

## IMPACTO DA INTEGRIDADE DOS COTILÉDONES NO DESENVOLVIMENTO INICIAL DA SOJA

Maria Eduarda Coelho Amaral<sup>1</sup>, Janaína Tavares Anklin<sup>2</sup>, Nayra da Silva Costa<sup>3</sup>, Evelynne Urzêdo Leão<sup>4</sup>, Cibelle Christine Brito Ferreira<sup>4</sup>, Gentil Cavalheiro Adorian<sup>4</sup>

### RESUMO:

A soja destaca-se como uma das principais culturas do agronegócio brasileiro, desempenhando papel estratégico na produção de óleo, farelo e biocombustíveis. Nas fases iniciais de desenvolvimento, a planta depende fortemente dos cotilédones, responsáveis pelo fornecimento de reservas energéticas até o estabelecimento das primeiras folhas trifoliadas. Considerando a importância dessas estruturas, este estudo avaliou o efeito de diferentes níveis de danos cotiledonares sobre o desenvolvimento inicial da cultura. O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado, com cinco níveis de danos (0, 25, 50, 75 e 100%) e seis repetições. As variáveis analisadas foram altura, número de nós, diâmetro do caule, teor de clorofila e massa seca da parte aérea. Houve diferenças significativas para altura, número de nós e diâmetro do caule, indicando que a remoção parcial ou total dos cotilédones compromete o crescimento vegetativo. Observou-se, ainda, efeito linear negativo sobre essas variáveis analisadas, incluindo o acúmulo de biomassa aérea. O teor de clorofila não apresentou diferenças estatísticas. Conclui-se que a integridade cotiledonar é determinante para o vigor inicial da soja, reforçando a necessidade de manejo que minimize danos durante a emergência.

**Palavras-chave:** crescimento inicial; estabelecimento da cultura; vigor de plântulas.

## IMPACT OF COTYLEDON INTEGRITY ON THE EARLY DEVELOPMENT OF SOYBEAN

### ABSTRACT:

Soybean stands out as one of the main crops in Brazilian agribusiness, playing a strategic role in the production of oil, meal, and biofuels. During the early stages of development, the plant relies heavily on the cotyledons, which are responsible for supplying energy reserves until the establishment of the first trifoliolate leaves. Considering the importance of these structures, this study evaluated the effect of different levels of cotyledon damage on the initial development of the crop. The experiment was conducted in a completely randomized design with five damage levels (0, 25, 50, 75, and 100%) and six replications. The analyzed variables were plant height, number of nodes, stem diameter, chlorophyll content, and shoot dry mass. Significant differences were observed for plant height, number of nodes, and stem diameter, indicating that partial or total removal of cotyledons compromises vegetative growth. A negative linear effect was also observed for these variables, including shoot biomass accumulation. Chlorophyll content showed no statistical differences. It is concluded that cotyledon integrity is a determining factor for the initial vigor of soybean, reinforcing the need for management practices that minimize damage during seedling emergence.

<sup>1</sup>Mestranda em Agronomia (Ciência do Solo). Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” - Unesp, Jaboticabal-SP; [mec.amaral@unesp.br](mailto:mec.amaral@unesp.br), <https://orcid.org/0000-0003-3767-8977>. <sup>2</sup>Bacharel em Agronomia pelo Centro Universitário Católica do Tocantins – Unicatólica. Palmas-TO; [janainaanklin76@gmail.com](mailto:janainaanklin76@gmail.com), <https://orcid.org/0009-0007-4988-2269>. <sup>3</sup>Estudante de Agronomia no Centro Universitário Católica do Tocantins – Unicatólica. Palmas-TO; [nayra.siilva02@gmail.com](mailto:nayra.siilva02@gmail.com) <https://orcid.org/0009-0003-1380-6812>. <sup>4</sup>Professor (a) Doutor (a) no Centro Universitário Católica do Tocantins – Unicatólica. Palmas-TO, [cibelle.ferreira@p.catolica-to.edu.br](mailto:cibelle.ferreira@p.catolica-to.edu.br), <https://orcid.org/0000-0002-2658-3983>, [evelynnepi@gmail.com](mailto:evelynnepi@gmail.com), <https://orcid.org/0000-0002-1974-6043>; [gentil.cavalheiro@catolica-to.edu.br](mailto:gentil.cavalheiro@catolica-to.edu.br), <https://orcid.org/0000-0002-0648-9615>.

**Keywords:** initial growth; crop establishment; seedling vigor.

## INTRODUÇÃO

A soja (*Glycine max*) é considerada uma das culturas agrícolas mais relevantes do mundo, desempenhando papel central tanto na economia global quanto no agronegócio brasileiro (Barcelos, 2022). No Brasil, representa o principal produto cultivado na primeira safra, consolidando o país como o maior produtor e exportador mundial, com produção em 167,4 milhões de toneladas na safra 2024/25, representando um aumento de 13,3% em relação à safra anterior (CONAB, 2025).

No Brasil, é uma importante geradora de divisas e contribui com uma significativa parcela nas exportações brasileiras. Nas últimas três décadas, a cultura da soja apresentou o maior crescimento entre os grãos cultivados no Brasil, atualmente, o grão da soja representa aproximadamente 59% da área total destinada ao cultivo de cereais, leguminosas e oleaginosas no país, totalizando cerca de 47,36 milhões de hectares na safra 2024/25 (CONAB, 2024).

A cultura da soja tem forte presença nos mercados de alimentação humana e animal, bem como nas indústrias de biocombustíveis, farmacêutica, química e de cosméticos, o que a torna essencial para a segurança alimentar e energética mundial (Smiderle, 2019).

É uma planta de crescimento anual, com porte ereto e ciclo produtivo que varia entre 90 e 160 dias, dependendo da cultivar e das condições ambientais, a planta se reproduz por autofecundação (autógama) e pode alcançar alturas entre 45 e 120 cm, ou até mais, conforme o genótipo (Finatto, 2024). Pertencente à família *Fabaceae* (*Leguminosae*), trata-se de uma leguminosa da subfamília *Papilionoideae*, amplamente cultivada por seu alto valor nutricional, elevado teor de proteína e óleo vegetal, além de sua grande versatilidade de uso (Ferreira, 2024).

O aspecto fisiológico crucial nas fases iniciais do desenvolvimento da soja é a integridade dos cotilédones. Essas estruturas, além de realizarem fotossíntese nos primeiros dias após a emergência, atuam como órgãos de reserva energética para a plântula até a formação das primeiras folhas verdadeiras (Taiz et al., 2017).

Danos mecânicos ou perdas parciais dos cotilédones podem comprometer o estabelecimento inicial da planta, afetando negativamente o crescimento radicular, a formação de folhas e, por consequência, o desenvolvimento vegetativo

subsequente. Problemas decorrentes da perda de cotilédones resultam em plântulas menos vigorosas, com menor área foliar e capacidade reduzida de fotossíntese, o que pode impactar diretamente o potencial produtivo da cultura (Pereira et al., 2019). Portanto, compreender a influência da integridade cotiledonar sobre o desenvolvimento inicial da soja é essencial para o aprimoramento de práticas agrícolas que visem o aumento da produtividade e a sustentabilidade da produção.

Pereira, Zanella e Frizzo (2019), verificaram que a remoção parcial dos cotilédones reduz significativamente o crescimento inicial da cultura, observando que danos superiores a 50% resultaram em menor altura, redução do acúmulo de biomassa e atraso na emissão das primeiras folhas verdadeiras. De acordo com os autores, a diminuição das reservas cotiledonares compromete a velocidade de emergência e aumenta a variabilidade entre plântulas, tornando-as mais suscetíveis ao estresse nas fases iniciais de desenvolvimento.

De maneira semelhante, Finatto (2024) avaliou sementes de soja submetidas a danos mecânicos nos cotilédones e constatou que a integridade dessas estruturas está diretamente associada à qualidade fisiológica das plântulas. O autor observou que a perda parcial do tecido cotiledonar reduz a produção de massa seca e o vigor, dificultando a translocação de reservas essenciais para o eixo embrionário durante a germinação. Segundo o estudo, a diminuição das reservas prejudica o desempenho heterotrófico da plântula, resultando em menor crescimento inicial.

Neste contexto, o presente trabalho teve como objetivo avaliar o impacto da integridade dos cotilédones no desenvolvimento inicial da soja.

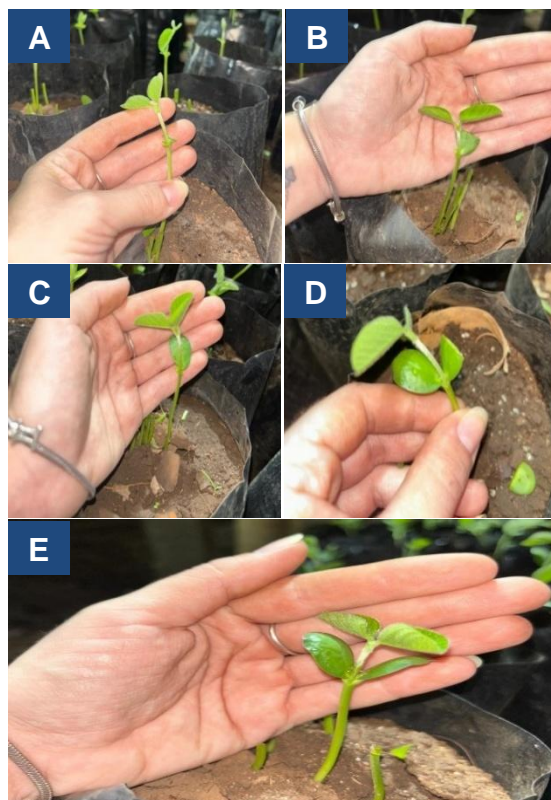
## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi desenvolvido no viveiro de mudas da Fazenda Escola do Centro Universitário Católica do Tocantins, em Palmas/TO, ao longo do segundo semestre de 2025. As atividades foram conduzidas em ambiente controlado, utilizando cobertura com sombrite 50% e sistema de irrigação automatizada por aspersores a cada 12 horas. O período experimental teve início em 16 setembro de 2025 e foi concluído em 22 de outubro de 2025, totalizando 37 dias de avaliação.

O delineamento experimental adotado foi o Delineamento Inteiramente Casualizado (DIC),

composto por cinco níveis de integridade e seis repetições, totalizando 30 unidades experimentais (plantas individuais). Os níveis foram definidos de acordo com a porcentagem de preservação dos cotilédones após a emergência das plântulas, conforme segue:

1. T1 (100%) - Remoção total dos cotilédones (Figura 1A);
2. T2 (75%) - Remoção de 75% dos cotilédones (Figura 1B);
3. T3 (50%) - Remoção de 50% dos cotilédones (Figura 1C);
4. T4 (25%) - Remoção de 25% dos cotilédones (Figura 1D);
5. T5 (0%) - Preservação completa dos cotilédones (Figura 1E).



**Figura 1.** Tratamentos aplicados às plântulas em função do percentual de remoção dos cotilédones: (A) T1 (100%) – remoção total dos cotilédones; (B) T2 (75%) – remoção de 75% dos cotilédones; (C) T3 (50%) – remoção de 50% dos cotilédones; (D) T4 (25%) – remoção de 25% dos cotilédones; (E) T5 (0%) – preservação completa dos cotilédones.

As plântulas foram cultivadas individualmente em sacos plásticos (uma planta por saco), contendo solo adubado com terra vegetal preta, conforme as condições do plantio permitiam. O plantio foi realizado de maneira uniforme, e os tratamentos culturais, como irrigação e controle fitossanitário, foram padronizados para todas as unidades experimentais, a cultivar utilizada foi a Sparta 12x da BRASMAX®.

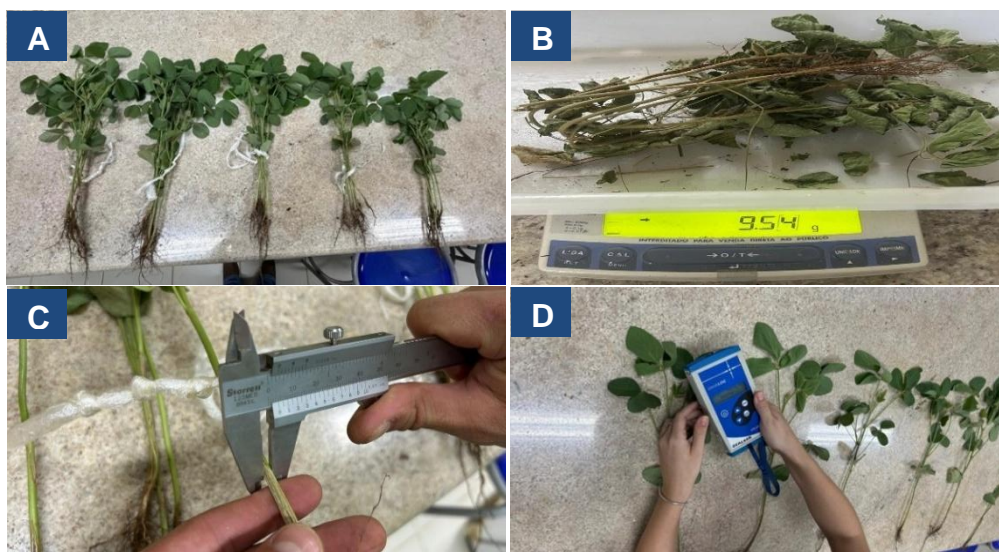
A análise química do solo, realizada em laboratório terceirizado, indicou pH de 6,11 e saturação por bases de 73,08%, caracterizando um solo de boa fertilidade, com ausência de alumínio trocável e adequada disponibilidade de cálcio e

magnésio. O teor de matéria orgânica foi de 5,34%, demonstrando boa atividade biológica e estrutura física favorável ao desenvolvimento radicular, entretanto, o teor de fósforo (3,98 mg/dm<sup>3</sup>) foi considerado baixo.

Após a caracterização do solo e o preparo das unidades experimentais, procedeu-se o corte dos cotilédones, realizada manualmente com tesoura de poda de forma simultânea em todas as plantas, aproximadamente 7 dias após o plantio, imediatamente após o estágio VE (emergência), respeitando os percentuais estabelecidos para cada tratamento (T1 a T5). A condução do experimento estendeu-se até o estágio V6 (quarta folha

trifoliolada), o qual ocorreu aproximadamente 35 dias após a emergência. As variáveis analisadas foram:

- I. **Altura de planta (cm)** - Determinada com auxílio de trena milimetrada, mensurada do colo até o ápice do caule (Figura 2A);
- II. **Massa seca da parte aérea (g)** - Obtida a partir da coleta do material vegetal por arrancamento, seguida de secagem em estufa de circulação de ar forçado até peso constante (Figura 2B);
- III. **Diâmetro do caule (mm)** - Avaliado com paquímetro, mensurado no caule da planta, 2 cm acima do solo (Figura 2C);
- IV. **Teor de clorofila** - Determinado por meio de leituras realizadas com clorofilômetro portátil (Figura 2D);
- V. **Número de nós** - Obtido por contagem manual direta ao longo do caule principal.



**Figura 2.** Procedimentos de avaliação das características morfológicas e fisiológicas das plantas. (A) Determinação da altura de planta por meio de trena milimetrada; (B) Obtenção da massa seca da parte aérea após secagem do material vegetal em estufa de circulação de ar forçado; (C) Medição do diâmetro do caule utilizando paquímetro, a 2 cm acima do nível do solo; (D) Avaliação do teor de clorofila com auxílio de clorofilômetro portátil.

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância (ANOVA). Para as variáveis que apresentaram significância (altura, diâmetro, número de nós e massa seca), utilizou-se a análise de regressão linear (conforme indicado pelos coeficientes de inclinação e menção a "efeito linear negativo"), pelo programa SISVAR (5.6) - *A computer statistical analysis system* (Ferreira, 2019), sendo os gráficos elaborados através do Microsoft Excel®.

O modelo de regressão linear é biologicamente justificado porque o desenvolvimento inicial da soja depende proporcionalmente das reservas energéticas contidas nos cotilédones. Como essas estruturas fornecem a energia necessária até que

a planta estabeleça sua capacidade fotossintética plena, a remoção gradual de tecido (0% a 100%) causa uma redução diretamente proporcional (linear) no vigor e no acúmulo de biomassa (Lapaz et al., 2020).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos demonstram que a integridade dos cotilédones exerceu influência significativa sobre o desenvolvimento inicial da soja, especialmente em relação ao número de nós, altura das plantas e diâmetro do caule, não foi observada diferença para o índice de clorofila (Tabela 1).

**Tabela 1.** Resultado da análise de variância das variáveis número de nós por planta, altura de planta, diâmetro do caule e índice de clorofila de plantas de soja submetidas a diferentes porcentagens de danos nos cotilédones.

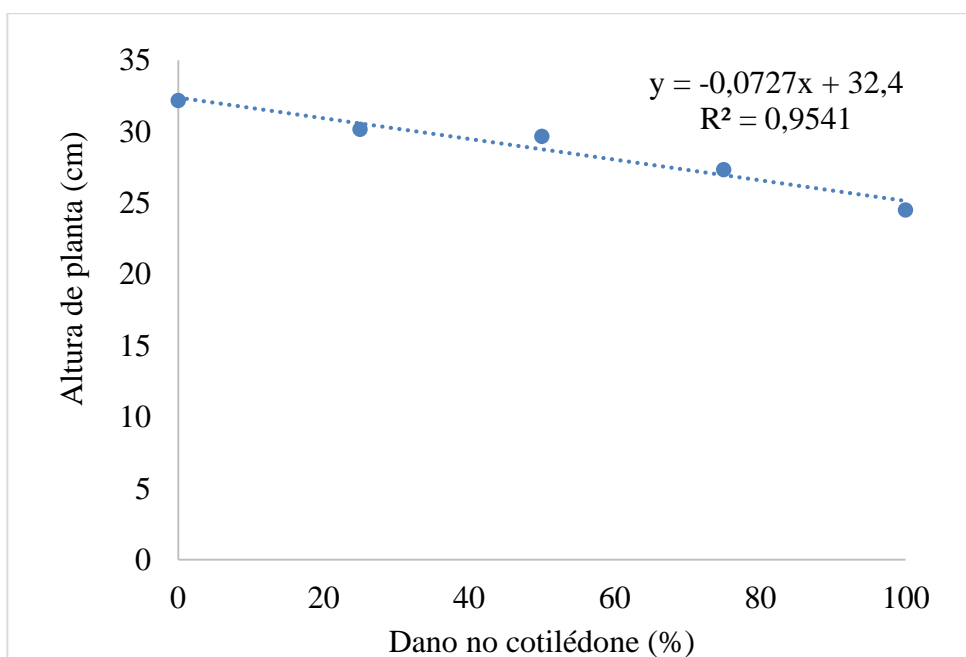
| FV     | GL | Número de Nós | Altura da Planta | Diâmetro do Caule | Índice de Clorofila |
|--------|----|---------------|------------------|-------------------|---------------------|
| Dano   | 4  | 1,55*         | 51,88*           | 0,001*            | 7,80 ns             |
| Erro   | 25 | 0,446         | 7,11             | 0,0005            | 5,81                |
| CV (%) | -  | 20,67         | 9,27             | 8,35              | 6,26                |
| Média  | -  | 3,23          | 28,77            | 0,29              | 38,52               |

\* Diferença significativa ao nível de 5% de probabilidade; ns não significativo.

A significância estatística observada para essas variáveis indica que a remoção parcial ou total dos cotilédones compromete o crescimento vegetativo nos estádios iniciais da cultura, corroborando a função essencial dessas estruturas como fonte primária de energia e fotoassimilados após a emergência.

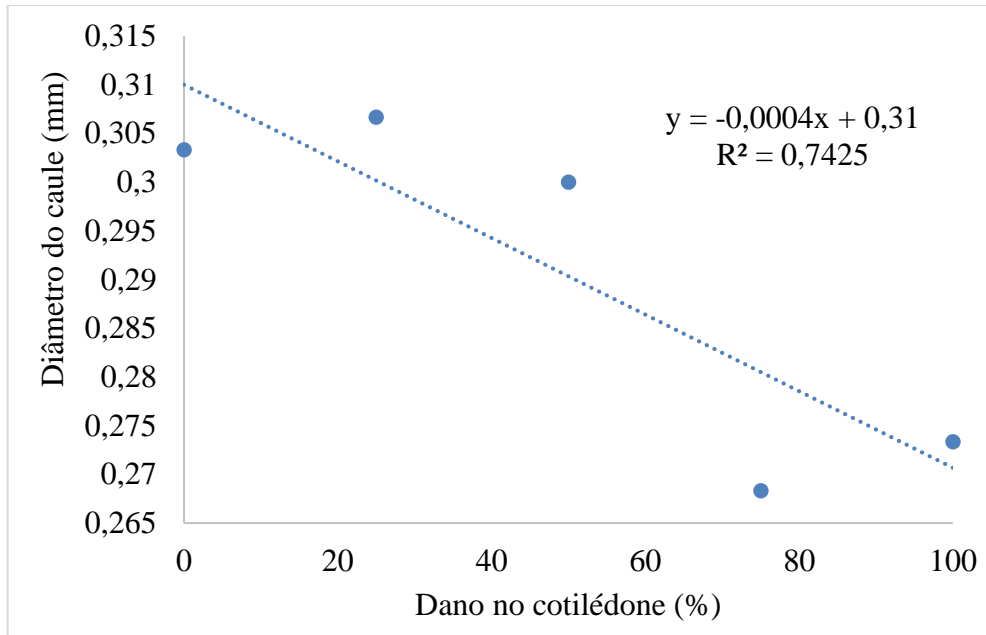
A altura das plantas foi influenciada pelo dano cotiledonar, apresentando diferença significativa ( $p <$

0,05) e tendência de redução do crescimento vertical com o aumento da supressão dos cotilédones, a inclinação negativa indica que, a cada 1% de dano nos cotilédones, ocorre redução média de 0,0727 cm na altura da planta, demonstrando a sensibilidade do crescimento vertical ao comprometimento das reservas iniciais (Figura 1).

**Figura 1.** Altura das plantas de soja em função da porcentagem de dano nos cotilédones.

Tal comportamento decorre do menor aporte energético disponível para o alongamento celular nos primeiros dias após a emergência. Sedyama, Silva e Borém (2015) explicam que plântulas de soja com cotilédones intactos apresentam maior velocidade de estabelecimento e maior acúmulo inicial de biomassa, resultando em maior altura e maior taxa de crescimento; condição inversa à observada em plantas submetidas a maiores níveis de dano.

A Figura 2 também mostra efeito linear negativo para o diâmetro do caule em função da porcentagem de dano nos cotilédones, a inclinação da reta indica que a cada 1% de aumento no dano cotiledonar, o diâmetro do caule reduz em 0,0004 mm, demonstrando que a remoção das reservas interfere diretamente na formação estrutural da plântula.

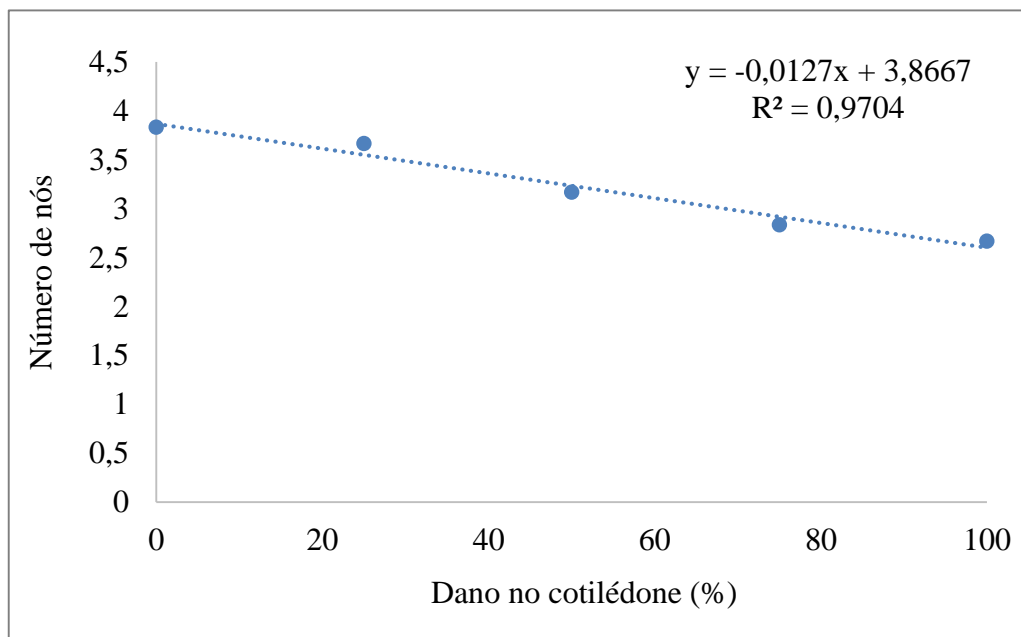


**Figura 2.** Diâmetro do caule das plantas de soja em função da porcentagem de dano nos cotilédones.

O engrossamento do caule depende do balanço energético inicial e da capacidade da planta de sustentar o crescimento aéreo e radicular. Assim como descrito por Nepomuceno et al. (2023), reduções na disponibilidade de reservas iniciais comprometem o acúmulo de biomassa estrutural, refletindo em caules mais delgados e menor robustez

da plântula, comportamento observado nesta pesquisa.

O efeito linear negativo observado para o número de nós, no qual cada 1% de dano nos cotilédones resultou na redução de 0,013 nós por planta (Figura 3), evidencia a sensibilidade da emissão de entrenós ao comprometimento das reservas cotiledonares.



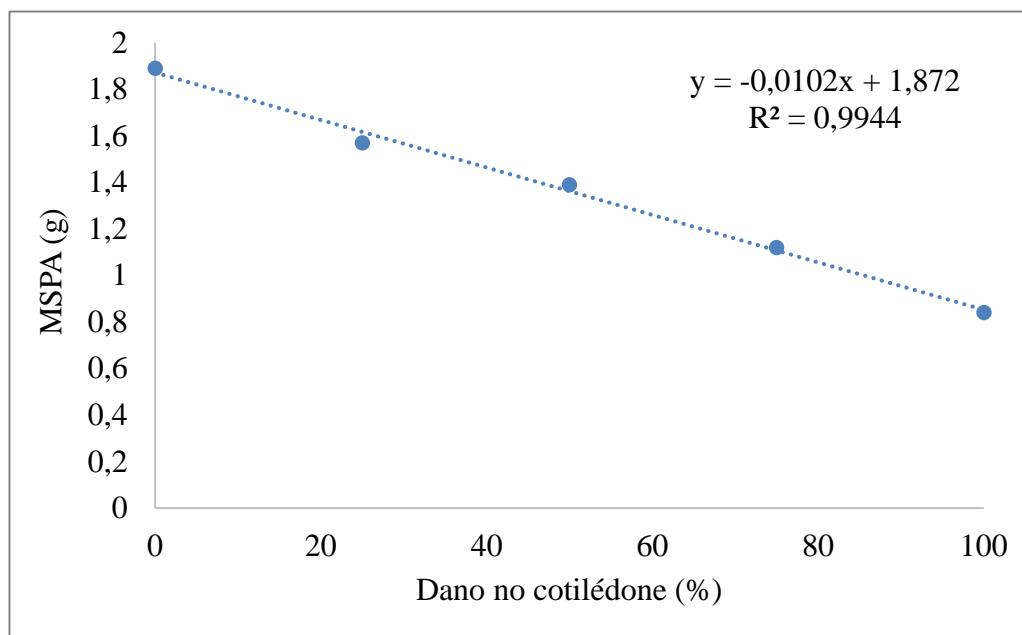
**Figura 3.** Número de nós das plantas de soja em função da porcentagem de dano nos cotilédones.

Esse padrão comportamental é consistente com Taiz et al. (2017), que destacam que, durante os estádios VE e VC, a plântula depende quase

exclusivamente das reservas armazenadas nos cotilédones para sustentar a divisão celular e a expansão dos tecidos. Assim, quando ocorre remoção

dessas estruturas, o crescimento foliar e caulinar é diretamente afetado. Pereira, Zanella e Frizzo (2019) também relatam que danos cotiledonares reduzem o vigor inicial, impactando o ritmo de formação de nós e folhas verdadeiras, o que se alinha ao observado neste experimento.

De maneira complementar, a análise da matéria seca da parte aérea (MSPA) evidenciou também um efeito linear negativo, com redução de 0,0102 g para cada 1% de dano nos cotilédones (Figura 4). Esse resultado reforça a estreita relação entre as reservas cotiledonares e a capacidade da planta de acumular biomassa nos estádios iniciais.



**Figura 4.** Matéria seca da parte aera (MSPA) das plantas de soja em função da porcentagem de dano nos cotilédones.

Como apontado por Sedyama et al. (2015), os cotilédones não só fornecem carboidratos essenciais à emergência, mas também contribuem para o estabelecimento de um sistema fisiológico eficiente para suporte às primeiras folhas trifolioladas. Dessa forma, a redução da massa seca observada confirma que a planta não consegue compensar imediatamente a perda das reservas removidas artificialmente.

Por outro lado, o índice de clorofila não apresentou diferença significativa entre os tratamentos, demonstrando que a supressão cotiledonar não afetou a clorofilação das folhas verdadeiras até o estágio avaliado. Gomes (2023) relatou que a clorofila tende a ser mais influenciada por fatores ambientais e nutricionais do que por características estruturais do vigor inicial.

## CONCLUSÃO

O conjunto dos resultados demonstra que a integridade dos cotilédones desempenha papel determinante no crescimento inicial da soja, afetando

diretamente variáveis morfológicas essenciais para o vigor da plântula, enquanto variáveis fisiológicas como o teor de clorofila apresentam maior estabilidade frente ao dano inicial. Esses achados reforçam a importância de práticas de manejo que minimizem danos mecânicos durante a semeadura e emergência da cultura.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICA

Barcelos, G. F. (2022). **Efeito da utilização de prolina na tolerância ao estresse hídrico na cultura de soja** (Dissertação de mestrado, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo). Universidade de São Paulo, Piracicaba, SP, Brasil.

**Companhia Nacional de Abastecimento - CONAB.** (2023). Boletim logístico: Brasil torna-se maior fornecedor mundial de farelo de soja. <https://www.conab.gov.br>

- Companhia Nacional de Abastecimento - CONAB.** (2024). Produção de grãos na safra 2024/25 é de 328,3 milhões de toneladas em nova estimativa da Conab. <https://www.conab.gov.br/ultimas-noticias/5980-producao-de-graos-na-safra-2024-25-e-de-328-3-milhoes-de-toneladas-em-nova-estimativa-da-conab>.
- Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. (2021). **Tecnologias de produção de soja – Região Central do Brasil.** Embrapa Soja.
- Farias, J. R. B., Nepomuceno, A. L., & Neumaier, N. (2007). **Ecofisiologia da soja** (Circular Técnica). Embrapa Soja.
- Ferreira, D. F. (2019). Sisvar: A computer analysis system to fixed effects split plot type designs. **Revista Brasileira de Biometria**, 37(4), 529–535.
- Ferreira, L. F. (2024). Aspectos agrônômicos e produtivos da soja no Brasil em 2024. **Revista Cultivar**, (285), 12–17.
- Finatto, J. L. B. (2024). **Qualidade de sementes de soja submetidas a diferentes tempos de embebição e intensidades de raios-X** (Trabalho de conclusão de curso, Universidade Federal de Santa Maria). Universidade Federal de Santa Maria, Frederico Westphalen, RS, Brasil.
- Gomes, C. C. R. (2023). Morfologia e desempenho produtivo da soja em diferentes condições ambientais. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, 18(2), e1234. <https://doi.org/10.5039/agraria.v18i2.1234>.
- Judd, W. S., Campbell, C. S., Kellogg, E. A., Stevens, P. F., & Donoghue, M. J. (2009). Sistemática vegetal: Um enfoque filogenético (3ª ed.). **Artmed**.
- Lapaz, A. de M., Santos, L. F. de M., Antonio, G. L., Vera, J. H. S., Lisboa, L. A. M., & de Figueiredo, P. A. M. (2020). Behaviour of soybean seedlings in situations involving cotyledon removal. **Bulgarian Journal of Agricultural Science**, 26(2), 395–403.
- Nepomuceno, A. L., Neumaier, N., & Farias, J. R. B. (2023). Assessing the sensitive spectral bands for soybean water status monitoring and soil moisture prediction using leaf-based hyperspectral reflectance. **Agricultural Water Management**, 277, 108089. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2023.108089>.
- Pereira, A. R., Angelocci, L. R., & Sentelhas, P. C. (2002). **Evapotranspiração: Fundamentos e aplicações.** FEALQ.
- Pereira, M. B., Zanella, C., & Frizzo, C. D. (2019). Dano aos cotilédones na emergência e desenvolvimento inicial da soja. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, 13(3), 3192–3201.
- Rodrigues, O., et al. (2001). Resposta quantitativa do florescimento da soja à temperatura e ao fotoperíodo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 36(3), 431–437.
- Sediyama, T., Silva, F., & Borém, A. (2015). **Soja: Do plantio à colheita.** Editora UFV.
- Simon, G. N., Tramontini, L. S., Kirchner, J. H., & Ludwig, M. P. (2024). Metodologia para quantificar *Spodoptera cosmíodes* em soja em diferentes estádios fenológicos. **Científica**, 52. <https://doi.org/10.5016/1984-5529.2024.v53.1386>.
- Smiderle, O. J., et al. (2019). **Produtividade de soja sob diferentes densidades de plantas no cerrado de Roraima.** In Resumos expandidos da Reunião de Pesquisa de Soja (Vol. 1, pp. 41–43). Embrapa Soja.
- Taiz, L., Zeiger, E., Moller, I. M., & Murphy, A. (2017). Fisiologia e desenvolvimento vegetal (6ª ed.). **Artmed**.