



Desenvolvimento inicial do sorgo em diferentes substratos no Centro Primavesi de Agroecologia da Escola de Agronomia da Universidade Federal de Goiás (CEPA-EA/UFG).
Initial sorghum development on different substrates at the Primavesi Center for Agroecology, School of Agronomy, Federal University of Goiás (CEPA-EA/UFG).

[Maria Jaqueline Modesto Teixeira](#)¹, [Ana Paula Veroneze Bueno](#)¹, [Kaio Lucas Brito de Amorim](#)¹, [Danilo Dutra Mesquita](#)¹, [Edilane dos Santos Sampaio](#)¹, [Eli Regina Barboza de Souza](#)², [Francine Neves Cali](#)²

¹- Mestrando(a) em Agronomia – Universidade Federal de Goiás – UFG , Escola de Agronomia – EA

²- Docente do Ensino Superior – Universidade Federal de Goiás – UFG , Escola de Agronomia – EA, Av. Esperança, s/n, Campus Samambaia, CEP 74.690-900, Goiânia, Goiás, Brasil

Resumo

O presente estudo avaliou o desenvolvimento inicial de plântulas de sorgo granífero sob diferentes substratos. Observou-se que o tratamento com solo + vermiculita apresentou os melhores resultados em todos os parâmetros analisados, incluindo altura da parte aérea (0,342 cm), comprimento radicular (0,334 cm), número de folhas (4,4) e taxa de germinação (100%). Tais resultados são atribuídos às propriedades físicas da vermiculita, como elevada porosidade, boa retenção de água e aeração, além de sua capacidade de troca de cátions, que favorecem o crescimento vegetal. O substrato solo + composto orgânico também apresentou desempenho satisfatório, promovendo ambiente propício ao crescimento inicial. Em contraste, o tratamento solo + casca de arroz obteve os menores índices, possivelmente devido à baixa retenção de água e nutrientes. A testemunha, sem qualquer adição ao solo, não apresentou germinação, evidenciando a necessidade de substratos adequados mesmo em culturas adaptadas como o sorgo. Esses resultados destacam a importância da escolha adequada de substratos para otimizar a emergência e o desenvolvimento inicial do sorgo granífero, visando à produção eficiente de mudas em viveiro.

Palavras-chave: Sorgo. Germinação. Desenvolvimento inicial.

Abstract

The present study evaluated the initial development of grain sorghum seedlings under different substrates. It was observed that the treatment with soil + vermiculite showed the best results in all analyzed parameters, including shoot height (0.342 cm), root length (0.334 cm), number of leaves (4.4), and germination rate (100%). These results are attributed to the physical properties of vermiculite, such as high porosity, good water retention, and aeration, as well as its cation exchange capacity, which favor plant growth. The soil + organic compost substrate also performed satisfactorily, promoting an environment conducive to initial growth. In contrast, the soil + rice husk treatment obtained the lowest indices, possibly due to poor water and nutrient retention. The control group, without any addition to the soil, showed no germination, highlighting the need for adequate substrates even in adapted crops like sorghum. These findings underscore the importance of proper substrate selection to optimize the emergence and initial development of grain sorghum, aiming at efficient seedling production in nurseries.

Keywords: Sorghum. Germination. Initial development.



Introdução

Segundo Ribas (2003), a planta de sorgo, cuja denominação se define como *Sorghum bicolor* L. Moench, pertencente ao grupo dos cereais, é um produto da intervenção humana, reconhecido, portanto, como uma espécie domesticada para fins da satisfação das necessidades do homem. O autor Solano (2016) destaca que, o sorgo é uma cultura versátil, podendo ser utilizado como matéria-prima para diversas finalidades, como a produção de etanol, bebidas alcoólicas, colas, tintas, vassouras, extração de açúcares, fabricação de amido e óleo comestível.

Tratando-se de sua cultura, o cultivo do sorgo é uma ótima opção para a segunda safra (safrinha), por ser uma planta resistente, ideal para áreas de clima quente e com pouca disponibilidade de água, sendo assim amplamente cultivado no Brasil Central, especialmente na região do Cerrado, devido à sua capacidade de suportar condições de estresse hídrico, caracterizando-se de manejo fácil, com boa tolerância à seca, janela de plantio mais extensa e possibilidade de total mecanização da lavoura (CARVALHO et al., 2011). Em suma, Ribas (2003) relata a importância do sorgo como “uma extraordinária fábrica de energia, de enorme utilidade em regiões muito quentes e muito secas, onde o homem não consegue boas produtividades de grãos ou de forragem”.

O sorgo possui uma capacidade interessante de crescer com menos água em comparação a outras culturas, como o milho, e também de germinar em solos menos férteis, o que faz dele uma opção viável para os agricultores. No entanto, a ampliação da área cultivada com sorgo depende, em grande parte, de incentivos econômicos para os produtores rurais e da resolução de desafios técnicos, tais como o favorecimento do seu índice de germinação (SOLANO, 2016).

Considerando as características do sorgo e sua relevância para o desenvolvimento agrícola da região Centro-Oeste, este trabalho propôs um experimento com o objetivo de avaliar o desenvolvimento inicial e o índice de germinação do sorgo granífero em diferentes tipos de substrato. A análise comparativa buscou identificar o substrato de maior eficiência, visando subsidiar práticas que otimizem a produtividade dessa cultura. O experimento foi realizado no âmbito da Escola de Agronomia da Universidade Federal de Goiás (EA/UFG) para cumprimento das atividades do Programa de Pós-Graduação em Agronomia (PPGA/UFG).

Material e métodos

Tratamentos, seleção das sementes e localização do experimento

Para a realização do experimento, foi definida a análise de 4 (quatro) tratamentos, sendo 3 (três) com substratos diferentes entre si, referente a vermiculita, casca de arroz e composto orgânico, e 1 (uma) testemunha, correspondente a solo, sendo adotadas 5 (cinco) repetições para cada (Tabela 1).

Tabela 1 - Composição dos tratamentos do experimento. Fonte: Autores, 2025.

Nº	Tratamentos
1	Solo + Vermiculita;
2	Solo + Casca de arroz;
3	Solo + Composto orgânico;
4	Solo (Testemunha).

Os substratos tipo vermiculita e casca de arroz foram adquiridos em loja do segmento varejista, nos seguintes aspectos:

- 3 (três) caixas de vermiculita de 2 litros cada, da marca Dimy;
- 2 (dois) pacotes de casca de arroz de 4 litros cada, da marca Terral.

Já o substrato tipo composto orgânico foi cedido pelo viveiro da Agência Municipal do Meio Ambiente (Amma), situado na Rodovia GO M-10, Chácara de Recreio Samambaia, nas imediações da Escola de Agronomia da Universidade Federal de Goiás, contendo resíduos orgânicos diversos (restos para compostagem). Na ocasião, também foram concedidos 20 (vinte) sacos plásticos pretos para mudas com tamanho de 25 cm x 30 cm de 0,10 mm de gramatura.

Além dos substratos, foram obtidos ainda aproximadamente 5 (cinco) quilogramas de latossolo, provenientes da Área de Mecanização da Escola de Agronomia da Universidade Federal de Goiás. As sementes utilizadas compreenderam do tipo sorgo granífero, ofertadas pelo Laboratório de Análise de Sementes (Lasem) da Escola de Agronomia da Universidade Federal de Goiás (UFG), previamente tratadas para garantir adequada semeadura e bom desenvolvimento das plantas.

No dia 22 de abril de 2025, foram organizadas as 20 (vinte) amostras do experimento, compostas por diferentes proporções de solo e substratos, exceto a testemunha, que correspondeu somente a solo, isenta de qualquer substrato. Foi estabelecido que cada repetição contemplaria o peso total de 600 g, independente do volume de cada composição de solo e substrato, bem como de solo para a testemunha. As diferentes proporções se justificam devido aos pesos distintos de cada substrato, o que resultou também em volumes diversos de cada tratamento. As proporções dos substratos foram estabelecidas conforme apresentado na Tabela 2.

Tabela 2 - Composição das amostras: substratos e proporções. Fonte: Autores, 2025.

Nº	Proporções	Tratamentos
1	1:3	Solo + Vermiculita;
2	1:2	Solo + Casca de arroz;
3	1:2	Solo + Composto orgânico;
4	-	Solo (Testemunha).

As amostras foram organizadas em fileiras por tratamento, expostas sem sombreamento e regadas com aproximadamente 100 mm de água cada. As sementes foram plantadas no dia seguinte, em 23 de abril de 2025 (Figura 1).



Figura 1 - Preparação do experimento. Fonte: Autores, 2025.

O experimento foi conduzido Centro Primaveral de Agroecologia da Escola de Agronomia da Universidade Federal de Goiás (Cepa-EA/UFG), situada nas dependências da Escola de Agronomia, no município de Goiânia.

Tempo e adubação

O período do experimento compreendeu 38 dias, de 22 de abril a 29 de maio de 2025, desde a organização das amostras até a coleta para análise. Durante todo o intervalo de tempo, o desenvolvimento das amostras foi observado, além de terem sido regadas a cada 3 (três) dias (Figura 2).



Figura 2 - Germinação: 7º dia do experimento - tratamentos de 1 a 4 de cima para baixo. Fonte: Autores, 2025.

A partir do 14º dia, foi percebido o desenvolvimento pleno do tratamento 1 Solo + Vermiculita em todas as suas repetições, bem como foi examinado em quais amostras houve germinação. Da mesma forma, foi observado o crescimento das raízes, sendo verificado, inclusive, o extrapolamento do saco destas em algumas amostras (Figura 3).

No 19º dia do experimento, foi realizada a adubação com NPK (nitrogênio, fósforo e potássio), uma vez que se fez necessária a adição desses nutrientes para potencializar o desenvolvimento das plantas. A coordenação do Programa de Pós-Graduação em Agronomia (PPGA/UFG) forneceu os fertilizantes e estabeleceu as recomendações de adubação, definindo as quantidades com base na tabela específica para o cultivo de sorgo - que segue as diretrizes para a fase de desenvolvimento inicial (emergência aos 15 dias após o plantio - DAP). As doses aplicadas nas 20 amostras do experimento foram, então, calculadas conforme essas determinações, como detalhado na Tabela 3.



Figura 3 - Desenvolvimento: 14º dia do experimento - tratamentos de 1 a 4 de cima para baixo. Fonte: Autores, 2025.

Tabela 3 - Adubação: medidas por fertilizante. Fonte: Autores, 2025.

Recomendação Kg/ha	Recomendação g / plantas
N: 50 kg/ha	N: 0,60 g/planta
P2O5: 60 kg/ha	P2O5 : 0,64 g/planta
K2O: 50 kg/ha	K2O: 0,45 g/planta

A medição e a separação dos fertilizantes ocorreu no dia 10 de maio de 2025, no Laboratório de Análises do Departamento de Engenharia Florestal da Escola de Agronomia da Universidade Federal de Goiás (UFG). Após a medição, eles foram levados até o local do experimento no mesmo dia, onde foi feita a adição dos mesmos nas amostras (Figura 4).



Figura 4 - Adubação do experimento. Fonte: Autores, 2025.

Após a adubação, as observações foram continuadas com o propósito de acompanhar o crescimento das mudas que germinaram, quando também foi percebido que não houve mais nenhum desenvolvimento nas repetições da testemunha, cuja característica era o solo somente (Figura 5).



Figura 5 - Acompanhamento do experimento: respectivamente, 22º, 28º, 31º e 36º dias. Fonte: Autores, 2025.

Por fim, o 38º dia, em 29 de junho de 2025, foi definido como a data da coleta das seguintes variáveis de cada tratamento: contagem de plântulas germinadas, altura e contagem de folhas do final do experimento, e separação das amostras de solo, com 100 gramas cada, em sacos plásticos transparentes de tamanho 20 cm x 30 cm. As 20 (vinte) amostras de solo foram levadas para o Laboratório de Análises do Departamento de Engenharia Florestal da Escola de Agronomia da Universidade Federal de Goiás (UFG), onde permaneceram em repouso, abertos, por 5 (cinco) dias para desumidificação (Figura 6).



Figura 6 - Dia D do experimento: coleta e medição. Fonte: Autores, 2025.

Análise laboratorial dos substratos

Em 2 de junho de 2025, prepararam-se amostras compostas de 100 gramas por tratamento, combinando 20 gramas de cada repetição. Dessa forma, as amostras foram encaminhadas para o Laboratório Terra - Análise para Agropecuária, situado na Rua Cariri, Jardim Diamantina, Goiânia-GO, organização de característica privada, para a caracterização físico-química, segundo a metodologia descrita no Manual de Solos (EMBRAPA, 2009). Neste, foi contratada a análise da presença dos seguintes nutrientes nas amostras de solo dos tratamentos: N (nitrogênio), P (fósforo), K (potássio), Ca (cálcio), Mg (magnésio), S (enxofre), Cu (cobre), Fe (ferro), Mn (manganês), Zn (zinco) e COT (carbono orgânico total).

Resultados da análise das características físico-químicas dos substratos após o experimento

O resultado da quantificação de nutrientes em cada tratamento foi disponibilizado pelo Laboratório Terra, em 11 de junho de 2025 (após 9 dias da entrega), detalhado na Tabela 4 a seguir.

Tabela 4 - Características físico-químicas dos tratamentos. Fonte: Autores, 2025.

Nutriente	Medida	Solo+Verm.	Solo+Casca	Solo+CO	Testemunha
N	%	1.40	0.20	0.20	0.20
P	%	0.08	0.08	0.08	0.10
K	%	0.28	0.20	0.16	0.20
Ca	%	0.25	0.33	0.18	0.16
Mg	%	2.83	0.17	0.06	0.13
S	%	0.05	0.04	0.07	0.06
Cu	mg/Kg	44	36	40	53
Fe	mg/Kg	31000	29240	33240	39150
Mn	mg/Kg	234	218	163	215
Z	mg/Kg	52	44	43	64
COT	%	7.2	7.8	10.2	24.3

Legenda: N (nitrogênio), P (fósforo), K (potássio), Ca (cálcio), Mg (magnésio), S (enxofre), Cu (cobre), Fe (ferro), Mn (manganês), Zn (zinco) e COT (carbono orgânico total).

Fundamentação da análise estatística

Os dados foram testados quanto à normalidade de Shapiro-Wilk¹ e quanto à homocedasticidade de variância de Bartlett², ambos com base nos critérios de $p \geq 0,05$. Os pressupostos foram aceitos e os dados foram submetidos à análise de variância e, atendidos os pressupostos, os dados foram submetidos ao teste de comparação de médias de Tukey³ a 5% de probabilidade a fim de identificar diferenças significativas entre as médias. As análises estatísticas e os gráficos foram realizados por meio do software R, versão 4.3.3 (*R Development Core Team*, 2024) e das ferramentas do Microsoft Excel[®].

Resultados e discussões

Resultado geral do experimento

¹ O teste de Shapiro-Wilk é um teste estatístico usado para verificar se uma amostra de dados segue uma distribuição normal

² O Teste de Bartlett é um teste estatístico utilizado para verificar se as variâncias de dois ou mais grupos de dados são iguais, ou seja, se há homogeneidade de variâncias.

³ O Teste de Tukey é um procedimento estatístico usado para comparações múltiplas de médias, frequentemente aplicado após a análise de variância.

Os resultados obtidos demonstraram diferenças significativas no desenvolvimento inicial das plântulas de sorgo granífero em função dos diferentes substratos utilizados. De modo geral, observou-se que a combinação solo + vermiculita proporcionou os melhores desempenhos em todos os parâmetros avaliados: altura da parte aérea (AP), comprimento da raiz (CR) e número de folhas (NF), conforme apresentado na Tabela 5.

Tabela 5 - Valores médios de Altura da Parte Aérea (PA), Comprimento da Raiz (AR) e Número de Folhas (NF) de Sorgo sob influência de diferentes substratos. Fonte: Autores, 2025.

Tratamentos	PA	CR	NF
	----- (cm) -----		
Testemunha	-	-	-
Solo + Casca de arroz	0.140	0.138	1.8
Solo + Composto orgânico	0.308	0.218	3.4
Solo + Vermiculita	0.342	0.334	4.4

1

O resultado encontrado estar relacionado às propriedades favoráveis da vermiculita, que tem ampla aplicação na formação de mudas, em projetos de reflorestamento, jardinagem e horticultura. Sua eficiência está associada à excelente estrutura física, que proporciona boa porosidade, adequada aeração, alta capacidade de retenção hídrica e de troca de cátions, além de favorecer a absorção de nutrientes pelas raízes (UGARTE et al., 2005; TRINDADE et al., 2024).

Resultado de altura de parte aérea

A maior altura da parte aérea também foi encontrada no tratamento solo + vermiculita (0,342 cm). Esse resultado evidencia mais uma vez, que a presença de vermiculita no substrato favoreceu significativamente o crescimento do caule, possivelmente por melhorar as condições físicas do meio, como a capacidade de retenção de água e a aeração. Fatores essenciais para o alongamento celular e expansão dos tecidos vegetais. Esse efeito também foi observado em um estudo realizado por Li et al. (2024), que avaliou o uso de substratos como a vermiculita no crescimento de culturas de interesse comercial.

O melhor desenvolvimento observado nesse tratamento com a vermiculita, também pode estar atribuído à disponibilidade adequada de nutrientes, proporcionada pela aplicação de adubação com NPK. Uma vez que o nitrogênio (N) é um elemento essencial para a síntese de aminoácidos, proteínas e clorofila, favorecendo o crescimento vegetativo, o fósforo (P) atua diretamente no metabolismo energético e no desenvolvimento radicular, enquanto o potássio (K) regula o equilíbrio hídrico e ativa enzimas importantes para o crescimento celular (MALAVOLTA, 2006).

Além disso, também o substrato solo + composto orgânico (0,308 cm) se destacou, pois, essa interação criou um ambiente ideal para o desenvolvimento inicial da parte aérea das plântulas de sorgo granífero. Observou-se um bom desempenho do substrato com a matéria orgânica, resultado atribuído à capacidade que a matéria orgânica possui de melhorar significativamente as propriedades físicas do solo, essenciais para o desenvolvimento das plantas (GUERRINI; TRIGUEIRO, 2004).

Resultado comprimento radicular

O desenvolvimento radicular seguiu tendência semelhante, sendo mais expressivo no substrato solo + vermiculita (0,334 cm), enquanto o tratamento solo + casca de arroz apresentou o menor valor (0,138 cm). A maior expansão do sistema radicular em substratos contendo vermiculita estar e atribuída à baixa densidade e elevada porosidade deste material, o que contribui para uma adequada retenção de água e boa aeração, permitindo que as raízes se desenvolveram de forma eficiente (KÄMPF, 2005).

Resultado número de folhas

O número de folhas (NF) também foi superior no tratamento vermiculita + solo (4,4 folhas), indicando maior vigor das plântulas. Este resultado é relevante, pois o número de folhas está diretamente relacionado com a capacidade fotossintética e, conseqüentemente, ao acúmulo de biomassa na fase inicial de crescimento. Além disso, o desenvolvimento das plantas foi favorecido pela exposição a pleno sol, conforme destacam Taiz et al. (2017), ao relacionarem a fotossíntese com o acúmulo de biomassa em condições favoráveis de luminosidade.

A composição solo + casca de arroz, por sua vez, resultou no menor número de folhas (1,8), sugerindo que este material pode ter limitado a disponibilidade de nutrientes ou de água, fatores críticos para o desenvolvimento foliar, conforme relatado por Kämpf (2005), que destaca que substratos com baixa retenção de água ou nutrientes podem restringir o crescimento das plantas e prejudicar o desenvolvimento de estruturas como as folhas

Resultados da testemunha

A testemunha, que não recebeu nenhum tipo de substrato adicional, não apresentou valores mensuráveis para os parâmetros analisados, visto que não houve germinação de nenhuma semente. Esse resultado pode ser explicado pela ausência de nutrientes essenciais ao desenvolvimento das plantas ou também pela inadequação ao tipo de solo utilizado. Embora o sorgo seja uma planta adaptada a condições adversas, neste experimento não foram obtidos resultados satisfatórios, o que evidencia a necessidade de complementos nutritivos, desde uma adubação convencional até a incorporação de substratos ao solo. Segundo Taiz et al. (2017), a germinação e o desenvolvimento inicial das plantas dependem não apenas da presença de nutrientes, mas também de fatores físicos do solo, que influenciam diretamente o sucesso do estabelecimento das plântulas. Mesmo com a adubação NPK, não houve a germinação, o que também pode estar relacionado à compactação do solo ou à profundidade inadequada da semeadura.

Germinação das sementes

No Gráfico 1, observa-se que o tratamento solo + vermiculita apresentou a maior taxa de germinação (100%), reforçando que a presença da vermiculita contribuiu significativamente para a emergência das sementes. O segundo melhor desempenho foi observado no tratamento solo + composto orgânico, com 80% de germinação, o que também indica um ambiente favorável à germinação, por fornecer nutrientes essenciais. O tratamento solo + casca de arroz teve apenas 40% de germinação, sugerindo que a casca de arroz pode ter limitado a disponibilidade de água ou nutrientes.

Já a testemunha, sem qualquer adição ao solo, não apresentou germinação (0%), reforçando a importância do uso de substratos adequados para o desenvolvimento inicial das sementes. De acordo com Harris et al. (1987), a germinação e emergência de sorgo são sensíveis às condições do solo.

Esses resultados demonstram que a composição do substrato exerce forte influência sobre o sucesso germinativo e que o uso de materiais como vermiculita e matéria orgânica pode ser uma estratégia eficiente para melhorar a emergência das plantas.

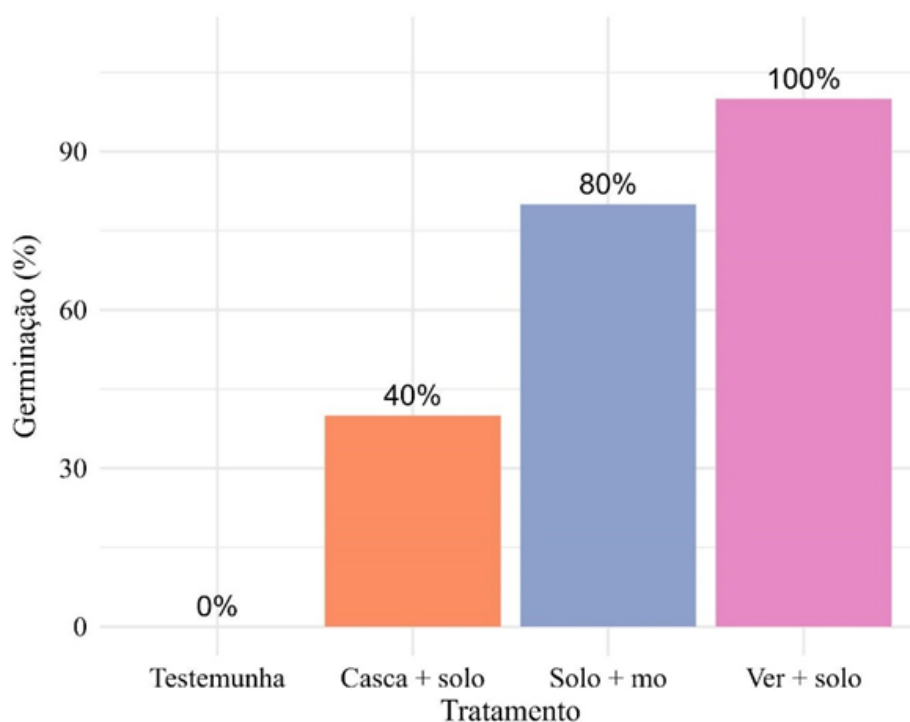


Gráfico 1 - Porcentagem de germinação das sementes. Fonte: Autores, 2025.

Conclusão

Diante dos resultados obtidos, pode-se inferir que a utilização de vermiculita associada ao solo é a estratégia mais eficiente para promover o crescimento inicial vigoroso do sorgo granífero, sendo uma alternativa viável para a produção de mudas em viveiro. Esse substrato proporciona condições físico-químicas favoráveis ao pleno desenvolvimento das plântulas, refletindo em maior formação da área foliar, crescimento radicular e parte aérea.

Conflitos de interesse

Não houve conflito de interesses dos autores.

Contribuição dos autores

Maria Jaqueline Modesto Teixeira – coleta de dados, interpretação dos resultados e redação; Ana Paula Veroneze Bueno – coleta de dados e redação; Kaio Lucas Brito de Amorim – coleta de dados e revisão do texto; Danilo Dutra Mesquita – coleta de dados e redação; Edilane dos Santos Sampaio – coleta de dados e revisão do texto; Eli Regina Barboza de Souza e Francine Neves Calil – orientações e correções.

Referências bibliográficas

- CARVALHO, E. R.; REZENDE, P. M.; ANDRADE, M. J. B.; PASSOS, A. M. A.; OLIVEIRA, J. A. Fertilizante mineral e resíduo orgânico sobre características agrônômicas da soja e nutrientes no solo. **Revista Ciência Agronômica**, v. 42, n. 4, p. 930-939, 2011. <https://doi.org/10.1590/S1806-66902011000400015>
- GUERRINI, I. A.; TRIGUEIRO, R. M. Atributos físicos e químicos de substratos compostos por biossólidos e casca de arroz carbonizada. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 28, n. 6, p. 1069-1076, 2004. <https://doi.org/10.1590/S0100-06832004000600016>
- HARRIS, D.; HAMDI, A.; TERRY, A. C. Germination and emergence of *Sorghum bicolor* genotypic and environmentally induced variation in the response to temperature and depth of sowing. **Plant, Cell & Environment**, v. 10, n. 6, p. 501-508, 1987. <https://doi.org/10.1111/j.1365-3040.1987.tb01828.x>
- KÄMPF, A. N. **Produção de Plantas Ornamentais**. Guaíba, RS: Agropecuária, 2005, 256p.
- LI, M.; NING, X.; GAO, T.; FAZRY, S.; OTHMAN, B. A.; NAJM, A. A. K.; LAW, D. Rice husk ash based growing media impact on cucumber and melon growth and quality. **Scientific Reports**, v. 14, 5147, 2024. <https://doi.org/10.1038/s41598-024-55622-4>
- MALAVOLTA, E. **Nutrição Mineral de Plantas**. Piracicaba, SP: Ceres, 2006, 631p.
- RIBAS, P. M. **Sorgo: introdução e importância econômica**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2003, 14p. (Embrapa Milho e Sorgo. Documentos, 26). <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/486642/sorgo-introducao-e-importancia-economica>
- SOLANO, C. S. **Avaliação agroeconômica de quatro cultivares de sorgo sacarino (*Sorghum bicolor* L. Moench) para produção de etanol em campos dos Goytacazes - RJ**. 141f. Tese (Doutorado em Produção Vegetal) – Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias, Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes, RJ, 2016. https://uenf.br/posgraduacao/producao-vegetal/wp-content/uploads/sites/10/2016/07/Tese-de-Cristobal-Soto_Entregue-%C3%A0-Sec.-1.pdf
- TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MOLLER, I. M.; MURPHY, A. **Fisiologia e Desenvolvimento Vegetal**. 6ª edição. Porto Alegre - RS: Artmed, 2017, 888p.
- TRINDADE, P. S. C.; SENA, W. L.; SALES, T. M.; SILVA, A. L. P.; LÉLIS, A. T.; CANTUÁRIA, P. C.; ALMEIDA, S. S. M. S.; FARIAS, A. L. F. Desenvolvimento de mudas de *Theobroma cacao* L. sob omissão de macro e micronutrientes. **Observatório de La Economía Latinoamericana**, v. 22, n. 1, p. 1276-1295, 2024. <https://doi.org/10.55905/oelv22n1-068>
- UGARTE, J. F. O.; SAMPAIO, J. A.; FRANÇA, S. C. A. Vermiculita. In: **Rochas & minerais industriais: usos e especificações**. Rio de Janeiro: CETEM/MCT, parte II, cap. 32, p.677-698, 2005. <https://mineralis.cetem.gov.br/handle/cetem/1089>

Recebido em 4 de fevereiro de 2026
Retornado para ajustes em 14 de maio de 2026
Recebido com ajustes em 25 de junho de 2026
Aceito em 3 de julho de 2026