o delineamento inteiramente casualizado, com cinco tratamentos: 0, 2, 4, 8 e 16 mg de B por kg^{-1} de semente, e quatro repetições cada. As variáveis analisadas foram: índice de germinação (IG), índice de velocidade de germinação (IVG), índice de velocidade de emergência (IVE), comprimento da parte aérea (CPA), comprimento da raiz (CPR), massa seca da parte aérea (MSA) e massa seca da raiz (MSR). Os dados foram submetidos aos requisitos da análise de variância, que incluíam normalidade, homogeneidade e independência, utilizando um nível de significância de $p \geq 0,05$. Para garantir rigor e precisão nos resultados, a determinação dos parâmetros dos modelos, a análise de resíduos e a verificação da qualidade do ajuste foram realizadas utilizando o software estatístico R, versão 4.3.0. Os resultados demonstraram que o boro influenciou positivamente o IVG, o CPA e o CPR. As doses de 8 e 16 mg de B kg^{-1} apresentaram os maiores valores de comprimento radicular, sendo a dose ideal estimada em 10,07 mg kg^{-1} , e a dose ideal para o comprimento aéreo é de 10,75 mg de B por kg^{-1} de semente. Por outro lado, doses mais elevadas reduziram a velocidade de germinação. Conclui-se que o boro pode favorecer o crescimento morfológico das plântulas, mas seu uso em excesso compromete o vigor inicial, sendo essencial a escolha criteriosa da dosagem no tratamento de sementes.

Palavras-chave: Hortaliças; Tratamento de sementes; Boro; Crescimento inicial.

ABSTRACT

The objective of the present study was to evaluate the physiological and morphological effects of applying different doses of boron in the seed treatment of kale (*Brassica oleracea* L. var. *acephala*), aiming to determine the ideal dose to promote seedling vigor and initial development. The experiment was conducted at the University *Campus* of Juruti, at UFOPA, using a completely randomized design (CRD), with five treatments: 0, 2, 4, 8, and 16 mg of B per kg of seeds, and four replications each. The variables analyzed were: germination index (GI), germination speed index (GSI), emergence speed index (ESI), shoot length (SL), root length (RL), shoot dry mass (SDM), and root dry mass (RDM). The data were subjected to the assumptions of analysis of variance, including normality, homogeneity, and independence, using a significance level of $p \geq 0.05$. To ensure rigor and accuracy in the results, the determination of model parameters, residual analysis, and assessment of model fit quality were performed using the statistical software R, version 4.3.0. The results showed that boron positively influenced GSI, SL, and RL. The doses of 8 and 16 mg of B per kg showed the highest root length values, with the ideal dose estimated at 10.07 mg/kg, and the ideal dose for shoot length at 10.75 mg of B per kg of seeds. On the other hand, higher doses reduced the germination speed. It is concluded that boron can favor the morphological growth of seedlings, but its excessive use compromises initial vigor, making it essential to carefully choose the appropriate dosage in seed treatment.

Keywords: Vegetables; Seed treatment; Boron; Early growth.

3.1 INTRODUÇÃO

O boro (B) é um micronutriente essencial para o desenvolvimento das plantas, contudo a faixa entre deficiência e toxicidade nos solos é muito estreita. De acordo com Silva e Ferreyra (1998), entre os micronutrientes, o boro é o que mais frequentemente se acha deficiente em solos brasileiros, sendo crescente o número de casos de culturas que mostram sintomas visuais de deficiência. Segundo Pessenti *et al.* (2021), o boro tem baixa mobilidade no floema, fazendo com que sua deficiência se manifeste principalmente nos tecidos jovens ou recém-formados.

O conhecimento da mobilidade dos nutrientes na planta favorece a escolha do tipo de manejo que será feito na correção ou na prevenção da sua deficiência. As *brássicas* são hortaliças exigentes no micronutriente boro, e para atender à exigência nutricional nesse nutriente, o seu fornecimento pode ser via semente, solo e foliar. (Alves, 2009).

Segundo Dupas (2012), na planta o boro atua principalmente no crescimento e no alongamento celular, participando de diversos processos como o transporte de açúcares, a lignificação, a estrutura da parede celular, o metabolismo de carboidratos, o metabolismo de RNA, a respiração, o metabolismo do AIA, o metabolismo fenólico, o metabolismo de ascorbato, além de ter função também na síntese da parede celular e integridade da membrana plasmática.

A deficiência de boro nas plantas pode resultar em um desenvolvimento irregular e na má formação do embrião. Além disso, afeta o sistema radicular e as folhas, levando ao engrossamento, enrugamento e clorose internerval. As pontas foliares podem se curvar para baixo, os internódios tornam-se mais curtos e, em casos severos, os pontos de crescimento podem morrer. Também há impactos na floração, que pode ser retardada, dificultando a polinização e comprometendo a formação de vagens e grãos (Santos, 2016; Mariott, 2022).

Nesse contexto, o objetivo desse experimento foi avaliar como diferentes doses de boro aplicadas no tratamento de sementes afetam a qualidade fisiológica e o desenvolvimento inicial das plântulas de couve manteiga, visando identificar a dose ideal para otimizar o vigor e o estabelecimento das plantas.

3.2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no Laboratório de Microscopia e em Casa de Vegetação, no *Campus* Universitário de Juruti, na Universidade Federal do Oeste do Pará (CJUR/UFOPA - 2°08'58"S, e 56°04'53"W). As sementes de couve manteiga (*B. oleracea* L. var. *acephala*) utilizadas no estudo pertenciam ao lote 00051022210000010, proveniente da safra 2022/2023.

As sementes foram submetidas a diferentes dosagens de micronutriente sendo utilizado o produto comercial Fertilizante Mineral Simples em Solução de Ácido Bórico – Boro10[®], marca: Codipa Fertilizantes. Com a concentração de 10% de Boro PP e densidade de 1, 28g mL⁻¹. Este produto possui uma alta capacidade de absorção pela planta devido a sua forma iônica.

3.2.1 Delineamento experimental e Tratamentos

O experimento seguiu um delineamento inteiramente casualizado, com cinco tratamentos de dosagens crescentes (Tabela 1). Em um estudo realizado por Nascimento *et al.* (2015), foram testadas duas fontes de boro ácido bórico e octaborato de sódio tetrahidratado aplicadas em cinco diferentes doses (0; 0,5; 1,0; 1,5 e 2,0 mg kg⁻¹ de solo) em cultivares de couve-flor Piracicaba Precoce. Os resultados indicaram que o ácido bórico, independentemente da dose, proporcionou maiores massas fresca e seca das plantas.

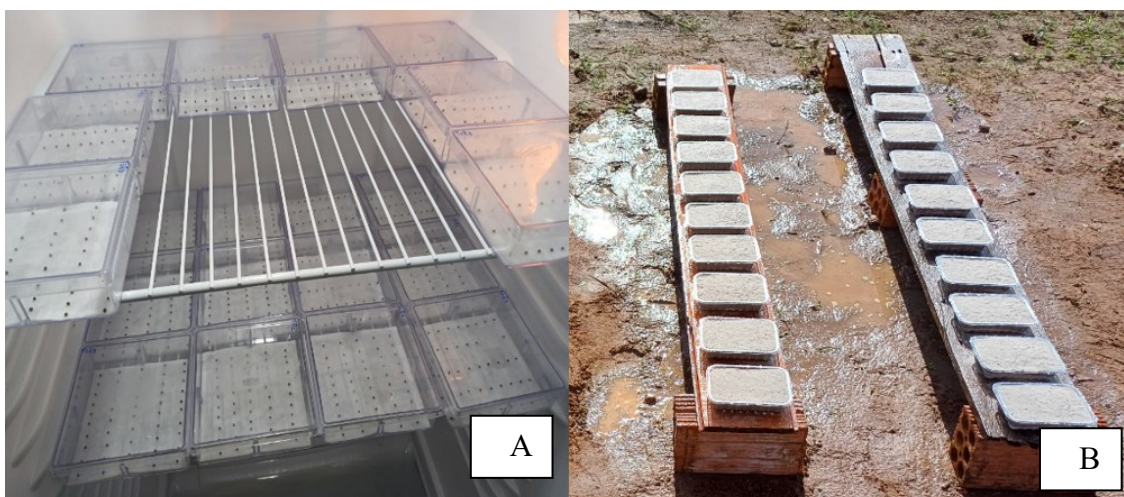
Tabela 1 - Tratamento e doses de boro aplicadas via solução de ácido bórico.

TRATAMENTOS	DOSES
T1	Testemunha (água destilada)
T2	2 mg B kg ⁻¹ de semente
T3	4 mg B kg ⁻¹ de semente
T4	8 mg B kg ⁻¹ de semente
T5	16 mg B kg ⁻¹ de semente

Fonte: Autoras, 2024

Cada tratamento teve quatro repetições, com 50 sementes por repetição, totalizando 20 unidades experimentais no experimento (Figura 1).

Figura 1 - Experimento conduzido em delineamento inteiramente casualizado (DIC). A - Tratamentos instalados em condições controladas de laboratório (B.O.D.). B – Tratamentos em casa de vegetação.



Fonte: Autoras, 2024

3.2.2 Tratamento de sementes

Em relação às sementes, foram utilizadas 10 g em cada tratamento, o que correspondeu a aproximadamente 2.500 sementes. A calda foi preparada na proporção de 5 ml/ 100 g de sementes. Para o preparo das soluções nutritivas, foram utilizadas diferentes diluições, que consistiram nos cinco tratamentos especificados na Tabela 1.

As doses dos tratamentos foram diluídas em água destilada, ajustando-se o volume final para 5 ml, e aplicadas sobre as sementes. As sementes tratadas foram acondicionadas em sacos plásticos com capacidade de 2 kg. Em seguida, elas foram colocadas para secar à sombra, em ambiente de laboratório.

3.2.3 Implantação e condução do experimento

Após o tratamento, as sementes foram colocadas para germinar sobre duas folhas de papel germitest, previamente umedecidas com 80 ml de água destilada equivalente a 2,5 vezes o peso seco do papel que foi de 31,35 g, organizado no interior de caixas gerbox de tamanho 11x11cm (Figura2). As sementes foram acondicionadas em B.O.D (Biochemical Oxygen Demand) sob temperatura de 20°C na presença de luz constante e feita avaliações diárias, sendo a primeira contagem no quinto dia e a contagem final no décimo dia.

Figura 2 - Montagem do experimento com disposição das sementes tratadas em caixas Gerbox para avaliação em condições controladas.



Fonte: Autoras, 2024

Além do experimento em laboratório, foi montado um outro em casa de vegetação, onde foram semeadas 50 sementes por repetição, que foram distribuídas em sulcos com 2 cm de profundidade e 2 cm entre si, O experimento foi conduzido em bandejas de plástico transparente com capacidade de 600 mL e dimensões de 20x14x3,5 cm, previamente lavadas e esterilizadas na estufa a 80°C por 72 horas, e preenchidas com areia tratada. A contagem das plântulas emergidas foi feita diariamente até o décimo dia, considerando como emergidas aquelas cujo coleóptilo ultrapassou a superfície do solo.

Ao final do experimento, foram obtidos os dados das seguintes variáveis: germinação, índice de velocidade de germinação (IVG), índice de velocidade de emergência (IVE), comprimento das plântulas, massa seca das plântulas, além da avaliação da uniformidade de emergência e do desenvolvimento inicial das plântulas.

As avaliações foram efetuadas de acordo com os critérios estabelecidos na Regras para Análise de Sementes (Brasil, 2009), que consiste em avaliar um lote de sementes e definir o seu potencial de germinação em teste de laboratórios com condições favoráveis, avaliando o desenvolvimento e a capacidade de produzir plântulas descritas como normais.

3.2.4 Variáveis analisadas

3.2.4.1 Índice de Germinação (IG)

A germinação de sementes foi avaliada em testes laboratoriais, onde se analisou o surgimento e o desenvolvimento das estruturas fundamentais do embrião sob condições controladas de temperatura, umidade e luz. Esse processo permitiu verificar a capacidade das sementes de originarem plantas saudáveis em condições adequadas.

$$G = \left(\frac{N}{A}\right) \cdot 100 \quad 1$$

Onde:

G = germinação, em porcentagem (%);

N = número de sementes germinadas;

A = número total de sementes colocadas para germinar.

3.2.4.2 O índice de velocidade de germinação (IVG)

O vigor das sementes foi avaliado por meio de sua capacidade de germinação sob condições impostas. As avaliações foram realizadas diariamente até o décimo dia após a semeadura, com o intuito de determinar a velocidade de emergência das plântulas. Este teste foi conduzido em conjunto com o teste padrão de germinação, garantindo resultados mais precisos e complementares.

3.2.4.3 O comprimento de parte aérea e da raiz

Para determinar o comprimento do desenvolvimento da plântula, tanto na parte aérea quanto nas raízes, utilizou-se uma régua milimetrada. Todas as plântulas presentes na caixa Gerbox foram analisadas, com as mensurações realizadas ao final do décimo dia, avaliando o potencial de desenvolvimento das mesmas.

3.2.4.4 Massa seca da parte aérea e raiz

A massa seca da parte aérea e das raízes foi determinada a partir das plântulas, que foram cortadas e submetidas à desidratação em estufa a 80°C durante 24 horas. Após esse período, realizou-se a pesagem utilizando uma balança analítica de alta precisão (0,001 g).

3.2.4.5 Velocidade de emergência (IVE)

A emergência foi realizada para indicar a rapidez com que as plântulas emergem, a avaliação final das plântulas ocorreu até a estabilização do processo de emergência que foi com 10 dias.

Após a emergência obteve-se os dados, que serão realizados os cálculos empregando-se a fórmula proposta por Maguire (1962).

$$IVG = \frac{N_1}{D^1} + \frac{N_2}{D_2} + \dots + \frac{N_n}{Dn} \quad 2$$

Em que:

IVG = Índice de velocidade de emergência;

N = Números de plântulas verificadas no dia da contagem; e

D = Números de dias após a semeadura em que foi realizada a contagem.

3.2.5 Análise estatística

A avaliação estatística dos dados foi realizada com base nas seguintes variáveis: Índice de Velocidade de Germinação (IVG), Índice de Germinação (IG), Índice de Velocidade de Emergência (IVE), Massa Seca da Parte Aérea e da Raiz, e Comprimento da Parte Aérea e da Raiz. Os dados foram submetidos aos requisitos da análise de variância, que incluíam normalidade, homogeneidade e independência, utilizando um nível de significância de $p \geq 0,05$.

Os pressupostos não foram violados, foi realizado as análises de regressão para o ajuste dos modelos estatísticos previamente estabelecidos. A significância dos

coeficientes ajustados foi avaliada por meio do teste t, adotando-se um nível de significância de 0,05%.

Para garantir rigor e precisão nos resultados, a determinação dos parâmetros dos modelos, a análise de resíduos e a verificação da qualidade do ajuste foram realizadas utilizando o software estatístico R, versão 4.3.0., programa de acesso livre (R Core Team, 2025).

3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise de variância revelou diferenças significativas entre os tratamentos de sementes de couve-manteiga, especificamente para as variáveis índice de velocidade de germinação (IVG), comprimento da raiz e comprimento da parte aérea. Por outro lado, as variáveis índice de germinação (IG), índice de velocidade de emergência (IVE), massa seca da parte aérea e massa seca da raiz não apresentaram diferença significativa entre os tratamentos.

Tabela 2 - Efeito de doses de boro no tratamento de sementes sobre variáveis fisiológicas e morfológicas de plântulas de couve manteiga.

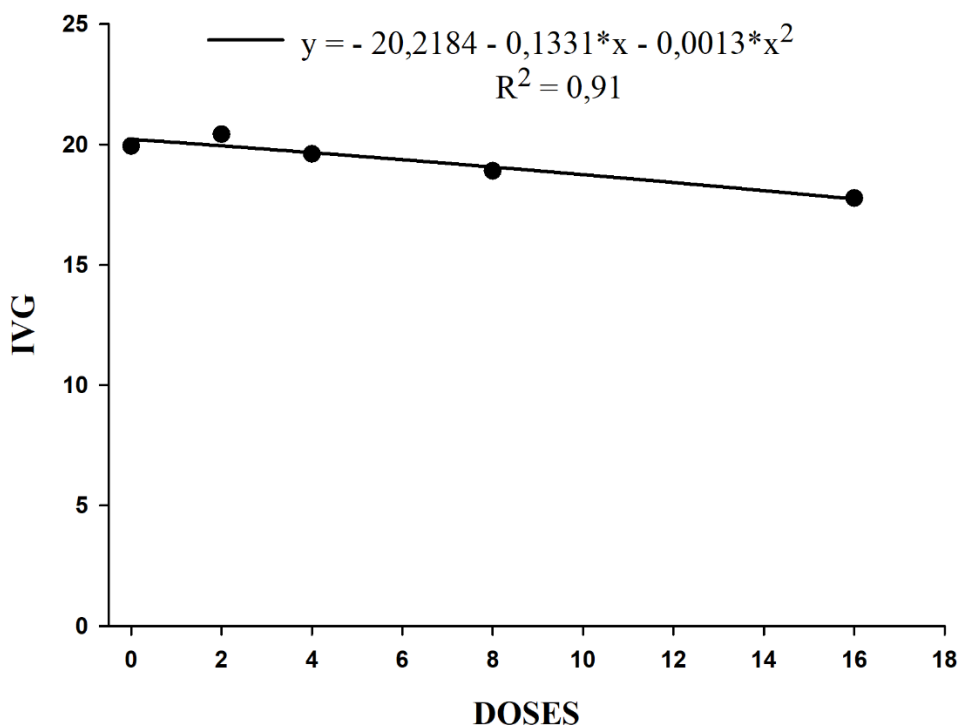
Doses (g)	IG (%)	MSA (g)	MSR (g)	IVE (cm)
0	97,5	0,10400	0,03850	10,18080
2	98,0	0,09950	0,04275	10,92170
4	95,5	0,09900	0,04500	11,44540
8	97,5	0,10375	0,04150	11,21130
16	95,0	0,09950	0,03775	10,73870
CV%	2,34	7,24	9,48	11,53

CV = Coeficiente de Variação; IG = Índice de Germinação; MSA = Massa Seca da parte Aérea; MSR = Massa Seca da Raiz e IVE = Índice de Velocidade de Emergência

Fonte: Autoras, 2024

Nos tratamentos onde às sementes foram tratadas com doses progressivas de boro, houve redução e atraso na germinação a partir de 2 mg de B por kg⁻¹ de semente, além de germinação desuniforme e menor desenvolvimento inicial das plântulas. Esses efeitos tornaram-se mais evidentes com o aumento das doses de boro. Já a melhor taxa de germinação foi observada no tratamento testemunha (água destilada), indicando que a ausência de boro favoreceu a germinação e o desenvolvimento inicial das plantas (Figura 3).

Figura 3 - Índice de velocidade de Germinação de sementes de couve tratadas com dosagens crescentes de boro.



Fonte: Autoras, 2024

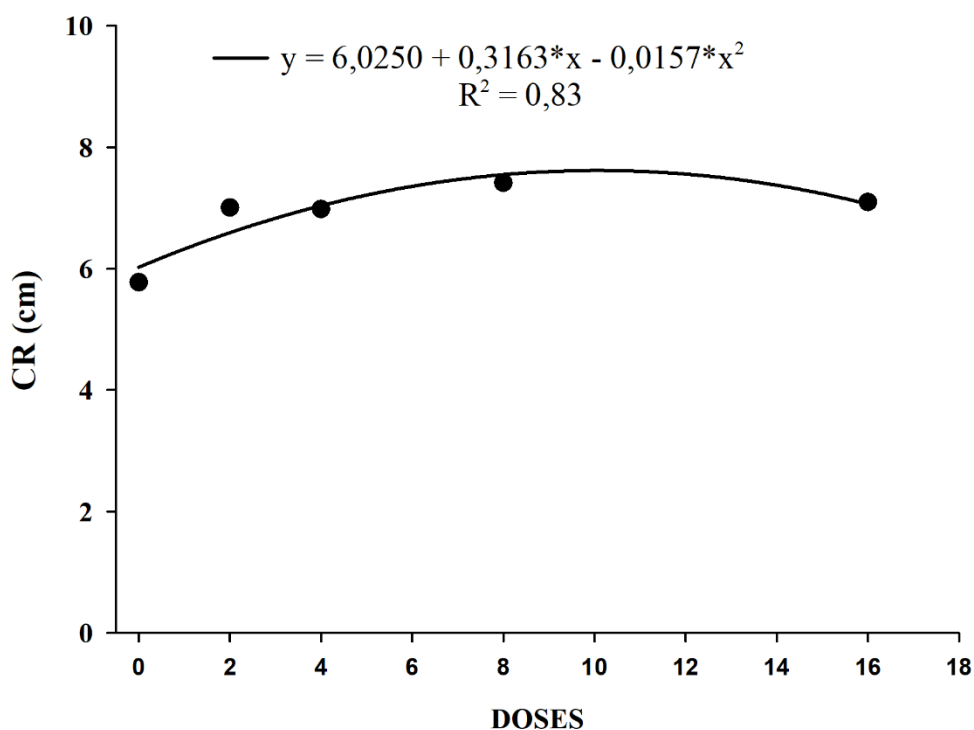
A análise do índice de velocidade de germinação (IVG) apresentou um comportamento decrescente com o aumento das doses de boro. A regressão polinomial de segundo grau ajustada aos dados (Figura 3) apresentou um coeficiente de determinação (R^2) de 0,91, o que representa um bom grau de explicação da variação observada pelo modelo. Esse resultado reforça que o aumento excessivo da dose de boro pode comprometer o vigor inicial das sementes, reduzindo a velocidade de germinação.

O comprimento radicular da cultura, submetida a doses crescentes de boro, apresentou variação significativa entre os tratamentos. O maior desenvolvimento radicular foi observado nas doses de 8 e 16 mg de B por kg^{-1} de semente, com valores médios de 7,415 cm e 7,1 cm, respectivamente. A dose ideal estimada para o melhor crescimento radicular foi de 10,07 mg de B por kg^{-1} de semente. Os tratamentos com menores doses de boro apresentaram desempenho inferior em relação ao crescimento radicular. A menor média foi observada no tratamento com água destilada, alcançando

5,775 cm. Já às doses de 2 mg e 4 mg de B por kg⁻¹ de semente resultaram em comprimentos radiculares de 7,0075 cm e 6,9825 cm, respectivamente (Figura 4).

Ao comparar os resultados deste experimento com o estudo realizado por Oliveira *et al.*, (2010), observa-se uma divergência quanto ao efeito do boro sobre o crescimento do sistema radicular. Enquanto os autores não verificaram efeito significativo da aplicação de ácido bórico sobre o comprimento das raízes em mudas de maracujazeiro-amarelo, os dados obtidos no presente trabalho com sementes de couve-manteiga revelaram diferenças significativas entre os tratamentos, com destaque para o aumento do comprimento radicular nas doses de 8 e 16 mg de B por kg⁻¹ de semente.

Figura 4 - Crescimento radicular das sementes de couve tratadas com dosagens crescentes de boro.



Fonte: Autoras, 2024

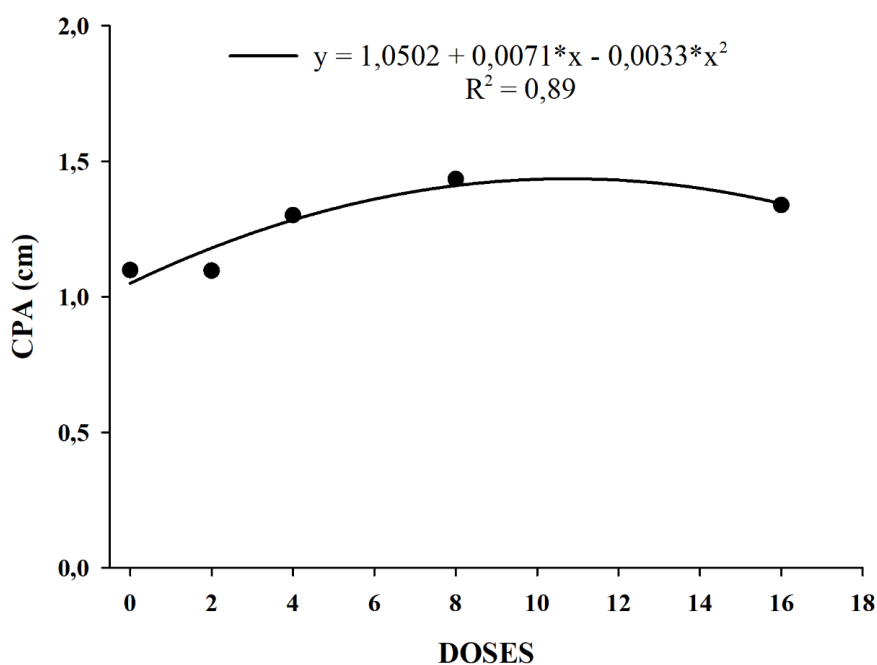
Observou-se um efeito quadrático significativo do boro sobre o comprimento da raiz (CR) das plântulas (Figura 4). O modelo de regressão de 2º grau apresentou um coeficiente de determinação (R²) de 0,83, demonstrando bom ajuste dos dados. O crescimento radicular aumentou com o acréscimo das doses até determinado ponto, seguido de uma leve redução nas maiores doses testadas. Esse comportamento sugere que

o boro, em doses moderadas, favorece o desenvolvimento radicular, mas concentrações elevadas podem limitar esse efeito positivo.

O comprimento da parte aérea da cultura, submetida a doses crescentes de boro (Figura 5), apresentou seu ponto máximo de desenvolvimento a 1,436 cm, correspondente à dose ideal de 10,75 mg de B por kg⁻¹ de semente. Observou-se um bom desenvolvimento da parte aérea nas doses entre 8 e 16 mg de B por kg⁻¹ de semente, com parâmetros de 1,43 e 1,34 cm, respectivamente.

Em contrapartida, os demais tratamentos apresentaram resultados inferiores. As menores taxas de crescimento foram observadas com a aplicação de água destilada e da dose de 2 mg de B por kg⁻¹ de semente, ambas com comprimento médio de 1,1 cm. A dose de 4 mg de B por kg⁻¹ de semente resultou em um desenvolvimento intermediário, com comprimento médio de 1,3025 cm. (Figura 5).

Figura 5 - Crescimento da parte aérea das sementes de couve tratadas com dosagens crescentes de boro.



Fonte: Autoras, 2024

As doses de boro influenciaram o comprimento da parte aérea (CPA) das plântulas de couve, com resposta significativa ajustada por regressão de 2º grau (Figura 5). O modelo apresentou coeficiente de determinação (R^2) de 0,89, sugerindo um bom ajuste

entre os dados observados e a curva estimada. O CPA aumentou com o incremento das doses até um ponto máximo, após o qual observou-se uma leve redução, indicando possível efeito tóxico ou limitação fisiológica nas doses mais elevadas.

O boro exerce influência direta sobre o crescimento meristemático e está envolvido na regulação hormonal, contribuindo para o desenvolvimento e o alongamento das estruturas jovens das plantas (Soltani; Sinclair, 2012; Matos *et al.*, 2017). Nesse contexto, no presente estudo, observou-se que o tratamento de sementes de couve-manteiga com doses crescentes de boro resultou em redução do vigor inicial das plântulas, evidenciada especialmente pela diminuição do índice de velocidade de germinação (IVG). Esse comportamento pode estar relacionado à sensibilidade fisiológica das sementes ao excesso de boro, refletindo um efeito negativo nas etapas iniciais da germinação.

Resultados semelhantes foram relatados por Ohse *et al.* (2000/2001), que verificaram redução no vigor de plântulas de arroz quando o boro foi aplicado via tratamento de sementes. Os autores atribuíram essa resposta à possível fitotoxicidade causada pelas altas doses do nutriente, que podem ter comprometido o metabolismo das sementes durante a germinação. Aliado a isso, durante as fases iniciais de crescimento, as plantas apresentam maior capacidade de absorção de boro em comparação com as fases adultas, e além disso, a mobilidade desse micronutriente dentro da planta é limitada, sendo pouco redistribuído dos tecidos mais velhos para os mais jovens (SOUSA *et al.*, 2011).

Apesar da redução no IVG, o presente estudo identificou um efeito positivo do boro sobre o desenvolvimento morfológico das plântulas, com destaque para o alongamento da parte aérea e do sistema radicular. Esse achado evidencia que, embora doses elevadas possam comprometer a germinação inicial, o boro desempenha papel relevante no crescimento estrutural das plântulas, desde que aplicado em dosagens adequadas.

3.4 CONCLUSÃO

A análise dos dados obtidos e a interpretação dos resultados permitem concluir que a aplicação das dosagens de boro utilizadas neste estudo reduziu o vigor inicial das plântulas, especialmente em relação ao índice de velocidade de germinação. No entanto, observou-se um efeito positivo sobre o crescimento morfológico, promovendo o alongamento da parte aérea e do sistema radicular.

Os resultados mostram que, embora o boro possa prejudicar a germinação inicial em determinadas concentrações, ele desempenha um papel essencial no desenvolvimento estrutural das plântulas. Assim, a utilização criteriosa das doses é fundamental para equilibrar a emergência das plântulas com o estímulo ao seu crescimento vegetativo.

REFERÊNCIAS

ALVES, Adriana Ursulino. Absorção e mobilidade do boro em plantas de repolho e de couve-flor. 2009. Disponível em:

<https://repositorio.unesp.br/server/api/core/bitstreams/e97c1fae-bfe4-4065-bd94-be5715574192/content>. Acesso em: 10 maio 2025.

ARAÚJO OLIVEIRA, L. A.; SILVA, K. B.; SILVA TOSTA, M.; GUIMARÃES, A. A.; SILVA, R. M. Doses de sulfato de zinco e ácido bórico na produção de mudas de maracujazeiro-amarelo. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, 2010. Disponível em:

<https://www.gvaa.com.br/revista/index.php/RVADS/article/view/303>. Acesso em: 24 maio 2025.

BRASIL. Regras para análise de sementes. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária., Brasília-DF: SNDA/DNDV/CLAV. 2009. 399 p. Disponível em:

https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/insumos-agropecuarios/arquivos/publicacoes-insumos/2946_regras_analise_sementes.pdf. Acesso em: 18 abr de 2025.

DUPAS, Elisângela. Nitrogênio, potássio e boro: aspectos produtivos, morfológicos, nutricionais e frações fibrosas e proteicas do capim-tanzânia. 2012. Tese (Doutorado) – Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2012. Disponível em:

<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11140/tde-16082012-085016/>. Acesso em: 10 maio 2025.

MAGUIRE, J. D. Velocidade de germinação na seleção e avaliação de emergência e vigor de plântulas. **Crop Science**, v. 2, n. 1, p. 176-177, 1962.

MARIOTT, Caroline. Boro na cultura da soja: efeito na qualidade fisiológica de sementes durante o armazenamento. 2022. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, 2022. Disponível em:

<https://riut.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/29037/1/borosojaqualidadearmazenamento.pdf>. Acesso em: 15 maio 2025.

PESENTI, I. L.; TORRES, A. L.; MARTINS, W. S.; MACOSKI, N. Nutritional management with micronutrients and their effects on yield components in barley. Research, **Society and Development**, [S. l.], v. 10, n. 3, p. e30910313225, 2021. DOI: 10.33448/rsd-v10i3.13225. Disponível em:

<https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/13225>. Acesso em: 22 may. 2025.

SANTOS, M. de. Adubação foliar de boro em associação com cálcio na cultura da soja em sistema de plantio direto. Trabalho de Conclusão de Curso (TCC), Universidade Federal do Santa Catarina, Cutitibanos, 2016.

SILVA, F. R.; FERREYRA H., F. F. Avaliação de extratores de boro em solos do estado do Ceará. 1998. Disponível em:

https://www.researchgate.net/publication/266034494_AVALIACAO_DE_EXTRATOR

ES_DE_BORO_EM_SOLOS_DO_ESTADO_DO_CEARA_1. Acesso em: 10 maio 2025.

SILVA-MATOS, Raissa Rachel Salustriano da; ALBANO, Francisca Gislene; CAVALCANTE, Ítalo Herbert Lucena; PESSOA NETO, José Alves; SILVA, Roberto Lustosa; OLIVEIRA, Inez Vilar de Moraes; CARVALHO, Camila Israela Freire Silva. Desenvolvimento inicial de mudas de melancia cv. Crimson Sweet em função de doses de boro aplicadas na semente. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 40, n. 4, p.. Disponível em: <https://scielo.pt/pdf/rca/v40n4/v40n4a05.pdf>. Acesso em: 24 maio 2025.

SOUZA, Gisele Garcia de; NOVELINO, José Oscar; SCALON, Silvana Quintão de Paula; MARCHETTI, Marlene Estevão. Crescimento de mudas de maracujazeiro em função de adubação à base de boro e material de cupinzeiro. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 41, n. 2, p. 170-178, abr./jun. 2011. Disponível em: Acesso em: 24 maio 2025.

4 CAPÍTULO 2. Avaliação fisiológica de sementes de couve-manteiga (*Brassica oleracea* L. var. *acephala*) tratadas com magnésio e complexo de micronutrientes em diferentes dosagens

RESUMO

Este estudo teve como objetivo avaliar os efeitos da aplicação de diferentes dosagens de um complexo de micronutrientes no tratamento de sementes de couve-manteiga (*Brassica oleracea* L. var. *acephala*), com ênfase na qualidade fisiológica das sementes e no crescimento inicial das plântulas. O experimento foi conduzido no *Campus* Universitário de Juruti, da UFOPA, utilizando o delineamento inteiramente casualizado (DIC), com cinco tratamentos: 0; 0,02; 0,04; 0,08 e 0,16 g do produto comercial DRIPSOL MICRO por 10 g de sementes, com quatro repetições cada. As variáveis avaliadas foram: índice de germinação (IG), índice de velocidade de germinação (IVG), índice de velocidade de emergência (IVE), comprimento da parte aérea (CPA), comprimento da raiz (CPR), massa seca da parte aérea (MSA) e massa seca da raiz (MSR). Os dados foram submetidos aos pressupostos da análise de variância, como normalidade, homogeneidade e independência dos resíduos, adotando-se nível de significância de $p \geq 0,05$. A determinação dos parâmetros dos modelos, a análise de resíduos e a verificação da qualidade dos ajustes foram realizadas por meio do software estatístico R (versão 4.3.0). A análise de variância indicou diferença significativa apenas para o IVG, sendo os demais parâmetros não influenciados pelas doses aplicadas. A testemunha (água destilada) apresentou o maior valor de IVG, e o modelo quadrático ajustado revelou uma redução na velocidade de germinação com o aumento das doses, sugerindo possível efeito inibitório nas fases iniciais. Conclui-se que, embora os micronutrientes sejam fundamentais para o metabolismo vegetal, sua aplicação via tratamento de sementes deve ser feita com cautela, pois doses inadequadas podem comprometer o vigor das plântulas, mesmo sem impactar significativamente o desenvolvimento morfológico.

Palavras-chave: Nutrientes; Tratamento de sementes; Hortaliças; Crescimento inicial.

ABSTRACT

This study aimed to evaluate the effects of applying different dosages of a micronutrient complex in the seed treatment of kale (*Brassica oleracea* L. var. *acephala*), with emphasis on the physiological quality of the seeds and the initial growth of seedlings. The experiment was conducted at the Juruti University *Campus* of UFOPA, using a completely randomized design (CRD) with five treatments: 0, 0.02, 0.04, 0.08, and 0.16 g of the commercial product DRIPSOL MICRO per 10 g of seeds, with four replications each. The evaluated variables were: germination index (GI), germination speed index (GSI), emergence speed index (ESI), shoot length (SL), root length (RL), shoot dry mass (SDM), and root dry mass (RDM). Data were subjected to the assumptions of analysis of variance, such as normality, homogeneity, and independence of residuals, adopting a significance level of $p \geq 0.05$. The determination of model parameters, residual analysis, and verification of model fit quality were carried out using the statistical software R (version 4.3.0). The analysis of variance indicated a significant difference only for the GSI, while the other parameters were not influenced by the applied doses. The control treatment (distilled water) showed the highest GSI value, and the adjusted quadratic model revealed a reduction in germination speed with increasing doses, suggesting a possible inhibitory effect during the early stages. It is concluded that although micronutrients are essential for plant metabolism, their application via seed treatment should be carried out with caution, as inadequate doses may compromise seedling vigor, even without significantly affecting morphological development.

Keywords: Nutrients; Seed treatment; Vegetables; Initial growth.

4.1 INTRODUÇÃO

Os micronutrientes são essenciais para o crescimento e desenvolvimento das plantas, sendo necessários apenas em pequenas quantidades. No entanto, a deficiência de qualquer um desses elementos pode resultar em perdas significativas na produção agrícola (Ávila *et al.*, 2006). Os micronutrientes participam de diversas funções bioquímicas e fisiológicas das plantas, como o metabolismo energético, a biossíntese de proteínas e a sinalização celular (Bhat *et al.*, 2020). Eles possuem participação ativa em enzimas envolvidas nos processos metabólicos desde a germinação até as fases posteriores do crescimento vegetal, e desempenham papéis indispensáveis no desenvolvimento das plantas (Alves, 2009).

Dentre os micronutrientes essenciais para o desenvolvimento das plantas, destacam-se o zinco (Zn), cobre (Cu), molibdênio (Mo), manganês (Mn), ferro (Fe) e boro (B), além do macronutriente magnésio (Mg). Mesmo requeridos em pequenas quantidades, esses elementos desempenham papéis fundamentais em diversas reações bioquímicas e impactam diretamente a produtividade das culturas.

O zinco desempenha um papel essencial na ativação de diversas enzimas e na formação estrutural de outras, além de contribuir para a integridade das estruturas celulares (Santos; Fonseca, 2012). Já o cobre, presente em várias enzimas, está predominantemente localizado no cloroplasto, onde integra a plastocianina, um elemento fundamental para os processos celulares. (Ohse *et al.*, 2000). O molibdênio (Mo) possui funções cruciais no sistema enzimático relacionado ao metabolismo do nitrogênio (N). Por esse motivo, em plantas que dependem da simbiose para fixação biológica de nitrogênio, a deficiência de molibdênio pode comprometer significativamente a absorção e utilização desse nutriente vital (Melo *et al.*, 2023).

O ferro (Fe), por sua vez, participa da ativação de enzimas envolvidas nos processos respiratório, fotossintético e antioxidante do metabolismo vegetal (Mello *et al.*, 2017). Já o boro (B) atua no transporte de açúcares e no metabolismo de carboidratos, além de desempenhar papel importante no florescimento das plantas (Mello *et al.*, 2017). O manganês (Mn) desempenha um papel fundamental na nutrição das plantas, integrando a estrutura de proteínas e enzimas envolvidas na fosforilação. A sua deficiência pode comprometer a integridade dos cloroplastos e afetar o fornecimento de elétrons essenciais para o processo fotossintético (Fernando *et al.*, 2015; Lopes, 2022).

Magnésio (Mg) ocupa posição central na molécula da clorofila e funciona como ativador de muitas enzimas. Serve como ponte entre o ATP e compostos orgânicos, como açúcares, que serão transformados por enzimas (Rufino, 2010). Além de sua importância para o metabolismo vegetal, os minerais presentes nas plantas também são relevantes para a saúde humana, o que reforça a necessidade de garantir seu suprimento adequado nas culturas (Luengo *et al.*, 2017). Um método eficiente de fornecer micronutrientes às plantas é o tratamento de sementes, o qual assegura que esses elementos estejam em contato direto com as primeiras raízes, promovendo um bom desenvolvimento inicial (Tune *et al.*, 2012).

A disponibilidade de micronutrientes no solo é influenciada por diversos fatores, como pH, matéria orgânica e condições climáticas. Na ausência de níveis adequados desses nutrientes, é recomendada a adubação específica, de forma a elevar os teores do solo a patamares ideais, permitindo que as culturas expressem todo o seu potencial produtivo (Alexandre *et al.*, 2012).

Nesse cenário, o objetivo do presente experimento foi analisar a influência de diferentes doses de um complexo de micronutrientes aplicados via tratamento de sementes sobre atributos fisiológicos e morfológicos de plântulas de *Brassica oleracea* L. var. *acephala* (couve manteiga), visando compreender os efeitos iniciais no desenvolvimento vegetal.

4.2 MATERIAIS E MÉTODOS

4.2.1 Local de realização do experimento e material vegetal

O experimento foi realizado no Laboratório de Microscopia e na Casa de Vegetação do *Campus* Universitário de Juruti, da Universidade Federal do Oeste do Pará (CJUR/UFOPA), coordenadas 2°08'58"S e 56°04'53"W. A pesquisa utilizou sementes de couve-manteiga (*B. oleracea* L. var. *acephala*) pertencentes ao lote 00051022210000010, proveniente da safra 2022/2023.

As sementes foram tratadas com diferentes dosagens do produto comercial Dripsol Micro Rexene Equilíbrio, sendo que este produto apresenta solubilidade em água a 20°C de 200 g/l, índice salino de 32%, e condutividade elétrica a 20°C de 0,40 mS/cm. Sua formulação é composta por 1,2% de magnésio (Mg), 0,85% de boro (B), 3,4% de

ferro (Fe), 4,2% de zinco (Zn), 3,2% de manganês (Mn), 0,5% de cobre (Cu) e 0,06% de molibdênio (Mo).

4.2.2 Delineamento experimental e Tratamentos

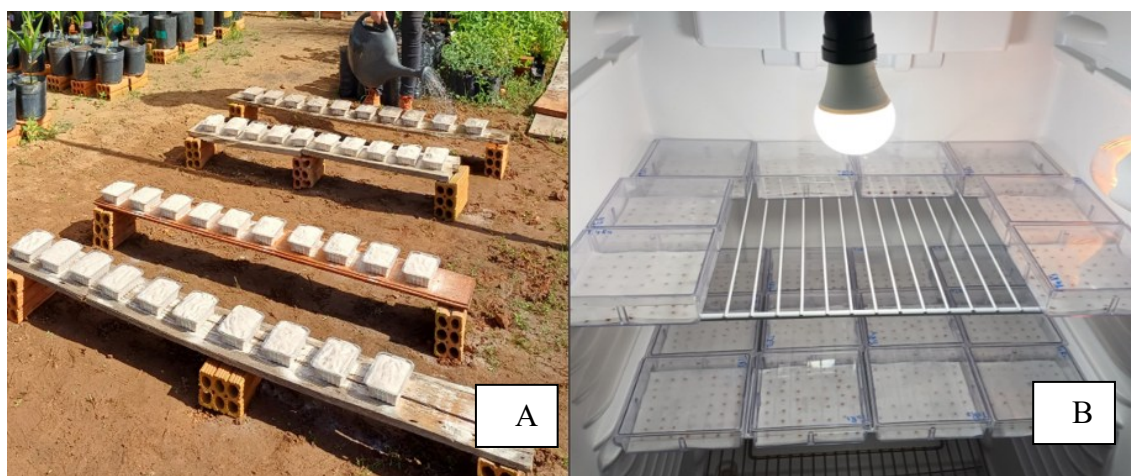
O delineamento experimental adotado foi inteiramente casualizado, com cinco tratamentos de dosagens crescentes, apresentados na Tabela 3. Cada tratamento contou com quatro repetições, sendo que cada repetição consistiu em 50 sementes, totalizando 20 unidades experimentais (Figura 6).

Tabela 3 - Dosagens por tratamento do produto comercial Dripsol Micro Rexene Equilíbrio.

TRATAMENTOS	DOSES
T1	Testemunha (água destilada)
T2	0,02 g em 10 g de semente
T3	0,04 g em 10 g de semente
T4	0,08 g em 10 g de semente
T5	0,16 g em 10 g de semente

Fonte: Autoras, 2024

Figura 6 - Disposição e condução do experimento em casa de vegetação e em laboratório, dos tratamentos em delineamento inteiramente casualizado (DIC). A – Delineamento em Casa de Vegetação; B – Delineamento em B.O.D.



Fonte: Autoras, 2024.

4.2.3 Tratamento de sementes

Foram utilizadas 10 g de sementes por tratamento, o que corresponde a aproximadamente 2.500 sementes. A solução nutritiva foi preparada na proporção de 5 ml para cada 100 g de sementes, utilizando-se diferentes diluições.

As doses das soluções, previamente diluídas em água destilada, foram ajustadas para um volume final de 5 ml. A solução com as doses de Dripsol Micro foi aplicada sobre as sementes, que foram acondicionadas em sacos plásticos de 2 kg. Em seguida, as sementes tratadas foram colocadas para secar à sombra em ambiente de laboratório.

4.2.4 Implantação e condução do experimento

Após o tratamento, as sementes foram submetidas à germinação em quatro repetições de 50 sementes por tratamento. O processo foi conduzido sobre duas folhas de papel Germitest, previamente umedecidas com 82 mL de água destilada com o volume correspondente a 2,5 vezes o peso seco do papel, que foi de 32,08 g. As folhas foram dispostas dentro de caixas Gerbox com dimensões de 11 x 11 cm.

As sementes foram mantidas em câmara B.O.D. (Biochemical Oxygen Demand), sob temperatura de 20 °C e iluminação contínua. As avaliações da germinação foram realizadas diariamente, com a primeira contagem aos 5 dias e a contagem final ao término do período experimental com 10 dias.

Além do experimento laboratorial, outro foi realizado na casa de vegetação do CJUR/UFOPA. Nesse ambiente, foram semeadas 50 sementes por repetição em bandejas de plástico transparente com capacidade de 600 mL e dimensões de 20 x 14 x 3,5 cm, preenchidas com areia previamente tratada. As contagens diárias das plântulas emergidas foram realizadas até o décimo dia, considerando-se como emergidas aquelas que apresentavam o coleóptilo acima da superfície do substrato.

Ao final do experimento, foram obtidos os dados das seguintes variáveis: germinação, índice de velocidade de germinação (IVG), índice de velocidade de emergência (IVE), comprimento das plântulas, massa seca das plântulas, além da avaliação da uniformidade de emergência e do desenvolvimento inicial das plântulas.

As avaliações foram realizadas conforme os critérios estabelecidos pelas Regras para Análise de Sementes (Brasil, 2009), que têm como objetivo analisar um lote de sementes e determinar seu potencial de germinação por meio de testes laboratoriais em

condições favoráveis. Esses testes avaliam o desenvolvimento das sementes e sua capacidade de originar plântulas classificadas como normais.

4.2.5 Variáveis analisadas

4.2.5.1 Índice de Germinação (IG)

A germinação de sementes em laboratório é o processo de desenvolvimento do embrião sob condições controladas, indicando a capacidade da semente de originar uma planta saudável em ambiente favorável.

Para o cálculo da porcentagem de germinação, conforme estabelecido pelas Regras para Análise de Sementes (Brasil, 2009), foi utilizada a seguinte fórmula:

$$G = \left(\frac{N}{A}\right) \cdot 100 \quad 1$$

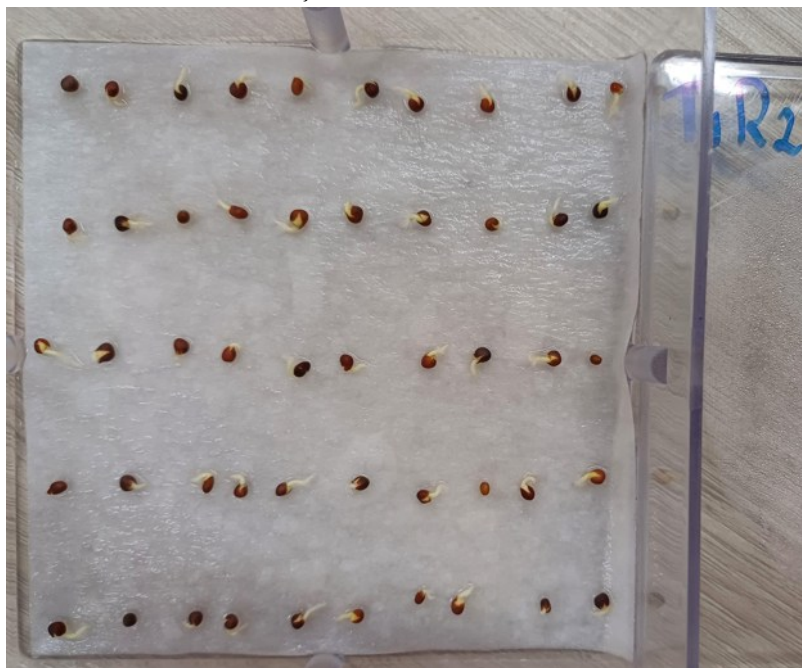
Onde:

G = germinação, em porcentagem (%);

N = número de sementes germinadas;

A = número total de sementes colocadas para germinar.

Figura 7 - Germinação de sementes de couve-manteiga tratadas, dispostas em caixa gerbox sob condições controladas em B.O.D.



Fonte: Autoras, 2024

4.2.5.2 Índice de velocidade de germinação (IVG)

Esse teste é utilizado para avaliar o vigor das sementes, determinando sua capacidade de germinação sob as condições impostas. As avaliações foram feitas diariamente até o décimo dia após a semeadura, com o objetivo de determinar a velocidade de emergência das plântulas. O teste foi realizado em conjunto com o teste padrão de germinação. O índice de velocidade de germinação e de emergência foi calculado utilizando a fórmula proposta por Maguire (1962).

$$IVG = \frac{N_1}{D^1} + \frac{N_2}{D_2} + \dots + \frac{N_n}{Dn} \quad 2$$

Onde:

IVG = índice de velocidade de emergência;

N = números d plântulas verificadas no dia da contagem;

D = números de dia após a semeadura em que foi realizada a contagem.

4.2.5.3 Comprimento de parte aérea e da raiz

A medição das plântulas foi realizada ao final do teste de germinação, considerando separadamente a parte aérea e as raízes. Para avaliar o potencial de desenvolvimento de cada plântula, foi utilizada uma régua milimetrada, incluindo todas as plântulas presentes na caixinha Gerbox, com a medição ocorrendo no décimo dia.

4.2.5.4 Massa seca da parte aérea e raiz

Ao final do teste de germinação, e após a medição, as plântulas são colocadas em sacos de papel (um saco para cada tratamento do teste de germinação) e levados á estufa com circulação de ar forçada, mantida a temperatura de 80°C por um período de 24 horas (Nakagawa,1999). Após a secagem, as amostras foram pesadas em balança analítica com precisão de 0,001 g.

4.2.5.5 Velocidade de emergência (IVE)

Realizou-se a contagem diária das plântulas emergidas em cada célula até que a emergência se estabilizasse, o que ocorreu 10 dias após a sementeira, com o objetivo de determinar o índice de velocidade de emergência (IVE). Após a emergência obteve-se os dados, que serão realizados os cálculos empregando se a fórmula proposta por Maguire (1962).

4.2.6 Análise estatística

A avaliação estatística dos dados foi realizada com base nas seguintes variáveis: Índice de Velocidade de Germinação (IVG), Índice de Germinação (IG), Índice de Velocidade de Emergência (IVE), Massa Seca da Parte Aérea e da Raiz, e Comprimento da Parte Aérea e da Raiz. Os dados foram submetidos aos requisitos da análise de variância, que incluíam normalidade, homogeneidade e independência, utilizando um nível de significância de $p \geq 0,05$.

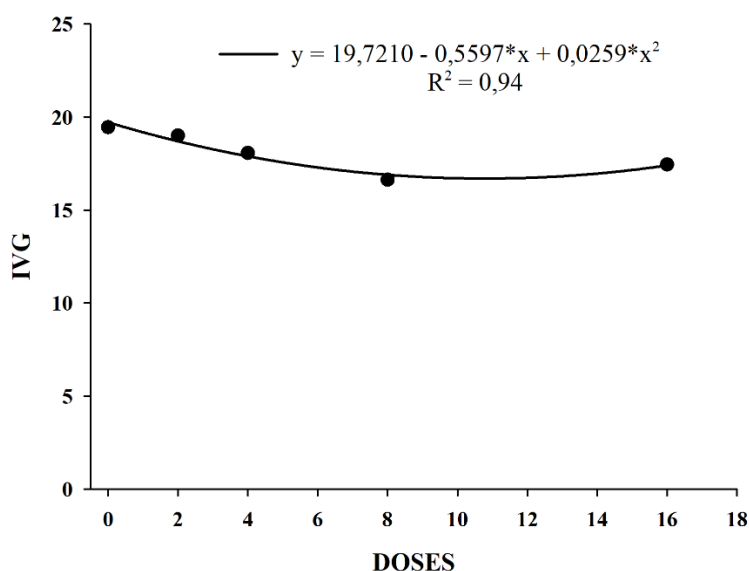
Como os requisitos não foram violados, foi realizado as análises de regressão para o ajuste dos modelos estatísticos previamente estabelecidos. A significância dos coeficientes ajustados foi avaliada por meio do teste t ($p \leq 0,05$).

Para garantir rigor e precisão nos resultados, a determinação dos parâmetros dos modelos, a análise de resíduos e a verificação da qualidade do ajuste foram realizadas utilizando o software estatístico R, versão 4.3.0 (R Core Team, 2025).

4.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos por meio da análise de variância para o tratamento de sementes de couve com diferentes micronutrientes indicaram diferença significativa apenas para a variável índice de velocidade de germinação (IVG) (Figura 8). Os resultados indicam que, com o aumento das doses de micronutrientes, o índice de velocidade de germinação (IVG) reduziu inicialmente, mas depois mostrou recuperação.

Figura 8 - Índice de velocidade de Germinação de sementes de couve tratadas com dosagens crescentes de micronutrientes.



Fonte: Autoras, 2024

A resposta do índice de velocidade de germinação (IVG) às doses crescentes de micronutrientes foi descrita por uma equação polinomial de 2º grau com $R^2 = 0,94$ (Figura 8). Esse valor representa um ajuste excelente, significando que 94% da variação observada no IVG pode ser explicada pelas doses aplicadas. Na área de ciências agrárias, valores de R^2 acima de 0,70 já são considerados satisfatórios, especialmente em

experimentos com variáveis biológicas suscetíveis a fatores ambientais. Assim, o R^2 elevado reforça a confiabilidade do modelo ajustado e a consistência dos dados obtidos.

Segundo Ruschell *et al.*, (1979) elementos como o zinco (Zn), molibdênio (Mo), boro (B), Cobre (Cu) já foram aplicados diversas vezes com resultados positivos e são essenciais para os processos metabólicos das plantas. O zinco e o boro estão relacionados a funções fundamentais das plântulas, como a formação de auxinas, RNA e ribossomos, além de atuarem na divisão celular e no desenvolvimento dos tecidos. Já o manganês participa das reações energéticas associadas ao ATP e ao complexo enzimático da fotossíntese, enquanto o molibdênio atua como cofator de importantes enzimas envolvidas no metabolismo do nitrogênio (Taiz *et al.*, 2017).

A utilização de um complexo de micronutrientes composto por elementos como (Zn, Mn, Mg, Cu, Fe, Mo e B) contribuiu de maneira integrada para a melhora do desempenho fisiológico das sementes. De acordo com os dados coletados, identificou-se que somente uma variável obteve diferença significativa nos resultados, tendo o seu ponto mínimo na curva em 16,701 cm que corresponde a uma dosagem média de 10,79 g em 10 g de semente, estando entre os tratamentos de dosagem 0,08 e 0,16 g em 10 g de semente. Onde o tratamento com água destilada apresentou maior índice de velocidade de germinação em comparação as demais dosagens.

A aplicação de um complexo com zinco, ferro, cobre, manganês, magnésio, molibdênio e boro influenciou significativamente o Índice de Velocidade de Germinação (IVG) das sementes de couve. Observou-se que doses crescentes do complexo inicialmente reduziram o IVG, possivelmente devido à toxicidade ou interferência na absorção de água e nutrientes essenciais à germinação.

Contudo, em doses mais altas, houve recuperação parcial do IVG, indicando uma possível tolerância fisiológica ou melhor aproveitamento dos micronutrientes pelas sementes em concentrações mais elevadas.

As demais variáveis avaliadas índice de germinação (IG), índice de velocidade de emergência (IVE), massa seca da parte aérea e massa seca da raiz não apresentaram diferenças estatísticas relevantes entre os tratamentos (Tabela 4), assim como o comprimento da parte aérea (CPA) e o (CPR) comprimento da parte radicular (Tabela 5).

Tabela 4 - Efeito do tratamento de sementes com doses do produto comercial Dripsol Micro sobre variáveis fisiológicas e morfológicas de plântulas de couve manteiga

Doses (g)	IG (%)	MSA (g)	MSR (g)	IVE (cm)
0	97,0	0,0963	0,0333	10,4580
0,02	96,0	0,1005	0,0390	10,0470
0,04	97,5	0,1000	0,0363	11,6756
0,08	94,5	0,0973	0,0358	11,9967
0,16	98,0	0,0945	0,0383	10,5495
CV%	2,54	10,52	13,84	13,23

CV = Coeficiente de Variação; IG = Índice de Germinação; MSA = Massa Seca da parte Aérea; MSR = Massa Seca da Raiz e IVE = Índice de Velocidade de Emergência

Fonte: Autoras, 2024

Tabela 5 - Efeito de doses de micronutrientes no tratamento de sementes sobre o comprimento da parte aérea e do sistema radicular de plântulas de couve manteiga

Doses (g)	CPA (cm)	CPR (cm)
0	1,6933	6,7385
0,02	1,7437	6,8320
0,04	1,5657	7,2565
0,08	1,7474	7,0884
0,16	1,7740	7,6378
CV%	11,63	7,79

CV = Coeficiente de Variação; CPA = Comprimento da Parte Aérea; CPR = Comprimento da Parte Radicular

Fonte: Autoras, 2024

4.4 CONCLUSÃO

O tratamento de sementes com micronutrientes demonstrou ser uma alternativa eficiente por permitir a aplicação precisa e uniforme, mesmo em pequenas quantidades. Neste estudo, observou-se efeito significativo apenas sobre o índice de velocidade de germinação (IVG), sugerindo que essa prática pode favorecer a emergência mais rápida e uniforme das plântulas de *Brassica oleracea* L. var. *acephala*.

Apesar da ausência de diferenças nas demais variáveis, os resultados reforçam o potencial do tratamento de sementes no desempenho inicial da cultura, destacando a importância da definição de doses adequadas para evitar deficiências ou excessos de micronutrientes. A resposta observada no IVG reforça o potencial do tratamento de sementes como estratégia para melhorar o desempenho inicial da cultura, sendo recomendada a continuidade de estudos que explorem diferentes formulações, doses e condições ambientais.

REFERENCIA

ALEXANDRE, Juliana R; OLIVEIRA, Maria LF; SANTOS, Tamires C dos; CANTON, Gabriela C; CONCEIÇÃO, Juliana M. da; EUTRÓPIO, Frederico J; CRUZ, Zilma MA; DOBBSS, Leonardo B; RAMOS, Alessandro C. Zinco e ferro: de micronutrientes a contaminantes do solo. **Natureza Online**, [S. l.], v. 10, n. 1, p. 23–28, 2012. Disponível em: <https://www.naturezaonline.emnuvens.com.br/revista/article/view/289>. Acesso em: 22 maio. 2025.

ALVES, Rafael Mateus. Tratamento de sementes de soja com micronutrientes apresentando diferentes níveis de vigor: absorção durante a germinação e efeitos sobre o potencial fisiológico das sementes e desempenho inicial das plantas. 2009. Tese (Doutorado) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009. Disponível em: https://web.archive.org/web/20220507153550id_/https://teses.usp.br/teses/disponiveis/1/1/1136/tde-06042022-175929/publico/Rafael_Mateus_Alves_versao_revisada.pdf. Acesso em: 12 maio 2025.

ÁVILA, Marizangela Rizzatti et al. Qualidade fisiológica e produtividade das sementes de milho tratadas com micronutrientes e cultivadas no período de safrinha. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 28, n. 4, p. 535-543, 2006. Disponível em: <https://www.redalyc.org/pdf/3030/303026571001.pdf>. Acesso em: 22 maio 2025

BHAT, Basharat Ahmad et al. Role of micronutrients in secondary metabolism of plants. **Plant Micronutrients: Deficiency and Toxicity Management**, p. 311-329, 2020. Disponível em: https://scholar.google.com.br/scholar?hl=pt-BR&as_sdt=0%2C5&q=plant+micronutrients+macronutrients+bhat&btnG=#d=gs_qabs&t=1747077925725&u=%23p%3DTt0_Obc114sJ. Acesso em: 12 maio 2025.

BRASIL. Regras para análise de sementes. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária., Brasília-DF: SNDA/DNDV/CLAV. 2009. 399 p. Disponível em: https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/insumos-agropecuarios/arquivos-publicacoes-insumos/2946_regras_analise_sementes.pdf. Acesso em: 18 abr de 2025.

HANSEL, Fernando Dubou; OLIVEIRA, Maurício L. Importância dos micronutrientes na cultura da soja no Brasil. **Informações Agronômicas**, v. 153, p. 1-14, 2016. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Fernando-Hansel-2/publication/305659319_Importancia_dos_Micronutrientes_na_Cultura_da_Soja_no_Brasil/links/5798a7b008ae33e89fb0a6c5/Importancia-dos-Micronutrientes-na-Cultura-da-Soja-no-Brasil.pdf. Acesso em: 12 maio 2025.

LOPES, Alfredo S. *Micronutrientes: filosofias de aplicação e eficiência agronômica*. São Paulo: ANDA – Associação Nacional para Difusão de Adubos, 1999. Disponível em: <https://portalgepes.com/wp-content/uploads/2020/03/anda-micronutrientes-filosofias-de-aplicac3a7c3a3o-e-eficic3aancia-agronc3b4mica.pdf>. Acesso em: 25 maio 2025.

LOPES, Guilherme da Fonseca. Aplicação de molibdênio combinada com cobre, manganês e zinco no tratamento de sementes de soja. 2022. Disponível em:

<https://repositorio.unesp.br/entities/publication/a6c4fbac-c3fe-4f5f-933d-c6f3896d8c12>. Acesso em: 20 maio 2025.

LUENGO, Rita de Fátima Alves; BUTRUILLE, Nicole-Marie dos Santos; MELO, Raphael Augusto de Castro e; SILVA, Juscimar da; MALDONADE, Iriani Rodrigues; COSTA JÚNIOR, Antônio Dantas. Determinação de minerais no solo e análise de folhas de couve produzida em Brasília. Disponível em: [file:///C:/Users/allin/AppData/Local/Microsoft/Windows/INetCache/IE/3WSFQ08Z/download%20\(84\)\[1\].pdf](file:///C:/Users/allin/AppData/Local/Microsoft/Windows/INetCache/IE/3WSFQ08Z/download%20(84)[1].pdf). Acesso em: 12 maio 2025.

MAGUIRE, J. D. Velocidade de germinação na seleção e avaliação de emergência e vigor de plântulas. *Crop Science*, v. 2, n. 1, p. 176-177, 1962.

MELLO, Simone da Costa; MENDONÇA, Jéssika Angelotti. Nutrição de olerícolas. Curitiba: Sistema FAEP, 2017. Disponível em: https://www.sistemafaep.org.br/wp-content/uploads/2021/05/PR.0329-Nutricao-de-Hortalicas_web.pdf. Acesso em: 22 maio 2025.

MELO, Fernanda Perondi de; THÖLKEN, Jaqueline Reche; SILVA, Kaiky Fraga da; WURLITZER, Rodrigo; CASTAGNA, Thaynara Adevente; SANTOS, Weliton Vinícius K. dos; ADAME, Karina Sanderson. Tratamento de sementes com micronutrientes na cultura do feijão. *Revista Seagro*. Disponível em: <https://www.fag.edu.br/upload/revista/seagro/64dd186db1318.pdf>. Acesso em: 12 maio 2025.

OHSE, Silvana et al. Germinação e vigor de sementes de arroz irrigado tratadas com zinco, boro e cobre. *Revista Faculdade Zootecnia Veterinária e Agronomia*, v. 7, n. 1, p. 73-79, 2000. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Sidinei-Lopes/publication/279506514_Germinacao_e_vigor_de_sementes_de_arroz_irrigado_tratadas_com_zinco_boro_e_cobre/links/5606e28208aea25fce39972d/Germinacao-e-vigor-de-sementes-de-arroz-irrigado-tratadas-com-zinco-boro-e-cobre.pdf. Acesso em: 24 maio 2025.

RUFINO, Cassyo de Araújo. Aplicação de cálcio/magnésio e silício nas sementes de soja. 2010. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Pelotas. Disponível em: <https://repositorio.ufpel.edu.br/handle/123456789/1362>. Acesso em: 20 maio 2025.

RUSCHEL, Alaides Puppim; ROCHA, Antonio Carlos de Mesquita; PENTEADO, Alberto de Figueiredo. Efeito do boro e do molibdênio aplicados a diferentes revestimentos da semente de feijão (*Phaseolus vulgaris*). *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, [S. l.], v. 5, n. 1, p. 49–52, 2014. DOI: 10.1590/S1678-3921.pab1970.v5.17596. Disponível em: <https://apct.sede.embrapa.br/pab/article/view/17596>. Acesso em: 25 maio. 2025

SANTOS, Carla; FONSECA, Jorge. Zinco: fisiopatologia, clínica e nutrição. Hospital Garcia de Orta, EPE; Grupo de Estudo de Nutrição Entérica – GENE, 2012. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/261699548_Zinco_fisiopatologia_clinica_e_nutricao. Acesso em: 03 abr. 2025.

TAIZ, L. et al. Fisiologia do Desenvolvimento vegetal. 6. ed. Porto Alegre, RS: Artmed, 2017. 888 p. Acesso em: 25 maio 2025.

TUNES, Lilian Madruga de; PEDROSO, Daniele Cardoso; TAVARES, Lizandro Ciciliano; BARBIERI, Ana Paula Piccinin; BARROS, Antonio Carlos Souza Albuquerque; MUNIZ, Marlove Fátima Brião. Tratamento de sementes de trigo com zinco: armazenabilidade, componentes do rendimento e teor do elemento nas sementes. ***Ciência Rural***, Santa Maria, v.42, n.7, p.1141-1146, jul. 2012. Disponível em: [file:///C:/Users/allin/AppData/Local/Microsoft/Windows/INetCache/IE/3WSFQ08Z/download%20\(85\)\[1\].pdf](file:///C:/Users/allin/AppData/Local/Microsoft/Windows/INetCache/IE/3WSFQ08Z/download%20(85)[1].pdf). Acesso em: 12 maio 2025.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados destacam a importância de uma aplicação precisa dos micronutrientes no tratamento de sementes, garantindo equilíbrio entre o desenvolvimento vegetativo e a manutenção do vigor e da uniformidade de emergência. O ajuste preciso da dose torna-se, portanto, essencial para garantir o bom estabelecimento da cultura.

Tal comportamento sugere que, em determinadas concentrações, os micronutrientes podem se tornar excessivos para as sementes, provocando efeitos negativos, como toxicidade ou interferência em processos fisiológicos essenciais à germinação como a absorção de água, o metabolismo enzimático e a integridade celular.

Assim sendo, o tratamento de sementes com micronutrientes pode ser utilizado como uma estratégia para melhorar o potencial germinativo e o desempenho inicial das hortaliças, especialmente em sistemas produtivos voltados à eficiência e qualidade desde as fases iniciais.

REFERÊNCIAS

- ALBUQUERQUE, Kênia Almeida Diniz et al. Desenvolvimento de mudas de alface a partir de sementes armazenadas e enriquecidas com micronutrientes e reguladores de crescimento. **Bioscience Journal**, v. 25, n. 5, p. 56-65, 2009.
- ALMEIDA, Lílian Guimarães de. Embebição e qualidade fisiológica de sementes de tremoço branco influenciadas pelo fornecimento de micronutrientes. 2013. 26 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Instituto de Agronomia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 2013.
- ALMEIDA, Lílian Guimarães de; BRANDÃO, Aldeane Sousa; ROSSETTO, Claudia Antonia Vieira. Embebição e qualidade fisiológica de sementes de tremoço branco tratadas com micronutrientes. **Ciência Rural**, v. 45, n. 04, p. 612-618, 2014.
- ALVES, Adriana Ursulino. Absorção e mobilidade do boro em plantas de repolho e de couve-flor. 2009. x, 64 f. Tese (Doutorado) – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, 2009. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/entities/publication/568c554f-59db-40d2-a6de-edba6ee26c76>. Acesso em: 16 abr. 2025.
- ALVES, F. A. T. *et al.* Desenvolvimento foliar de couve-rábano, cv. Roxa, cultivada em fibra de coco e fertigada com diferentes soluções nutritivas. IV INOVAGRI International Meeting, 2017. Disponível em: https://web.archive.org/web/20180721073147id_/http://www.inovagri.org/anais/TC1480154.pdf. Acesso em: 16 abr. 2025.
- ALVES, Silvana Rodrigues Vaz; BERTI, Mariana Pina da Silva. Molibdênio no metabolismo e dinâmica vegetal: uma revisão / Molybdenum in vegetable metabolism and dynamics: a review. **Agrotecnologia**, v. 13, n. 1, p. 57, 2022. Disponível em: <https://www.revista.ueg.br/index.php/agrotecnologia/article/view/12534>. Acesso em: 16 abr. 2025.
- ALVES, T. N.; ECHER, M. de M.; COUTINHO, P. W. R.; JÚNIOR, E. K. M.; KLOSOWSKI, E. S.; SACKSER, G. A. B.; BLACK, A. V.; INAGAKI, A. M. Efeitos dos consórcios com quiabeiro nas características físico-químicas da couve de folha sob manejo orgânico. **Brazilian Journal of Development.**, v. 6, n. 10, p. 79987–80001, 2020. Disponível em: <https://www.brazilianjournals.com/ojs/index.php/BRJD/article/view/18534>. Acesso em: 18 set. 2025.
- AMARO, Hugo Tiago Ribeiro *et al.* Tratamento de sementes com produtos à base de fertilizantes e reguladores de crescimento. **Pesquisa Agropecuária Gaúcha**, v. 26, n. 1, p. 222-242, 2020.
- ANDRADE, Ramiro Vilela de *et al.* **Qualidade fisiológica das sementes do milho híbrido simples HS 200 em relação ao tamanho.** 2001. Disponível em: <https://core.ac.uk/download/pdf/45513044.pdf>. Acesso em: 18 abr. 2025.

ARAÚJO, Matheus de Oliveira. Germinação e vigor de sementes de amendoim tratadas com fertilizante foliar. 2019. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Agronomia) – Faculdade Dr. Francisco Maeda, Fundação Educacional de Ituverava, Ituverava, 2019. Disponível em: <https://repositorio.feituverava.com.br/srv-c0002-s01/api/core/bitstreams/636c1758-6ec2-4339-94a0-309b5c0a2a73/content>. Acesso em: 17 abr. 2025.

BASTOS, Ana Rosa Ribeiro; et al. Métodos de extração para quantificação de manganês disponível em fertilizantes. **Química Nova**, v. 30, p. 1616-1622, 2007. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0100-40422007000700022>. Acesso em: 17 abr. 2025.

BENÍCIO, Luíz Paulo Figueredo; DA SILVA, Luziano Lopes; LIMA, SAULO DE OLIVEIRA. Formação de mudas de couve sob diferentes concentrações de biofertilizante foliar. *Acta Tecnológica*, v. 6, n. 2, p. 1-6, 2012.

BRASIL. Regras para análise de sementes. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária., Brasília-DF: SNDA/DNDV/CLAV. 2009. 399 p. Disponível em: https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/insumos-agropecuarios/arquivos-publicacoes-insumos/2946_regras_analise_sementes.pdf. Acesso em: 18 abr de 2025.

CAETANO, Luiz Carlos Santos; CARVALHO, Almy Junior Cordeiro de. Efeito da adubação com boro e esterco bovino sobre a produtividade da figueira e as propriedades químicas do solo. **Ciência Rural**, v. 36, p. 1150-1155, 2006.

CARDOSO, Antonio Ismael Inácio et al. Phosphate fertilization on production and quality of cauliflower seeds. **Ciência Rural**, v. 46, n. 8, p. 1337-1343, 2016. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/cr/a/p5F4CT6vnG9NwLVw45JxWDy/?lang=en>. Acesso em: 16 abr. 2025.

CASTRO, Matheus Henrique Assis. Desempenho de cultivares de soja submetidos ao tratamento de sementes com macro e micronutrientes. 2021. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Agronomia) – Instituto de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, MG. Disponível em: <https://repositorio.ufu.br/bitstream/123456789/33286/1/DesempenhoCultivaresSoja.pdf>. Acesso em: 15 jul. 2025.

CAVALLI, J.; ZANUZO, M. R.; RIBEIRO, L. M.; CAVALLI, E.; CAVALLI, C.; MOREIRA, A. S. Desempenho agrônomico da couve-flor (cv. Cindy) sob diferentes doses de boro. 2019. Acesso em: 08 fev. 2025. Disponível em: https://scholar.google.com.br/scholar?q=fatores+limitantes+do+boro+na+couve+&hl=pt-BR&as_sdt=0,5#d=gs_qabs&t=1739036561962&u=%23p%3DOj_xU0H2tRUJ

CERETTA, C. A.; PAVINATO, A.; PAVINATO, P. S.; MOREIRA, I. C. L.; GIROTTO, E.; TRENTIN, E. E. Micronutrientes na soja: produtividade e análise econômica. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 35, n. 3, p. 576-581, 2005. DOI: 10.1590/S0103-84782005000300013.

CERQUEIRA, Gleice Santos. Crescimento inicial de plantas de couve manteiga (*Brassica oleracea* var. *acephala*.) em proporções de três substratos. 2018. Disponível em: <https://ri.ufrb.edu.br/handle/123456789/1974>. Acesso em: 16 abr. 2025.

CERQUEIRA, Gleice Santos. Crescimento inicial de plantas de couve manteiga (*Brassica oleracea* var. *acephala*) em proporções de três substratos. 2018. Cruz das Almas, BA. Disponível em: <https://ri.ufrb.edu.br/handle/123456789/1974>. Acesso em: 18 abr. 2025.

COSTA, C. J.; BERTONCELLO, M. R.; TRZECIAK, M. B.; VILLELA, F. A. Condicionamento fisiológico de sementes de cenoura e sua interferência no desempenho das sementes sob condições adversas. 2013. Disponível em: <http://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/953347>. Acesso em: 16 abr. 2025.

DA SILVA-MATOS, Raissa Rachel Salustriano et al. Desenvolvimento inicial de mudas de melancia cv. Crimson Sweet em função de doses de boro aplicadas na semente. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 40, n. 4, p. 728-735, 2017.

DE OLIVEIRA, Ueliton Soares et al. Germinação de sementes de couve manteiga em diferentes substratos. *Semana de Agronomia da UESB (SEAGRUS)*, v. 2, n. 1, 2020. Disponível em: <https://downloads.editoracientifica.com.br/articles/220408602.pdf>. Acesso em: 16 abr. 2025.

DE OLIVEIRA, Ueliton Soares et al. Germinação de sementes de couve manteiga em diferentes substratos. *Semana de Agronomia da UESB (SEAGRUS)*ISSN 2526-8406, v. 2, n. 1, 2020.

DECHEN, Antonio Roque; NACHTIGALL, Gilmar Ribeiro. Micronutrientes. In: *Nutrição Mineral de Plantas*. Viçosa: Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, 2006. p. 328-354.

DIAS, Denise Cunha Fernandes dos Santos et al. Teste de condutividade elétrica para avaliação do vigor de sementes de cebola. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 28, p. 154-162, 2006. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0101-31222006000100022>. Acesso em: 12 abr. 2025.

DOS SANTOS BRUNING, Matheus; SIMONETTI, Ana Paula Morais Mourão; BOIAGO, Nayara Parisoto. Produção e desenvolvimento da cultura do milho sob dosagens de magnésio via foliar. **Revista Cultivando o Saber**, p. 108-119, 2023. Disponível em: <https://cultivandosaber.fag.edu.br/index.php/cultivando/article/view/1266/1106>. Acesso em: 17 abr. 2025.

ESPÍNDOLA, T. A. de A.; ESPÍNDOLA, J. de S.; MEERT, L. Condicionamento fisiológico de sementes de beterraba para produção de baby leaf's. **Revista Campo Digital**, v. 15, n. 1, 2020. Disponível em: <https://revista2.grupointegrado.br/revista/index.php/campodigital/article/view/2750>. Acesso em: 11 abr. 2025.

FAGERIA, N., K. Níveis adequados e tóxicos de boro na produção de arroz, feijão, milho, soja e trigo em solo de Cerrado. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola Ambiental**, Campina Grande, v. 4, n.1, p. 57-62, 2000.

FERNANDES, Ítala Maiara Vieira. Avaliação química de couve-manteiga (*Brassica oleracea*) com adição de revestimento à base de amido. 2023. Dissertação (Mestrado Profissional em Olericultura) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano – *Campus Morrinhos*, Morrinhos-GO. Disponível em: <https://repositorio.ifgoiano.edu.br/handle/prefix/3694>. Acesso em: 18 abr. 2025.

FERREIRA, Jerônimo Jonas et al. No-till broccoli production using different cover crop residues and nitrogen doses. *Horticultura Brasileira*, v. 41, p. e2479, 2023.

FERREIRA, Wanessa Resende; RANA, Marli A. Germinação de sementes e crescimento de plântulas de *Brassica chinensis* L. var. *parachinensis* (Bailey) Sinskaja (Couve-da-Malásia). Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/AI-SEDE/7323/1/pab467-96.pdf>. Acesso em: 18 abr. 2025.

FONSECA, Fernando Cavicchioli. Utilização de molibdênio via foliar no enriquecimento de sementes de soja. Universidade Federal de Uberlândia, Instituto de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Agronomia, 2006. Disponível em: <https://repositorio.ufu.br/bitstream/123456789/12236/1/UtilizacaoMolibdenioVia.pdf>. Acesso em: 17 abr. 2025.

GARCIA, Genilson Guinter; SILVA, Tiago Roque Benetoli da; SECCO, Deonir. Épocas de aplicação e doses de fertilizante à base de cobre e zinco no rendimento de grãos de soja. *Cultivando o Saber*. Faculdade Assis Gurgacz – FAG, Curso de Agronomia, Avenida das Torres n. 500, CEP: 85.806-095, Bairro Santa Cruz, Cascavel, PR, 2009. Disponível em: https://scholar.google.com.br/scholar?hl=pt-BR&as_sdt=0%2C5&q=tratamento+de+sementes+com+cobre&btnG=#d=gs_qabs&t=1744896599020&u=%23p%3DvB-B7tFkDscJ. Acesso em: 17 abr. 2025.

GIBRINDE BARBOSA, Livia et al. Análise morfológica da couve (*Brassica oleracea* L. var. *acephala*) cultivada em vasos sob diferentes dosagens de esterco. **Diversitas Journal**, v. 8, n. 2, p. 686–691, 2023. DOI: 10.48017/djv8i2.2608. Disponível em: https://www.diversitasjournal.com.br/diversitas_journal/article/view/2608. Acesso em: 16 abr. 2025.

GONÇALVES, Ana Stella Freire; DE OLIVEIRA NETO, Sebastião Soares; MACHADO, Guilherme Gonçalves. Uso de micronutrientes na agricultura: efeitos e aplicações. **Revista Agronomia Brasileira**, v. 3, p. 1-4, 2019. Disponível em: <https://www.fcav.unesp.br/Home/departamentos/fitossanidade/laboratoriomatologia/agronomiabrasileira/rab201912.pdf>. Acesso em: 18 abr. 2025.

GONDIM, Ancélio Ricardo de Oliveira. Absorção e mobilidade do boro em plantas de tomate e de beterraba. 2009. iv, 76 f. Tese (Doutorado em Ciências Agrárias e Veterinárias) — Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, 2009. Disponível em:

<https://repositorio.unesp.br/entities/publication/1a2c0bdf-2975-4b86-b847-79abcc2bef32>. Acesso em: 18 abr. 2025.

GUEDES, R. S. et al. Testes de vigor na avaliação da qualidade fisiológica de sementes *Erythrina velutina* Willd. (Fabaceae - Papilionoideae). Disponível em: <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2008>. Acesso em: 12 abr. 2025.

HAAG, H.P.; HOMA, P. Nutrição mineral de hortaliças: VIII. deficiências de macronutrientes em cenoura. Anais da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, Brasil, v. 26, p. 131–139, 1969. DOI: 10.1590/S0071-12761969000100012. Disponível em: <https://revistas.usp.br/aesalq/article/view/38897..> Acesso em: 15 jul. 2025.

HANSEL, Fernando Dubou; OLIVEIRA, Maurício L. Importância dos micronutrientes na cultura da soja no Brasil. Informações Agronômicas, v. 153, p. 1-14, 2016. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Fernando-Hansel-2/publication/305659319_Importancia_dos_Micronutrientes_na_Cultura_da_Soja_no_Brasil/links/5798a7b008ae33e89fb0a6c5/Importancia-dos-Micronutrientes-na-Cultura-da-Soja-no-Brasil.pdf. Acesso em: 17 abr. 2025.

HERNANDES, Amanda; NATALE, William; CAZETTA, Jairo Osvaldo; ROZANE, Danilo Eduardo; SOUZA, Henrique Antunes de; ROMUALDO, Liliâne Maria. Influência do manganês no crescimento e na composição mineral de mudas de caramboleira. 2010. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0100-29452010005000125>. Acesso em: 17 abr. 2025.

HUSSEIN, A. A.; ALI, A. H. Effect of spraying with organic fertilizer (Fylloton) and boron on growth characteristics and yield of green beans grown in unheated plastic houses. *Euphrates Journal of Agriculture Science*, [s. l.], v. 13, n. 4, p. 202-210, 2021.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Couve – Produção agropecuária. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/explica/producao-agropecuaria/couve/br>. Acesso em: 16 abr. 2025.

IBRINDE BARBOSA, Livia et al. Análise morfológica da couve (*Brassica oleracea* L. var. *acephala*) cultivada em vasos sob diferentes dosagens de esterco. *Diversitas Journal*, v. 8, n. 2, p. 686–691, 2023. DOI: 10.48017/djv8i2.2608. Disponível em: https://diversitasjournal.com.br/diversitas_journal/article/view/2608. Acesso em: 16 abr. 2025.

JOHNSON, S.E. et al. A comparison of the effects of micronutrient seed priming and soil fertilization on the mineral nutrition of chickpea (*Cicer arietinum*), lentil (*Lens culinaris*), rice (*Oryzasativa*) and wheat (*Triticum aestivum*) in Nepal. *Experimental Agriculture*, v.41, n.4, p.427-448, 2005. Disponível em: <<http://journals.cambridge.org/action/displayAbstract?fromPage=online&aid=340923>>. Acesso em: 22 fev. 2013. doi: 10.1017/S00 14479705002851

KAPPES, C.; GOLO, A.L.; CARVALHO, M.A.C. Doses e épocas de aplicação foliar de boro nas características agrônômicas e na qualidade de sementes de soja. **Scientia Agraria**, Curitiba, v.9, n.3, p.291-297, 2008.

KUHN, Thiago Cesar. Qualidade e teor de nutrientes em sementes de couve manteiga oriundas de sistemas convencional e orgânico. 2023. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Agronomia) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, 2023. Disponível em: <https://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/34034>. Acesso em: 16 abr. 2025.

LEMES, Elisa et al. Tratamento de sementes de soja com zinco: efeito na qualidade fisiológica e produtividade. *Colloquium Agrariae*, Presidente Prudente, v. 13, n. 3, p. 76-86, 2017. Disponível em: <https://journal.unoeste.br/index.php/ca/article/view/1855>. Acesso em: 17 abr. 2025.

LIMA, Maria da Graça de Souza et al. Qualidade fisiológica de sementes de arroz submetidas a estresse salino. 2005. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0101-31222005000100007>. Acesso em: 18 abr. 2025.

LOPES, Alfredo Scheid. Micronutrientes: filosofias de aplicação e eficiência agrônômica. São Paulo: ANDA, 1999. Disponível em: <https://portalgepes.com/wp-content/uploads/2020/03/anda-micronutrientes-filosofias-de-aplicac3a7c3a3o-e-efic3aancia-agronc3b4mica.pdf>. Acesso em: 17 abr. 2025.

LOPES, Guilherme da Fonseca. Aplicação de molibdênio combinada com cobre, manganês e zinco no tratamento de sementes de soja. Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Câmpus de Jaboticabal, Jaboticabal – SP, 2022. Disponível em: https://scholar.google.com.br/scholar?hl=pt-BR&as_sdt=0%2C5&q=tratamento+de+sementes+com+mangan%C3%AAs+&btnG=#d=gs_qabs&t=1744897163424&u=%23p%3DBq9pVW-jOEUIJ. Acesso em: 17 abr. 2025.

LOPES, Kilson Pinheiro et al. Salinidade na qualidade fisiológica em sementes de *Brassica oleracea* L. var. itálica. Salinity in the germination of *Brassica oleracea* L. var. itálica, p. 2252, 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2014v35n5p2251>. Acesso em: 12 abr. 2025.

LUCHESE, Augusto Vagheti; GONÇALVES JUNIOR, Affonso Celso; LUCHESE, Eduardo Bernardi; BRACCINI, Maria do Carmo Lana. Emergência e absorção de cobre por plantas de milho (*Zea mays*) em resposta ao tratamento de sementes com cobre. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 34, n. 6, p. 1949-1952, nov.-dez. 2004. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0103-84782004000600044>. Acesso em: 17 abr. 2025.

LUCIANO, Bernardo Hamuyela et al. A influência dos macro e micronutrientes na produção de semente de qualidade. **Revista Observatorio de la Economía Latinoamericana**, Curitiba, v. 22, n. 3, p. 01–20, 2024. ISSN 1696-8352. DOI: 10.55905/oelv22n3-093. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/378919704_A_influencia_dos_macro_e_micronutrientes_na_producao_de_semente_de

_qualidade /fulltext/65f1b069286738732d3e06fa/A-influencia-dos-macro-e-micronutrientes-na-producao-de-semente-de-qualidade.pdf. Acesso em: 15 jul. 2025.

MAGUIRE, J. D. Velocidade de germinação na seleção e avaliação de emergência e vigor de plântulas. *Crop Science*, v. 2, n. 1, p. 176-177, 1962.

MARCOLINI, M. W.; CECÍLIO FILHO, A. B.; BARBOSA, J. C. Equações de regressão para a estimativa da área foliar de couve-folha. **Científica**, Dracena, SP, v. 33, n. 2, p. 192–198, 2008. DOI: 10.15361/1984-5529.2005v33n2p192-198. Disponível em: <http://cientifica.org.br/index.php/cientifica/article/view/53>. Acesso em: 16 abr. 2025.

MARCONDES, José Alfredo Prestes; CAIRES, Eduardo Fávero. Aplicação de molibdênio e cobalto na semente para cultivo da soja. 2005. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbs/a/zPC749pcxQLQNmK3prMZqxf/?lang=pt>. Acesso em: 17 abr. 2025.

MARTINS, Denize Carvalho; BORGES, Iran Dias; CRUZ, José Carlos; NETTO, Dea Alécia Martins. Produtividade de duas cultivares de milho submetidas ao tratamento de sementes com bioestimulantes fertilizantes líquidos e *Azospirillum sp.* **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 15, n. 2, p. 217-228, 2016. Disponível em: https://scholar.google.com.br/scholar?hl=pt-BR&as_sdt=0%2C5&q=Tratamento+de+sementes+com+fertilizantes+&btnG=#d=gs_qabs&t=1745265442797&u=%23p%3De1iweF1cEjMJ. Acesso em: 21 abr. 2025.

MELLO, Simone da Costa; SPINOLA, Maria Cristina Míngues; MINAMI, Keigo. Métodos de avaliação da qualidade fisiológica de sementes de brócolos. *Scientia Agricola*, v. 56, p. 1151-1155, 1999. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0103-90161999000500017>. Acesso em: 12 abr. 2025.

MENTEN, José Otávio Machado; MORAES, Maria Heloísa Duarte de. Tratamento de sementes: histórico, tipos, características e benefícios. Informativo Abrates. Londrina: Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, 2010. Disponível em: <https://repositorio.usp.br/item/002133130>. Acesso em: 21 abr. 2025.

NAKAGAWA, João et al. Testes de vigor baseados no desempenho das plântulas. Vigor de sementes: conceitos e testes. Londrina: ABRATES, v. 1, n. 1, p. 2.1-2.24, 1999.

NAKAO, Allan Hisashi et al. Características agrônômicas e qualidade fisiológica de sementes de soja em função da adubação foliar com boro e zinco. **Revista de Ciências Agrônômicas**. 2018. Disponível em: https://scholar.google.com.br/scholar?hl=ptBR&as_sdt=0%2C5&q=qualidade+fisiol%3%B3gica+boro&btnG=#d=gs_qabs&t=1741554858387&u=%23p%3DdIW92WENJHwJ. Acesso em: 2025.

NASCIMENTO, Amelisa Almeida do. Avaliação do crescimento e desenvolvimento de duas variedades de couve: Couve Manteiga e Couve Tronchuda, em cultivo orgânico. 2016. Disponível em: <https://monografias.ufma.br/jspui/handle/123456789/1401>. Acesso em: 18 abr. 2025.

NASCIMENTO, Viviane Rocha Ramos. Remineralizador a base de pó de basalto no cultivo de couve-manteiga. 2024. 43 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2024. DOI: <http://doi.org/10.14393/ufu.di.2024.5049>. Acesso em: 16 abr. 2025.

NASCIMENTO, Warley Marcos; SILVA, Patricia Pereira da. Tratamentos de sementes visando o estabelecimento de plântulas. In: Curso Sobre Tecnologia de Produção de Sementes de Hortaliças, Mossoró, RN, 22 a 24 de outubro de 2012. Brasília: Embrapa Hortaliças, 2012. Disponível em: <https://core.ac.uk/download/pdf/45509521.pdf>. Acesso em: 16 abr. 2025.

NEZARAT, S.; GHOLAMI, A.; ASGHARI, H.R.; et al. Resposta do sorgo sacarino à adubação com magnésio e remoção da copa. *Sugar Technology*, v. 20, p. 305-311, 2018. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s12355-017-0587-6>. Acesso em: 17 abr. 2025.

NOVO, Maria do Carmo de S. S. et al. Desenvolvimento e produção de genótipos de couve manteiga. *Horticultura Brasileira*, v. 28, p. 321-325, 2010. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0102-05362010000300014>. Acesso em: 18 abr. 2025.

OLIVEIRA, Ademar Pereira de et al. Produção e qualidade fisiológica de sementes de coentro em função de doses de nitrogênio. *Revista Brasileira de Sementes*, v. 28, n. 1, p. 193–198, 2006. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbs/a/NYWhJNHCKprCq5zt9Gd9ZVy/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 15 jul. 2025.

OLIVEIRA E OLIVEIRA, Carina; PINTO, Carolina Cipriano; GARCIA, Ariani; BETTIOL, João Victor Trombeta; SÁ, Marco Eustáquio de; LAZARINI, Edson. Produção de sementes de soja enriquecidas com molibdênio. *Rev. Ceres, Viçosa*, v. 64, n. 3, p. 282-290, mai./jun. 2017. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rceres/a/sSgCSjgr4TxD9rsF7mVg75Q/?lang=pt>. Acesso em: 17 abr. 2025.

OLIVEIRA, Cintia da Silva; OLIVEIRA, Jaiara Almeida de; ASSIS, Valeska Cristina Souza Silva de; OLIVEIRA, Gustavo Henrique de; SÁ, Amanda Aciely Serafim de; SILVA, Ramon Pereira da; CASAMASSA, Maurício Tayar; BERTI, Mariana Pina da Silva. Dinâmica do magnésio no sistema solo-planta e sua participação no metabolismo e nutrição de plantas: uma revisão. *Scientific Electronic Archives*, [S. l.], v. 17, n. 4, 2024. DOI: 10.36560/17420241898. Disponível em: <https://scientificalelectronicarchives.org/index.php/SEA/article/view/1898>. Acesso em: 17 abr. 2025.

PACHECO, Alexandro Gonçalves et al. Preferência de oviposição de *Ascia monuste orseis* (Latreille) (Lepidoptera: Pieridae) em *Cleome spinosa* (Jacq.) Raf. e *Brassica oleracea* L. var. *acephala*. *Ciência Agrícola*, Rio Largo, v. 22, Número especial, p. 1-6, 2024. Disponível em: <https://www.seer.ufal.br/index.php/revistacienciaagricola/article/view/18380>. Acesso em: 18 abr. 2025.

PALHERO, Marcelo Oliveira. Desenvolvimento de mudas de couve-manteiga em diferentes substratos. 2021. Disponível em: <https://repositorio.feituverava.com.br/srv-c0002-s01/api/core/bitstreams/d96b908d-63f0-4a4e-9e67-6db90ac4a5fd/content>. Acesso em: 16 abr. 2025.

PÊGO, Rogério Gomes; NUNES, Ubirajara Russi; MASSAD, Marília Dutra. Qualidade fisiológica de sementes e desempenho de plantas de rúcula no campo. **Ciência Rural**, v. 41, p. 1341-1346, 2011. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0103-84782011000800008>. Acesso em: 12 abr. 2025.

PRADO, Rafael Augusto Mendonça. Diferentes doses de nitrogênio no desenvolvimento da couve manteiga (*Brassica oleracea* L. var. *acephala*). 2018. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Agronomia) – Centro Universitário Anhanguera, 2018. Disponível em: <http://repositorio.anhanguera.edu.br:8080/jspui/handle/123456789/134>. Acesso em: 16 abr. 2025.

PRADO, Renato de Mello; FRANCO, Claudenir Facincani; PUGA, Aline Peregrina. Deficiências de macronutrientes em plantas de soja cv. BRSMG 68 (Vencedora) cultivada em solução nutritiva. **Comunicata Scientiae**, v. 1, n. 2, p. 114–119, 2010. Disponível em: <http://hdl.handle.net/11449/71983>. Acesso em: 15 jul. 2025.

R Core Team. R: A language and Environment for Statistical Computing. R Foundation for Statistical Computing, Viena, Austria. 2025.

RAMOS, Francielle Souza de Menezes. Características agronômicas e microbiológicas da couve manteiga (*Brassica oleracea* L.) irrigada com água residuária tratada em ambiente protegido. 2021. 67 f. Dissertação (Mestrado em Recursos Hídricos) – Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, 2021. Disponível em: <http://ri.ufs.br/jspui/handle/riufs/17185>. Acesso em: 12 abr. 2025.

RUFFO, Rafael Vitor. Tratamento de sementes de soja com cobre-polifenólico. 2023. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Agronomia) – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, *Campus* de Chapadão do Sul, Chapadão do Sul, 2023. Disponível em: <https://repositorio.ufms.br/handle/123456789/6248>. Acesso em: 17 abr. 2025.

SANTANA, O. I.; SANTOS, M. S.; SANTOS, C. A. P.; CAMPOS, N. M. Produção de feijão-de-corda sob diferentes doses de nitrogênio aliado à aplicação de boro. **Agropecuária Científica no Semiárido**, Patos, v.16, n.2, p.75-80, 2020.

SANTOS, Osmar Souza dos; RIBEIRO, Nerinéia Dalfollo. Fontes de zinco aplicadas em sementes de milho, em solução nutritiva. Zinc sources applicated in corn seeds, in nutrient solution. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 24, n. 1, 1994. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/cr/a/dcgLDfvM5J7jkhxCtY3ZySv/?lang=pt>. Acesso em: 17 abr. 2025.

SANTOS, Reidner et al. eficiência de bioinseticida e inseticida natural no controle de pulgão verde (*Myzus persicae*) em couve-manteiga (*Brassica oleracea* var. *acephala*). 2023.

SENGIK, Erico S. Os macronutrientes e os micronutrientes das plantas. **Revista Ciências Agrárias**, v. 1, n. 2, p. 22-46, 2003.

SILVA, Diego Jorge da Silva Jorge et al. Monitoramento da couve manteiga (*Brassica oleracea* L. var. *acephala*) cultivada em vasos com diferentes substratos e o registro de pragas-chave. **Revista Craibeiras de Agroecologia**, v. 1, n. 1, 2017. Disponível em: <https://www.seer.ufal.br/index.php/era/article/view/3849>. Acesso em: 12 abr. 2025.

SILVA, K. A. et al. produção de couve-manteiga em resposta a aplicação de esterco bovino.

SILVA, L. T. Conservação e qualidade pós-colheita de folhas de couve manteiga submetidas ao hidrofresamento. 2016. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Agronomia) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sertão Pernambucano, *Campus Petrolina Zona Rural*, Petrolina - PE, 2016. Disponível em: <https://releia.ifsertaope.edu.br/jspui/handle/123456789/386>. Acesso em: 16 abr. 2025.

SILVA, Wellington F. et al. Diagnóstico da produção de hortaliças na região metropolitana de Belo Horizonte. **Horticultura Brasileira**, v. 33, p. 368-372, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0102-053620150000300015>. Acesso em: 18 abr. 2025.

SMIRDELE, O. J; CARVALHO, J. CÍCERO, S. M. Tratamento de Sementes de Feijão com Micronutrientes. Embebição e Qualidade Fisiológica. *Agro@mbienteOn-line*, vol.2, no. 1, p. 22-27, Boa Vista, 2008.

SOUTO, Fernanda da Luz. Identificação de motivos conservados e prospecção de marcadores EST-SSR em genes responsáveis pela homeostase de metais pesados em plantas. 2015. 89 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Biotecnologia) – Universidade Federal do Pampa, São Gabriel, 2015. Disponível em: <https://dspace.unipampa.edu.br/handle/rii/574>. Acesso em: 17 abr. 2025.

SOUZA, Emanuele Possas de. Sementes peliculizadas e peletizadas com boro e molibdênio na qualidade fisiológica e produção da couve-flor. 2024. Tese (Doutorado em Agronomia/Horticultura) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2024. Disponível em: <https://hdl.handle.net/11449/254775>. Acesso em: 16 abr. 2025.

SOUZA, Emanuele Possas de. Tratamento de sementes de couve-flor com produto à base de *Bacillus subtilis* para produção de mudas e produção comercial das plantas. 2019. Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”. Faculdade de Engenharia, *Campus de Ilha Solteira*. Disponível em: https://scholar.google.com.br/scholar?hl=pt-BR&as_sdt=0%2C5&q=Tratamento+de+sementes+da+couve+manteiga+&oq=t#d=gs_qabs&t=1745264590483&u=%23p%3DXSBbKV8XicUJ. Acesso em: 21 abr. 2025.

SOUZA, Marcelo Fernando Pereira. Modos de aplicação de manganês e zinco em dois cultivares de soja. Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Faculdade de Engenharia – *Campus* de Ilha Solteira, Ilha Solteira, 2015. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/server/api/core/bitstreams/49acca14-2813-4787-9230-536020ef6971/content>. Acesso em: 17 abr. 2025.

SOUZA, Westefann dos Santos; MELO, Osmanny Francisco Pereira de; REZENDE, Alexandre Garcia; SILVA, Juliana Oliveira da Silva de Menezes; CINTRA, Pedro Henrique Nascimento; BERTI, Mariana Pina da Silva. Qualidade fisiológica de sementes de couve manteiga em função do hidrocondicionamento em diferentes períodos e concentrações de sulfato de zinco. **Revista de Agricultura**, v. 9, p. 26, 2020. Acesso em: 05 fev. 2025.

STEINER, Fabio; SABEDOT, Mayara Andressa; LEMOS, Juliane Mendes. Efeito do composto orgânico sobre a produção e acúmulo de nutrientes nas folhas de couve manteiga. *Cadernos de Agroecologia*, v. 4, n. 1, 2009. Disponível em: <https://www.aba-agroecologia.org.br/revista/cad/article/view/4085/3141>. Acesso em: 22 maio 2025.

STEINER, Fabio; SABEDOT, Mayara Andressa; LEMOS, Juliane Mendes. Efeito do composto orgânico sobre a produção e acúmulo de nutrientes nas folhas de couve-manteiga. **Cadernos de Agroecologia**, v. 4, n. 1, 2009. Disponível em: <https://www.aba-agroecologia.org.br/revista/cad/article/view/4085/3141>. Acesso em: 22 maio 2025.

TAVARES, L. C.; LEMES, E. S.; BRUNES, A. P.; DE OLIVEIRA, S.; MENDONÇA, A.O.; VILLELA, F. A. Suplementação de boro na semeadura e no perfilhamento em cevada: rendimento e qualidade de sementes. **Amazonian Journal of Agricultural and Environmental Sciences**, v. 61, n. 1, p. 7, 2018.

TERNUS, Fernando Lemes; TORTELLI, Brenda; MILANESI, Paola Mendes; SILVA, Vanessa Neumann. Efeito do extrato de *Ascophyllum nodosum* na germinação de sementes de couve em diferentes temperaturas. **Scientific Electronic Archives**, [S. l.], v. 14, n. 5, p. 29–34, 2020. DOI: 10.36560/14520211274. Disponível em: <https://doi.org/10.36560/14520211274>. Acesso em: 16 abr. 2025.

TRANI, P.; TIVELLI, S.; BLAT, S.; PRELA-PANTANO, A.; TEIXEIRA, E.; ARAÚJO, H.; NOVO, M. Couve de folha: do plantio à pós-colheita. Campinas: IAC, 2015. 36 p. Boletim Técnico, 214. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/278404322_Couve_de_folha_do_plantio_a_pós-colheita. Acesso em: 16 abr. 2025.

TUNES, Lilian Madruga de; PEDROSO, Daniele Cardoso; TAVARES, Lizandro Ciciliano; BARBIERI, Ana Paula Piccinin; BARROS, Antonio Carlos Souza Albuquerque; MUNIZ, Marlove Fátima Brião. Tratamento de sementes de trigo com zinco: armazenabilidade, componentes do rendimento. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 42, n. 7, p. 1141-1146, jul. 2012. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/cr/a/KChhmx94SDGHDWbwWwncKsF/?lang=pt>. Acesso em: 17 abr. 2025.

VIANA, Samara Santos. Germinação e crescimento inicial de diferentes culturas em função de aplicação e doses de cálcio e magnésio. 2020. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias – Agronomia) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano – *Campus* Rio Verde, Rio Verde, 2020. Disponível em: <https://repositorio.ifgoiano.edu.br/handle/prefix/1272>. Acesso em: 17 abr. 2025.

VICENTE, Gabriel Jardim. Micronutrientes na cultura do feijão. 2021. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Agronomia) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Departamento Acadêmico de Ciências Agrárias, Pato Branco, 2021. Disponível em: <https://riut.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/27225>. Acesso em: 18 abr. 2025.

WIMMER, Monika A.; EICHERT, Thomas. Mecanismos para mudanças mediadas por deficiência de boro nas relações hídricas das plantas. **Ciência das Plantas**, v. 203, p. 25-32, 2013. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0168945212002737>. Acesso em: 18 abr. 2025.

YAMADA, T. Respostas das culturas aos micronutrientes. In: BONOTTO, Ivan. No tratamento de semente de milho com suspensão concentrada à base de zinco, 2008.