

Campus Colorado do Oeste
Coordenação do Curso de Engenharia Agrônoma

RAFAEL HORBUCH NETO

OMISSÃO DE MACRONUTRIENTES SECUNDÁRIOS EM PLANTAS DE SORGO

RAFAEL HORBUCH NETO

OMISSÃO DE MACRONUTRIENTES SECUNDÁRIOS EM PLANTAS DE SORGO

Capítulo de livro entregue como Trabalho de Conclusão de Curso ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Rondônia (IFRO), *Campus* Colorado do Oeste, como requisito parcial para obtenção do grau de bacharel, junto ao Curso de Engenharia Agrônômica, sob a orientação do professor Stella Cristiani Gonçalves Matoso.

Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema Gerador de Ficha Catalográfica do IFRO.

Horbuch Neto, Rafael.

Omissão de macronutrientes secundários em plantas de sorgo /
Rafael Horbuch Neto. - Colorado do Oeste, 2025.
13 f. : il.

Orientador(a): Prof^ª. Stella Cristiani Goncalves Matoso.

Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia
Agrônoma) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de
Rondônia - IFRO, Colorado do Oeste, 2025.

1. Deficiência nutricional. 2. Sintomas visuais. 3. Solução nutritiva.
4. *Sorghum bicolor*. I. Matoso, Stella Cristiani Goncalves (orient.). II.
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Rondônia -
IFRO. III. Título.


Bibliotecário(a) Responsável: Roseni Santos Rodrigues, CRB-11/916

RAFAEL HORBUCH NETO

OMISSÃO DE MACRONUTRIENTES SECUNDÁRIOS EM PLANTAS DE SORGO

Capítulo de livro entregue como Trabalho de Conclusão de Curso ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Rondônia (IFRO), *Campus Colorado do Oeste*, como requisito parcial para obtenção do grau de bacharel, junto ao Curso de Engenharia Agrônômica, sob a orientação do professor Stella Cristiani Gonçalves Matoso.

Aprovado em: 04/12/2025 pela banca examinadora.

 Documento assinado digitalmente
MURILO VARGAS DA SILVEIRA
Data: 09/01/2026 09:25:02-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Membro da Banca

Membro da Banca

Orientador

CAPÍTULO 7

OMISSÃO DE MACRONUTRIENTES SECUNDÁRIOS EM PLANTAS DE SORGO

OMISSION OF SECONDARY MACRONUTRIENTS IN SORGHUM PLANTS

DOI: <https://doi.org/10.56001/22.9786500495669.07>

Submetido em: 30/11/2024

Revisado em: 14/12/2024

Publicado em: 18/12/2024

Sandra Morais dos Reis

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Rondônia, Campus Colorado do
Oeste- RO

<http://lattes.cnpq.br/8870413835211577>

Stella Cristiani Gonçalves Matoso

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Rondônia, Campus Colorado do
Oeste- RO

<http://lattes.cnpq.br/1171198044514295>

Evellyn Danyla Guilherme Barbosa

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Rondônia, Campus Colorado do
Oeste- RO

<http://lattes.cnpq.br/697259943534875527>

Rafael Horbuch Neto

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Rondônia Câmpus Colorado do
Oeste- RO

<http://lattes.cnpq.br/697259943534875527>

Resumo

O cultivo da cultura do sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) vem aumentando ao longo dos anos, devido ao aumento do seu potencial produtivo e elevada resistência ao déficit hídrico. Nesse sentido, o aspecto nutricional é um fator decisivo para o sucesso da cultura. O presente trabalho objetivou avaliar os sintomas típicos e individualizados da deficiência nutricional de macronutrientes secundários (Ca, Mg e S) na cultura do sorgo cultivado em solução nutritiva. O experimento foi conduzido em casa de vegetação no Instituto Federal de Rondônia, *Campus* Colorado do Oeste, utilizando-se a cultivar BM Podium como planta teste. O experimento seguiu um delineamento experimental inteiramente casualizado (DIC), com quatro tratamentos e cinco repetições, totalizando 20 parcelas. Os tratamentos consistiram em solução nutritiva completa, solução com omissão de Ca, solução com omissão de Mg e solução com omissão de S. A unidade experimental consistiu em um vaso tipo Leonard adaptado. O experimento foi conduzido até os 30 dias após a emergência das plantas. A partir de dados normais, foi realizado o teste F, ao nível de 5% de probabilidade. A omissão dos macronutrientes secundários não afeta a massa seca da parte aérea, da raiz e da planta inteira de sorgo. Mesmo sem diferença estatística nas variáveis relacionadas ao crescimento das plantas, é possível observar sintomas visuais típicos da deficiência de Ca, Mg e S no sorgo. Estes sintomas estão relacionados com as funções dos elementos nas plantas.

Palavras-Chave: deficiência nutricional, sintomas visuais, solução nutritiva, *Sorghum bicolor*.

Abstract

The cultivation of sorghum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) has been increasing over the years, due to its increased production potential and high resistance to water deficit. In this sense, the nutritional aspect is a decisive factor for the success of the crop. The present study aimed to evaluate the typical and individualized symptoms of nutritional deficiency of secondary macronutrients (Ca, Mg and S) in sorghum cultivated in nutrient solution. The experiment was conducted in a greenhouse at the Instituto Federal de Rondônia, *Campus* Colorado do Oeste, using the cultivar BM Podium as the test plant. The experiment followed a completely randomized experimental design (DIC), with four treatments and five replicates, totaling 20 plots. The treatments consisted of complete nutrient solution, solution with Ca omission, solution with Mg omission and solution with S omission. The experimental unit consisted of an adapted Leonard type pot. The experiment was conducted until 30 days after plant emergence. From normal data, the F test was performed at a 5% probability level. The omission of secondary macronutrients does not affect the dry mass of the aerial part, root or whole plant of sorghum. Even without statistical difference in the variables related to plant growth, it is possible to observe visual symptoms typical of Ca, Mg and S deficiency in sorghum. These symptoms are related to the functions of the elements in the plants.

Keywords: nutritional deficiency, visual symptoms, nutrient solution, *Sorghum bicolor*.

Introdução

A cultura do sorgo é cultivada em áreas e situações ambientais muito secas e/ou muito quentes, onde a produtividade de outros cereais é antieconômica (Maneira, 2020). Embora de origem tropical, o sorgo vem sendo cultivado em latitudes de até 45° norte ou 45° sul, e isso só foi possível graças aos trabalhos dos melhoristas de plantas, que desenvolveram cultivares com adaptação fora da zona tropical (Ruas *et al.*, 2024).

Dentre as espécies alimentares, o sorgo é uma das mais versáteis e mais eficientes, tanto do ponto de vista fotossintético, como em velocidade de maturação. Sua reconhecida versatilidade se estende desde o uso de seus grãos como alimento humano e

animal; como matéria-prima para produção de álcool anidro, bebidas alcoólicas, colas e tintas; o uso de suas panículas para produção de vassouras; extração de açúcar de seus colmos e até as inúmeras aplicações de sua forragem na nutrição de ruminantes (Maneira, 2020; Ribas, 2003).

O sorgo vem sendo cultivado no Cerrado brasileiro, principalmente na entressafra, entre os meses de fevereiro a junho, período no qual a precipitação é reduzida, o que favorece o desenvolvimento e produção da cultura, visto que para o seu desenvolvimento, são suficientes uma faixa de 375 a 620 mm (Heckler, 2001).

Devido a cultura do sorgo ser instalada após os cultivos da safra principal, geralmente soja ou milho, a cultura tende a utilizar os nutrientes da adubação residual da cultura principal e da matéria orgânica, apesar de ser responsiva à adubação (Resende *et al.*, 2009). Entretanto é válido salientar que a falta de adubação específica para a cultura, associada a baixa precipitação da safra acarreta riscos de deficiência nutricional para as plantas.

Os nutrientes têm funções essenciais e específicas no metabolismo das plantas. Dessa forma, quando um dos nutrientes essenciais não está presente em quantidades satisfatórias ou em condições que o tornam pouco disponível, a sua deficiência nas células promove alterações no seu metabolismo. Os sintomas de carências minerais são mais ou menos características para cada nutriente, dependendo também da severidade, da cultivar e de fatores ambientais (Fasabi *et al.*, 1993).

O diagnóstico visual de deficiências minerais e análise de solo, e suas interpretações juntamente com o conhecimento dos teores de nutrientes, podem auxiliar nas avaliações e necessidades de fertilizantes e corretivos para a espécie em questão. (Fernandes *et al.*, 2018). A técnica de cultivo de plantas em solução nutritiva tem permitido avanços no conhecimento da nutrição de plantas por controlar mais adequadamente a composição do meio e eliminar a heterogeneidade e complexidade do solo (Kerbaui, 2019; Taiz *et al.*, 2024).

Assim, o presente trabalho objetivou avaliar os efeitos típicos e individualizados da deficiência nutricional de Ca, Mg e S na cultura do sorgo cultivado em solução nutritiva mediante a observação dos efeitos da omissão de nutrientes no desenvolvimento das plantas.

Metodologia

O experimento foi conduzido em casa de vegetação no *Campus* Colorado do Oeste do Instituto Federal de Rondônia, situado no município de Colorado do Oeste, no período de 10 de outubro a 7 de novembro de 2022. Foi utilizado delineamento experimental inteiramente casualizado, com quatro tratamentos e cinco repetições.

Os tratamentos foram: solução completa (testemunha), solução com omissão de Ca, solução com omissão de Mg e solução com omissão de S. A unidade experimental foi composta por um vaso com uma a três plantas de sorgo, não sendo realizado desbaste das plântulas após germinação das sementes.

Para a confecção e modificação dos vasos Leonard, foram utilizadas garrafas de polietileno com volume de 2 L, as quais foram cortadas a uma altura de 15 cm a partir da base de acordo com metodologia de Ferreira (2012) e Santos *et al.* (2009). Foram feitos três furos nas tampas para permitir a entrada da solução.

Ambas as partes das garrafas e as tampas foram esterilizadas em solução de hipoclorito de sódio por cerca de 1 h. Após esse período, o material foi colocado para secar e pintado com tinta spray preto fosco.

Para cada vaso, adicionou-se o substrato, o qual era composto de areia peneirada e vermiculita, na proporção de 3:1. A capacidade de campo foi determinada através da diferença de massa do substrato seco pelo substrato úmido, conforme metodologia de Teixeira *et al.* (2017). Foram semeadas três sementes em cada vaso no dia 10 de outubro e, em seguida, as soluções foram adicionadas nos vasos.

Os compostos utilizados para produção da solução nutritiva e suas concentrações são expressos na Tabela 01.

Tabela 1. Concentração dos compostos utilizados na preparação das soluções completas e com omissão de Ca, Mg e S em mL/L.

Solução-estoque	Composto P.A.	Concentração	Concentração			
			Completa	- Ca	- Mg	- S
mL L ⁻¹						
A	KH ₂ PO ₄	1,0 M	1	1	1	1
B	KCl	1,0 M	5	5	5	5
C	CaCl ₂ .2H ₂ O	1,0 M	5		5	5
D	(NH ₄) ₂ SO ₄	1,0 M	2	2	2	
E	Mg(NO ₃) ₂ .6H ₂ O	1,0 M	2	2		4

F	MgSO ₄ .7H ₂ O	1,0 M				
G	NaH ₂ PO ₄	1,0 M				1
Fe	Fe-EDTA		1	1	1	1
B	HB ₃ O ₃	2,86 g L ⁻¹	1	1	1	1
Mn	MnCl ₂ .4H ₂ O	1,81 g L ⁻¹	1	1	1	1
Zn	ZnCl ₂	0,1 g L ⁻¹	1	1	1	1
Mo	Na ₂ MoO ₄ .2H ₂ O	0,02 g L ⁻¹	1	1	1	1
Cu	CuCl ₂	0,04 g L ⁻¹	1	1	1	1

Observação: o pH das soluções nutritivas foi ajustado para o intervalo de 5,5 a 5,8.

Para o preparo da solução nutritiva utilizou-se água destilada para evitar contaminação de íons presentes na água comum, a solução foi adicionada aos vasos e resposta com água destilada à medida que o nível diminuía, a fim de evitar a morte das plantas. A solução foi substituída totalmente 15 e 26 dias após o plantio.

Ao término da condução do experimento, que se deu 30 dias após a emergência das plantas, as plantas foram encaminhadas para o laboratório de solos, onde foram fotografadas, lavadas e separadas em parte aérea e raízes. Em seguida, o material foi seco em estufa de ventilação forçada a 65 °C até a massa constante, obtendo-se a massa da parte aérea seca (MPAS), massa da raiz seca (MRS) e, pela soma, a massa total da planta seca (MTPS).

As análises de massa seca foram realizadas, no total, em 42 plantas, onde a quantidade de planta variou de um a três por vaso, uma vez que não se realizou o desbaste após a emergência. Para a correção do valor de massa seca efetuou-se a divisão do valor de massa seca pela quantidade de plantas por vaso.

A análise estatística iniciou-se com a verificação dos pressupostos da análise de variância, pelo teste de Bartlett e de Shapiro-Wilk. A partir de dados normais, realizou-se a análise de variância pelo teste F.

Resultados e Discussão

Não foi verificada diferença ($p > 0,05$) na biomassa das plantas submetidas aos diferentes tratamentos (Tabela 2). Esses resultados podem ser explicados pelo fato de que os macronutrientes avaliados são requeridos em menor quantidade pela planta em comparação aos primários (Instituto Fosfata & Potasso, 1998). Associado a isto tem-se,

o curto período ao qual o experimento foi realizado, o que faz com que a falta destes nutrientes pudesse ter sido suprida pela reserva cotiledonar dos macronutrientes avaliados e amenizando seus efeitos nos parâmetros estatísticos avaliados (Tabela 2).

Tabela 2: Produtividade de massa da parte aérea seca (MPAS), massa da raiz seca (MRS) e massa total da Planta seca (MTPS) sob omissão de diferentes macronutrientes secundários.

Tratamentos	MPAS (g)	MRS (g)	MTPS (g)
Testemunha	1,998a	1,223a	3,218a
Omissão de Ca	1,860a	0,941a	2,800a
Omissão de Mg	1,352a	0,802a	2,152a
Omissão de S	1,838a	0,785a	2,622a
CV (%)	45,72	51,27	60,29

Médias seguidas de mesma letra nas colunas não diferem entre si pelo teste F ao nível de 5% de probabilidade.

No entanto, mesmo sem efeito significativo nas variáveis quantitativas, foram observados sintomas visuais da omissão de macronutrientes secundários, que podem ser observados na Figura 1. Foi possível correlacionar os sintomas visuais observados com as funções e comportamento bioquímico dos elementos nas plantas.

Figura 1: Sintomas visuais da deficiência de Ca (a) e (d), Mg (b) e (e) e S (c) e (f) em plantas de sorgo cultivadas em solução nutritiva.

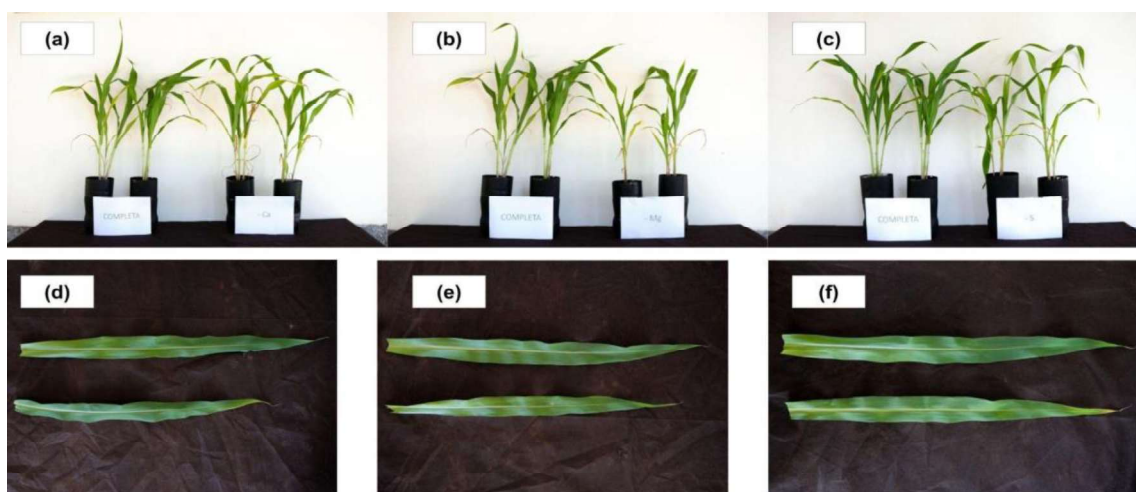


Foto: Glauber Bedini de Jesus.

O Ca faz parte das paredes celulares e está envolvido na formação do fuso mitótico que orienta a deposição da lamela média, além de fazer parte da própria lamela média como pectato de cálcio (Paulino *et al.*, 2015). Admite-se que o Ca seja indispensável para a manutenção da estrutura e o funcionamento normal das membranas celulares, pois a permeabilidade das membranas a compostos hidrofílicos depende consideravelmente da concentração de Ca^{2+} e de H^+ no meio (Taiz *et al.*, 2024). Este elemento participa ainda da regulação osmótica, fechamento dos estômatos e neutralização de ácidos no citosol (Kerbaudy, 2019; Taiz *et al.*, 2024).

Após assimilado o Ca possui baixa mobilidade nas plantas, por ser praticamente imóvel no floema, assim os sintomas de carência deste elemento são observados primeiramente em órgãos e partes mais novas: gemas e pontas das raízes (Carvalho; Moreira, 2023). Na Figura 1(d), encontra-se a comparação de folhas novas do tratamento com solução completa e da solução com omissão de Ca. Verificou-se diminuição do tamanho das folhas mais jovens e amarelecimento e deformação dos ápices foliares, o que pode ser explicado pela baixa mobilidade desse nutriente na planta, impedindo que o Ca das folhas mais velhas seja remobilizado para as mais novas, e devido a omissão acomete tanto a alongação quanto a divisão celular (Fernandes *et al.*, 2018).

Nota-se que com a omissão de Mg a parte aérea teve um crescimento foliar menor, comparando-se visualmente com a testemunha (solução completa). Além disso, ocorreu amarelecimento do limbo foliar e início de clorose nas folhas velhas (Figura 1(b) e 1(e)).

Estes sintomas podem ser explicados pela alta mobilidade do Mg no floema, que é remobilizado com facilidade das folhas mais velhas para as folhas mais novas (Fernandes *et al.*, 2018; Taiz *et al.*, 2024). Ademais, o Mg é um dos principais componentes da molécula de clorofila e participa de uma série de processos vitais da planta que requerem e fornecem energia como a fotossíntese, respiração, síntese de macromoléculas – carboidratos, lipídeos, proteínas – e absorção iônica, portanto, em situação de carência de Mg, a planta vai responder na paralisação de crescimento, baixo desenvolvimento radicular e manchas amareladas nas folhas (Kerbaudy, 2019; Paulino *et al.*, 2015; Taiz *et al.*, 2024). O início da clorose internerval, sintoma típico das folhas de plantas deficientes em Mg pode ser observado na Figura 1(e), na folha na parte inferior da foto.

Os sintomas observados nas plantas submetidas a omissão de S estão de acordo com os descritos por Kerbaudy (2019), que apontam que o S reduz o crescimento da parte aérea e da área foliar, além de clorose acentuada que ocorre devido a redução de clorofila

na planta. O S participa da estrutura dos aminoácidos cisteína e metionina constituintes de várias proteínas, que interfere na produção de complexos clorofila-proteínas estáveis que ligam as moléculas de clorofila nas membranas do cloroplasto, resultando em clorose nas folhas inclusive nos tecidos em volta dos feixes vasculares (Paulino *et al.*, 2015; Taiz *et al.*, 2024).

O sulfato é transportado das raízes para a parte aérea via xilema; o movimento do S no sentido contrário é muito pequeno, ou seja, o elemento é pouco redistribuído na planta. Por isso, sob condições de carência, a deficiência de S ocorre nos órgãos mais novos, como as folhas mais novas (Kerbauy 2019; Taiz *et al.*, 2024). 30 dias após a emergência das plantas foi possível verificar o início destes sintomas, caracterizados por caules com menor diâmetro, folhas com coloração verde-clara e verde-amarelada, e plantas que apresentaram tamanho menor quando comparadas às testemunhas (Figura 1(c) e 1(f)).

Considerações Finais

A omissão de macronutrientes Ca, Mg e S não apresenta diferenças significativas entre si para a análise de massa da parte aérea, raiz e planta inteira seca de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) cultivado por trinta dias em cultivo semi-hidropônico. As análises visuais demonstraram sintomas característicos da deficiência de macronutrientes.

A literatura nos mostra que a reserva cotiledonar pode suprir as necessidades da planta até 35 dias após a emergência, fazendo com que tanto os sintomas, quanto a falta de nutrientes, sejam mais evidentes após este período. Infelizmente o experimento não foi conduzido por maior período devido ao bloqueio da BR435, nas datas de trinta e um de outubro até dezessete de novembro de 2022.

Agradecimentos

Agradecemos a todas as pessoas que colaboraram para a execução do experimento, principalmente à discente Katiane Mota e aos técnicos de laboratório Leandro Dias da Silva, Dham Khlismam, Lizianne de Matos e Vanor Felini, por nos orientar nas atividades laboratoriais. Também ao professor Glauber Bedini de Jesus, por nos auxiliar nas imagens finais do experimento.

Referências

- CARVALHO, H. W. P.; MOREIRA, L. A. **Nutrição Mineral de plantas**. Piracicaba: Edição dos autores, 2023. 36 p.
- FASABI, P. H.; EVERT, R. F.; EICHHORN, S. E. **Biologia Vegetal**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1993. 728 p.
- FERNANDES, M. S.; SOUZA, S. R. de; SANTOS, L. A. **Nutrição mineral de plantas**. 2. ed. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2018. 670 p.
- FERREIRA, M. M. M. Sintomas de deficiência de macro e micronutrientes de plantas de milho híbrido BRS 1010. **Revista Agro@ambiente On-line**, v. 6, n. 1, p. 74-83, 2012.
- HECKLER, J. C.; FERNANDES, F. M. Sorgo: Cultura importante nos sistemas de produção de grãos em plantio direto na região Centro Oeste do Brasil. **Revista Plantio Direto**, n. 61, p. 11, 2001.
- INSTITUTO FOSFATA & POTASSO. **Manual internacional de fertilidade do solo**. Tradução e adaptação de Alfredo Scheid Lopes. 2. ed. rev. e ampl. Piracicaba: Potafos, 1998. 177 p.
- KERBAUY, G. B. **Fisiologia Vegetal**. 3. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2019. 398 p.
- MANEIRA, R. **Manejo do sorgo para altas produtividades**. Arapongas: Nortox, 2020. 4 p. (Informativo Técnico, 31).
- PAULINO, M. T. S.; VIANA, A. M.; RANDI, Á. M. **Fisiologia Vegetal**. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, 2015. 182 p.
- RESENDE, A. V. *et al.* **Adubação maximiza o potencial produtivo do sorgo**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2009. 8 p. (Circular Técnica, 119).
- RIBAS, P. M. **Cultivo do Sorgo**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2003. 21 p. (Documentos, 26).
- RUAS, D. G. G.; GARCIA, J. C.; TEIXEIRA, N. M. **Origem e importância do sorgo para o Brasil**. [s.l: s.n.]. Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/47291/1/Circ-1-Origem-importancia.pdf>>. Acesso em: 11 de nov. 2024.
- SANTOS, C. E. de R. e S. *et al.* **Modificação de vasos de Leonard com garrafas descartáveis tipo Pet**. Seropédica: Embrapa Agrobiologia, 2009. 4 p. (Comunicado Técnico, 124).
- TAIZ, L.; MØLLER, I. M.; MURPHY, A.; et al. **Fisiologia e Desenvolvimento Vegetal**. 7th ed. Porto Alegre: ArtMed, 2024. 786 p.

TEIXEIRA, P. C. *et al.* **Manual de métodos de análise de solo**. 3. ed. rev. e ampl. Brasília, DF: Embrapa, 2017. 574 p.