

AVALIAÇÃO DO DESENVOLVIMENTO INICIAL DE PLÂNTULAS DE SOJA INOCULADAS COM DIFERENTES DOSES DE NITROGÊNIO E ZINCO

EVALUATION OF THE INITIAL DEVELOPMENT OF SOYBEAN SEEDLINGS INOCULATED WITH DIFFERENT DOSES OF NITROGEN AND ZINC

LUCAS PAIXÃO NEGRISOLLI¹ – lucasnegrisolli@gmail.com

LIA MARA MOTERLE² – lia.santos@umfg.edu.br

1. Acadêmico do curso de graduação em Agronomia da Faculdade UMFG.

2. Professor Orientador. Faculdade UMFG - Rod PR-082 KM 468 - Lote 45/46 - Gleba, R. Ribeira, Cianorte - PR, 87200-000.

Recebido em 29/01/2026 . Publicado 09/02/2026

RESUMO

O desenvolvimento inicial da soja é uma etapa determinante para o sucesso da cultura, sendo diretamente influenciado pela qualidade fisiológica das sementes e pelas condições de germinação e emergência. Nesse contexto, os bioativadores têm se destacado como alternativas promissoras, por atuarem na ativação metabólica, fisiológica e hormonal das plântulas, promovendo maior crescimento radicular e uniformidade na emergência. O presente trabalho teve como objetivo avaliar o desenvolvimento inicial de plântulas de soja inoculadas com diferentes doses do bioativador Raiz Nortox. O experimento foi conduzido em dois ambientes: câmara de germinação e ambiente externo, sendo avaliadas as doses de 0, 2, 4, 6 e 8 mL kg⁻¹ de semente. As variáveis analisadas foram o comprimento da parte aérea, o comprimento radicular, a massa fresca e a massa seca das plântulas, aos 7, 14 e 21 dias após a semeadura. Os resultados foram submetidos à análise de variância (ANOVA), e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Observou-se que o uso do bioativador Raiz Nortox® influenciou positivamente o desenvolvimento inicial das plântulas de soja, com destaque para as doses intermediárias, que promoveram maior crescimento do sistema radicular e acúmulo de massa seca. Esses resultados demonstram o potencial do uso do bioativador como ferramenta agrônômica no estabelecimento inicial da cultura, podendo contribuir para maior vigor e uniformidade de emergência no campo. Os resultados demonstraram que o uso do bioativador influenciou positivamente o vigor e o crescimento inicial das plântulas de soja, principalmente na dose de 6 mL kg⁻¹ de semente. A dose ajustada de 1,62 mL kg⁻¹ permite o maior comprimento da raiz. E ambiente externo, a dose de 8 mL kg⁻¹ de bioativador promoveu aumento no comprimento da parte aérea e na massa fresca das plântulas, principalmente nas fases iniciais de desenvolvimento.

Palavras-chave: regulador de crescimento; bioativador; crescimento inicial; *Glycine max* (L.); sistema radicular.

ABSTRACT

The initial development of soybean is a determining stage for the success of the crop, being directly influenced by the physiological quality of the seeds and by the conditions of germination and emergence. In this context, bioactivators have stood out as promising alternatives, as they act on the metabolic, physiological, and hormonal activation of seedlings, promoting greater root growth and uniformity of emergence. The present study aimed to evaluate the initial development of soybean seedlings inoculated with different doses of the bioactivator Raiz Nortox. The experiment was conducted in two environments: a germination chamber and an external environment, evaluating doses of 0, 2, 4, 6, and 8 mL kg⁻¹ of seed. The analyzed variables were shoot length, root length, fresh

mass, and dry mass of seedlings at 7, 14, and 21 days after sowing. The results were subjected to analysis of variance (ANOVA), and the means were compared using the Tukey test at a 5% probability level. It was observed that the use of the Raiz Nortox® bioactivator positively influenced the initial development of soybean seedlings, especially at intermediate doses, which promoted greater root system growth and dry mass accumulation. These results demonstrate the potential of using the bioactivator as an agronomic tool for the initial establishment of the crop, contributing to greater vigor and uniform emergence in the field. The results showed that the use of the bioactivator positively influenced the vigor and initial growth of soybean seedlings, mainly at the dose of 6 mL kg⁻¹ of seed. The adjusted dose of 1.62 mL kg⁻¹ allows for the greatest root length. In the external environment, the dose of 8 mL kg⁻¹ of bioactivator promoted an increase in shoot length and fresh mass of the seedlings, mainly in the initial stages of development.

Keywords: growth regulator; bioactivator; initial growth; *Glycine max* (L.); root system.

1 INTRODUÇÃO

A soja (*Glycine max* (L.) Merrill) é uma das principais culturas agrícolas do mundo e desempenha papel estratégico na economia brasileira. O país ocupa posição de destaque na produção e exportação de grãos, sendo responsável por parcela significativa da oferta global de proteína vegetal e óleo comestível. De acordo com a Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB, 2024), a cultura da soja representa mais de 50% da produção nacional de grãos, consolidando-se como a base do agronegócio brasileiro.

O sucesso da cultura está diretamente relacionado à qualidade fisiológica das sementes e ao estabelecimento inicial das plântulas no campo. Sementes de alto vigor e com bom potencial germinativo proporcionam emergência uniforme e plantas com maior capacidade de adaptação às condições ambientais (EMBRAPA, 2016). Assim, o tratamento de sementes com produtos que potencializam o vigor inicial tem sido objeto de diversas pesquisas e uma prática crescente entre produtores.

Nesse contexto, os bioativadores e bioestimulantes se destacam por promoverem alterações fisiológicas benéficas nas plantas, favorecendo a divisão celular, a formação de raízes e a absorção de nutrientes (Moterle et al., 2011; Binsfeld et al., 2014). Esses produtos contêm substâncias orgânicas e minerais, como aminoácidos, ácidos húmicos e hormônios vegetais, que estimulam processos metabólicos relacionados ao crescimento e ao desenvolvimento vegetal (Rodrigues et al., 2017).

Diversos estudos demonstram que a aplicação de bioativadores no tratamento de sementes pode melhorar o vigor e o desempenho inicial de plântulas de soja. Binsfeld et al. (2014) observaram incrementos significativos no comprimento de raízes e na massa seca de plântulas de soja tratadas com bioativadores. Resultados semelhantes foram relatados por Castro et al. (2008), que verificaram

aumento do vigor em sementes de soja tratadas com bioestimulantes em doses intermediárias entre 4 e 8 mL kg⁻¹. Por outro lado, a EMBRAPA (2015) reportou ausência de diferença significativa na germinação em determinadas condições, destacando que os efeitos podem variar de acordo com o produto, a dose e as condições ambientais.

Dessa forma, estudos que avaliem diferentes doses de bioativadores são fundamentais para identificar a concentração ideal e garantir o equilíbrio fisiológico das plantas. O produto Raiz Nortox, formulado com compostos bioativos de origem vegetal e minerais, tem sido utilizado como promotor do crescimento radicular e do vigor inicial das plântulas. Assim, o presente trabalho teve como objetivo avaliar o desenvolvimento inicial de plântulas de soja tratadas com diferentes doses do bioativador Raiz Nortox.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

A cultura da soja é considerada uma das mais importantes no cenário agrícola mundial, devido à sua ampla utilização e ao elevado potencial econômico. O Brasil, graças às condições edafoclimáticas favoráveis e aos avanços tecnológicos, tornou-se líder global na produção e exportação de soja (CONAB, 2024). Entretanto, a obtenção de altos rendimentos está diretamente associada à utilização de sementes de qualidade fisiológica superior e ao adequado estabelecimento inicial das plantas no campo (EMBRAPA, 2016).

Durante a germinação e a emergência, fatores como vigor, integridade dos tecidos embrionários, temperatura e disponibilidade de água exercem papel determinante sobre o sucesso do estabelecimento das plântulas. Vieira e Santos (2005) ressaltam que sementes de alto vigor resultam em plântulas mais uniformes, com maior resistência a estresses ambientais e melhor desempenho produtivo.

Nos últimos anos, o uso de bioestimulantes e bioativadores tem se tornado uma prática comum no tratamento de sementes, visando estimular o metabolismo e o crescimento inicial das plantas. Esses produtos são formulados com substâncias orgânicas, aminoácidos, hormônios vegetais e micronutrientes, capazes de ativar rotas metabólicas relacionadas à divisão celular e ao alongamento dos tecidos vegetais (Moterle et al., 2011; Rodrigues; et al., 2017).

De acordo com Binsfeld et al. (2014), a aplicação de bioativadores em sementes de soja promoveu incremento no comprimento radicular e na matéria seca das plântulas, demonstrando sua eficiência no estímulo ao crescimento inicial. Resultados semelhantes foram observados por Bertolin et al. (2010), que relataram aumento na produtividade da soja em resposta ao uso de bioestimulantes,

evidenciando a influência positiva desses compostos ao longo do ciclo da cultura.

Os mecanismos fisiológicos pelos quais os bioativadores atuam envolvem a regulação hormonal e o aumento da atividade enzimática. Rodrigues; et al. (2017) observaram que produtos contendo AIB (ácido indolbutírico), um tipo de auxina, promovem o desenvolvimento radicular e o vigor das plântulas quando aplicados em doses adequadas. Vieira de Paula e Lazaretti (2022) destacam que a ação conjunta de auxinas e citocininas proporciona equilíbrio entre o crescimento radicular e o alongamento da parte aérea, resultando em plântulas mais vigorosas.

O produto Raiz Nortox é um bioativador composto por nutrientes e substâncias promotoras do crescimento vegetal, desenvolvido para estimular a formação de raízes e aumentar a absorção de nutrientes. Estudos realizados com produtos de composição semelhante demonstram incrementos significativos no crescimento e no vigor inicial das plantas de soja (Binsfeld; et al., 2014; Santos, 2023). Contudo, a resposta das plantas pode variar conforme a dose aplicada e as condições ambientais, sendo essencial avaliar experimentalmente o comportamento fisiológico das plântulas sob diferentes concentrações do produto.

Assim, a adoção de bioativadores em sementes de soja representa uma tecnologia promissora para melhorar o vigor e o estabelecimento inicial da cultura, contribuindo para maior uniformidade do estande e potencial produtivo das lavouras.

3 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no município de Cianorte, Paraná (23°38'16"S 52°36'50"W), em condições de campo e de laboratório, durante o período de agosto a outubro de 2024.

A cultivar utilizada foi BRASMAX FIBRA 64I61RSF IPRO. As sementes foram tratadas com quatro doses do bioativador Raiz Nortox®, a dose recomendada do fabricante é de 3 mL kg⁻¹, porém para este trabalho foi utilizado doses correspondentes a 2, 4, 6 e 8 mL kg⁻¹ de semente, além da testemunha (sem bioativador), totalizando cinco tratamentos. Cada tratamento foi preparado em amostras de 1 kg de sementes, realizando-se a aplicação manual com o auxílio de seringa graduada e homogeneização em garrafa plástica até a completa distribuição do produto sobre as sementes. O bioativador Raiz Nortox é composto por Nitrogênio (N) solúvel em água: 4,7% p/p Zinco (Zn) solúvel em água: 0,75% p/p Zinco (Zn) total: 0,75% p/p Carbono orgânico total (COT): 4,7% p/p.

Inicialmente, as sementes de soja foram tratadas com o bioativador e, em seguida, parte das sementes foi destinada à condução do experimento no Laboratório de Tecnologia de Sementes da UMFG de Cianorte e outra parte, ao ambiente externo.

No laboratório, as sementes foram avaliadas pelos seguintes testes:

- Germinação padrão: em que foram utilizadas oito repetições de 50 sementes, semeadas em rolos de papel germitest umedecidos 2,5 vezes o peso do papel seco e mantidos em germinador do tipo *Mangelsdorf*, regulado a $25 \pm 2^\circ\text{C}$. As avaliações foram realizadas aos oito dias após o início do teste (Brasil, 2009).
- Primeira contagem da germinação: realizado em conjunto ao teste padrão de germinação. As avaliações das plântulas normais foram efetuadas aos 5 dias após o início do teste (Brasil, 2009)
- Comprimento da parte aérea e raiz primária das plântulas: foram utilizadas cinco repetições de 20 sementes. As sementes foram colocadas para germinar à temperatura de 25°C , utilizando-se, como substrato, rolos de papel germitest umedecidos 2,5 vezes o peso do papel seco. As avaliações foram realizadas aos oito dias após a semeadura (Nakagawa, 1999), medindo-se o comprimento (parte aérea e raiz) em todas as 20 plântulas do teste.
- Biomassa seca das plântulas: foram utilizadas cinco repetições, em que as 20 plântulas avaliadas no comprimento de plântulas foram acondicionadas em sacos de papel e colocadas para secar em estufa com circulação de ar, a 80°C , durante 24 horas. Após este período, as amostras foram retiradas da estufa, pesadas, determinando-se a biomassa seca total de cada tratamento das plântulas, sendo os resultados expressos em g por plântula (Nakagawa, 1999).

No ambiente externo ao laboratório (Quadro 1), em um campo protegido com tela, foram utilizadas 10 repetições por tratamento, em que as sementes foram semeadas em copos plásticos descartáveis de 300 mL, preenchidos com vermiculita como substrato. Foram semeadas duas sementes por recipiente e, após a emergência, realizou-se o desbaste, permanecendo uma plântula por unidade experimental. As plantas foram irrigadas duas vezes ao dia, de forma a manter a umidade adequada ao desenvolvimento.

As variáveis avaliadas foram: comprimento da parte aérea (cm), comprimento da raiz (cm), massa fresca da parte aérea (g) e massa seca da parte radicular (g). O comprimento das plântulas foi determinado com régua milimetrada, da base do hipocótilo até o ápice da folha primária, para a parte aérea, e da base do hipocótilo até o final da raiz principal, para o sistema radicular. Apenas a massa fresca foi obtida imediatamente após a coleta. As avaliações no ambiente externo foram realizadas aos 7, 14 e 21 dias após a semeadura.

O delineamento experimental adotado foi inteiramente casualizado.

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância (ANOVA) em nível de 5% de probabilidade e o comportamento das variáveis em função das doses do bioativador Raiz Nortox foi

analisado por regressão polinomial. As análises estatísticas foram realizadas com o auxílio do software SISVAR, versão 5.8 (Ferreira, 2019). Os resultados foram apresentados por meio de gráficos contendo as médias observadas e estimadas em função das doses do bioativador, conforme as normas da ABNT e o padrão de formatação da UMFG.

Quadro 1 – Ambiente externo



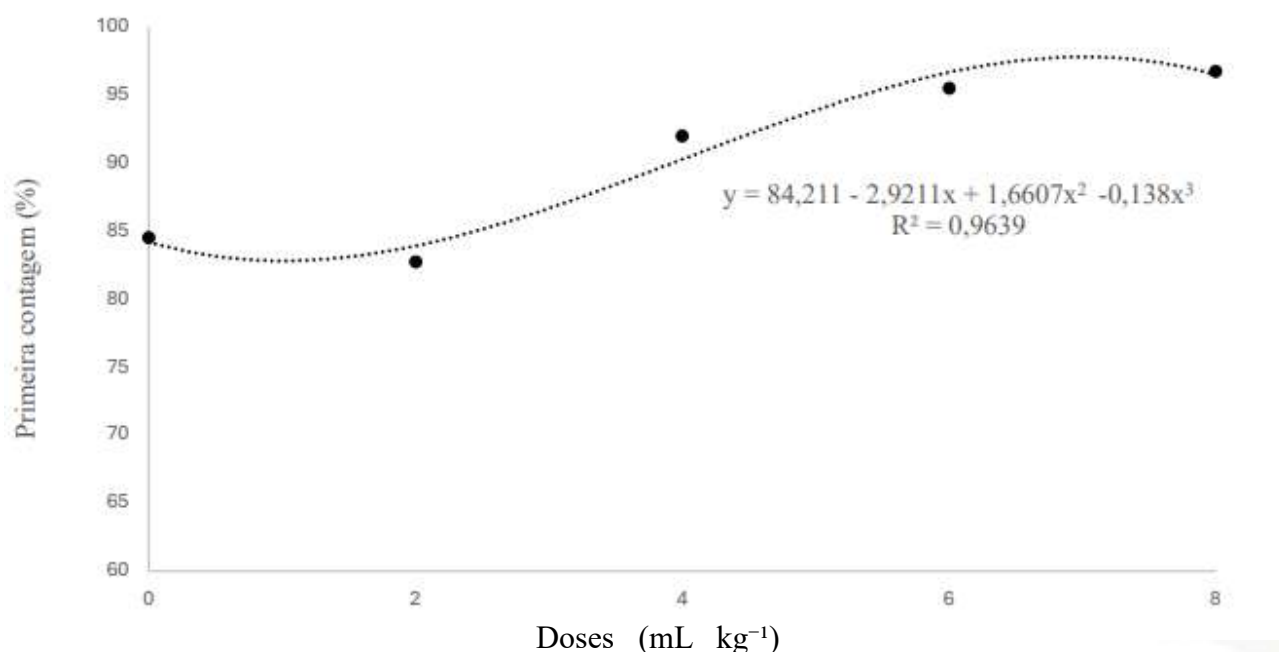
Elaborado Pelo autor (2025)

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

As análises de variância revelaram que as doses do bioativador Raiz Nortox influenciaram de forma variável o desempenho inicial das plântulas de soja. Foi possível o ajuste de diferentes equações de regressão que explicam o desempenho das sementes e desenvolvimento inicial das plantas em função das doses crescentes de bioativador.

Conforme demonstrado na Figura 1, para a porcentagem de plântulas normais na primeira contagem da germinação houve comportamento crescente em função das doses de bioativador, até a dose de 6 mL kg⁻¹, com discreta redução em 8 mL kg⁻¹. Esse padrão indica efeito positivo do bioativador sobre o vigor inicial, até o ponto em que o equilíbrio hormonal é mantido. Vieira de Paula e Lazaretti (2022) também relataram aumento da primeira contagem em soja tratada com enraizador à base de AIB, destacando que doses intermediárias promovem maior velocidade de germinação e emergência. De forma semelhante, Pereira et al. (2024) observaram que o uso de enraizadores em milho resultou em incremento do vigor inicial, demonstrando que o efeito se repete entre espécies de comportamento fisiológico semelhante.

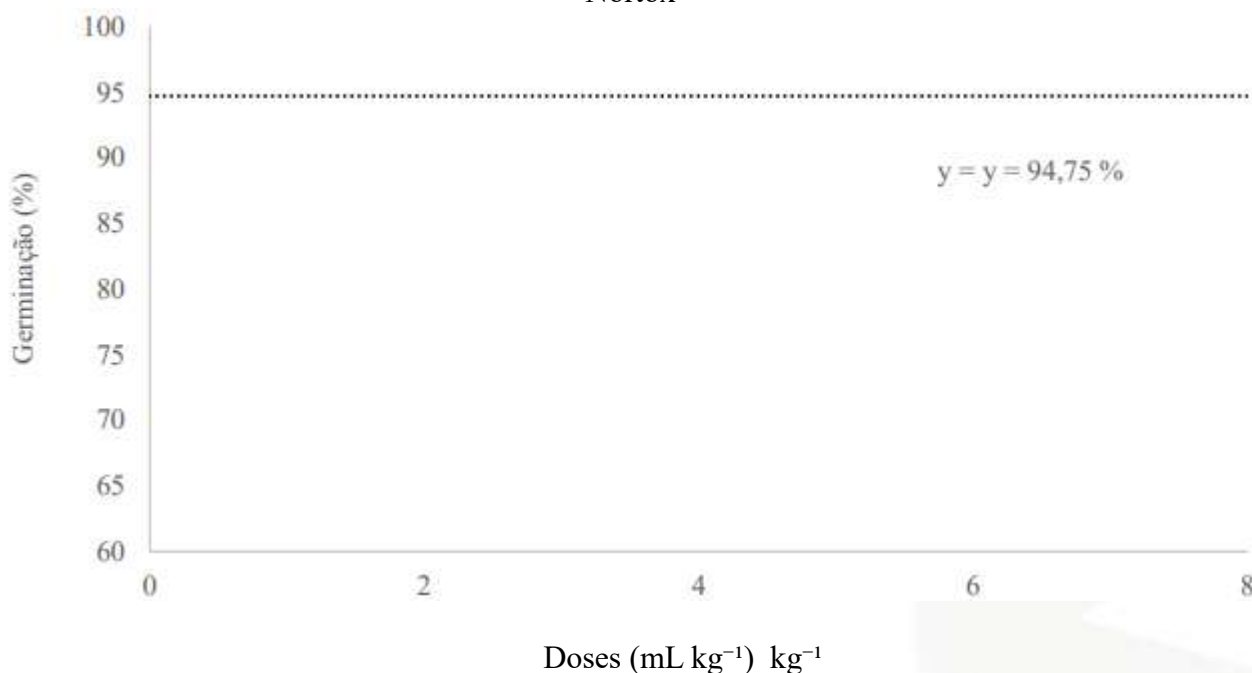
Figura 1 - Porcentagem de plântulas normais na primeira contagem do teste de germinação das sementes de soja tratadas com diferentes doses do bioativador



Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

Para a variável germinação de sementes, obtida pela porcentagem de plântulas normais no teste padrão, não foi possível ajustar nenhuma equação em função das doses do bioativador (Figura 2). A porcentagem de germinação manteve-se estável em todas as doses, com média superior a 90%. Esse resultado sugere que o produto não compromete, nem melhora, a viabilidade das sementes, atuando predominantemente sobre o vigor e o crescimento inicial. Souza; et al. (2018) também verificaram ausência de diferença significativa na germinação total de sementes de soja tratadas com bioestimulantes. De maneira semelhante, Souza et al. (2018) também observou que não houve influência do bioativador na germinação de sementes de soja. Tais constatações reforçam que o principal efeito desses produtos está relacionado ao estímulo metabólico, e não à germinação propriamente dita.

Figura 2 - Germinação (%) de plântulas de soja submetidas a diferentes doses do bioativador Raiz Nortox



Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

À semelhança do que ocorreu na primeira contagem, para o comprimento da parte aérea das plântulas de soja e massa fresca da raiz aos 7 dias em função das doses de bioativador, foi possível o ajuste de equação polinomial cúbica (Figura 3 e 6). Tanto o comprimento como a massa fresca da raiz aos 7 dias apresentaram incremento até 6 mL kg⁻¹, com ligeira redução na maior dose. Essa resposta positiva indica que o bioativador promoveu o alongamento celular de forma equilibrada, sem provocar desbalanço hormonal. Vieira de Paula e Lazaretti (2022) observaram, em partes, resultado semelhante ao aplicar enraizador em soja, em que as doses intermediárias favoreceram o crescimento

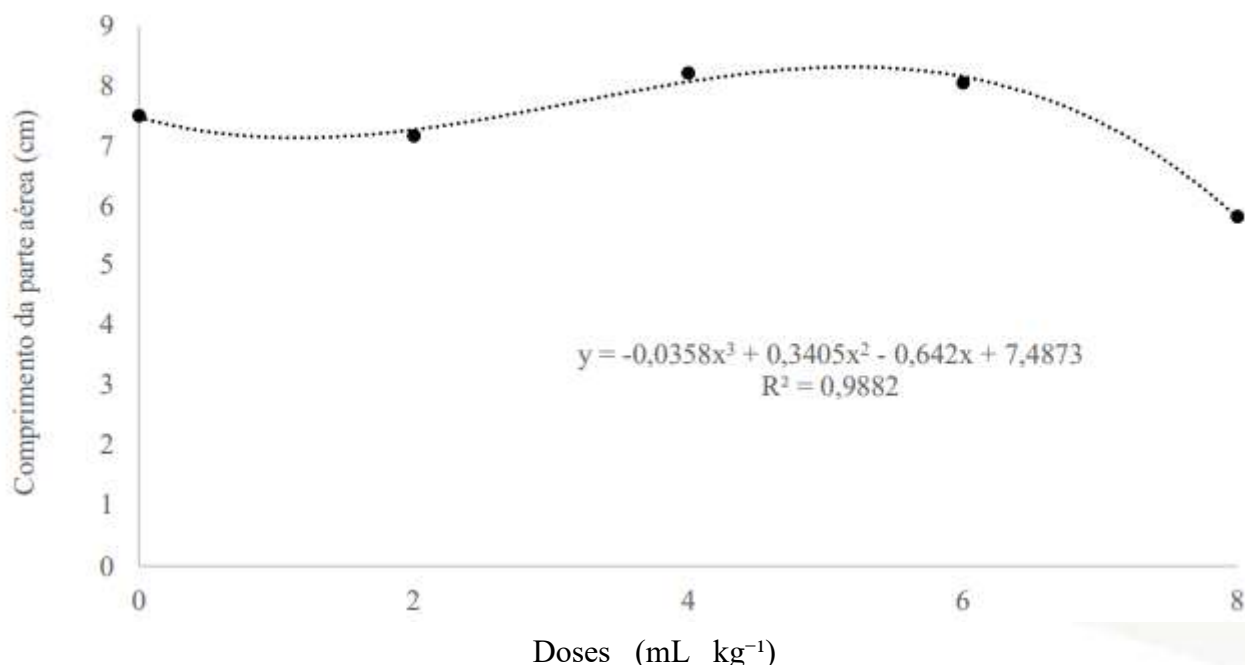
da parte aérea, enquanto doses elevadas apresentaram efeito inibitório. Adame; et al. (2023) também relataram comportamento análogo em milho, com crescimento mais expressivo até 100% da dose recomendada confirmando a necessidade de controle da dose para evitar respostas negativas.

Souza et al. (2018) relataram que o uso de bioestimulantes em soja resultou em maior acúmulo de massa fresca da parte aérea e das raízes, devido à intensificação do metabolismo primário e ao aumento da absorção de água. O mesmo comportamento foi observado por Adame et al. (2023) em milho, demonstrando que os efeitos fisiológicos de bioativadores são semelhantes entre espécies de metabolismo C3 e C4.

O bioativador Raiz Nortox apresenta potencial para ser utilizado como ferramenta agrônômica no tratamento de sementes de soja, proporcionando plântulas com maior vigor e crescimento equilibrado. Todavia, recomenda-se cautela quanto ao uso de doses elevadas, uma vez que estas podem, em alguns casos, limitar o desenvolvimento radicular.

Sugere-se que trabalhos futuros avaliem o desempenho das plantas em estágios mais avançados, bem como os efeitos do bioativador sobre a produtividade e a fisiologia da cultura da soja em diferentes condições edafoclimáticas

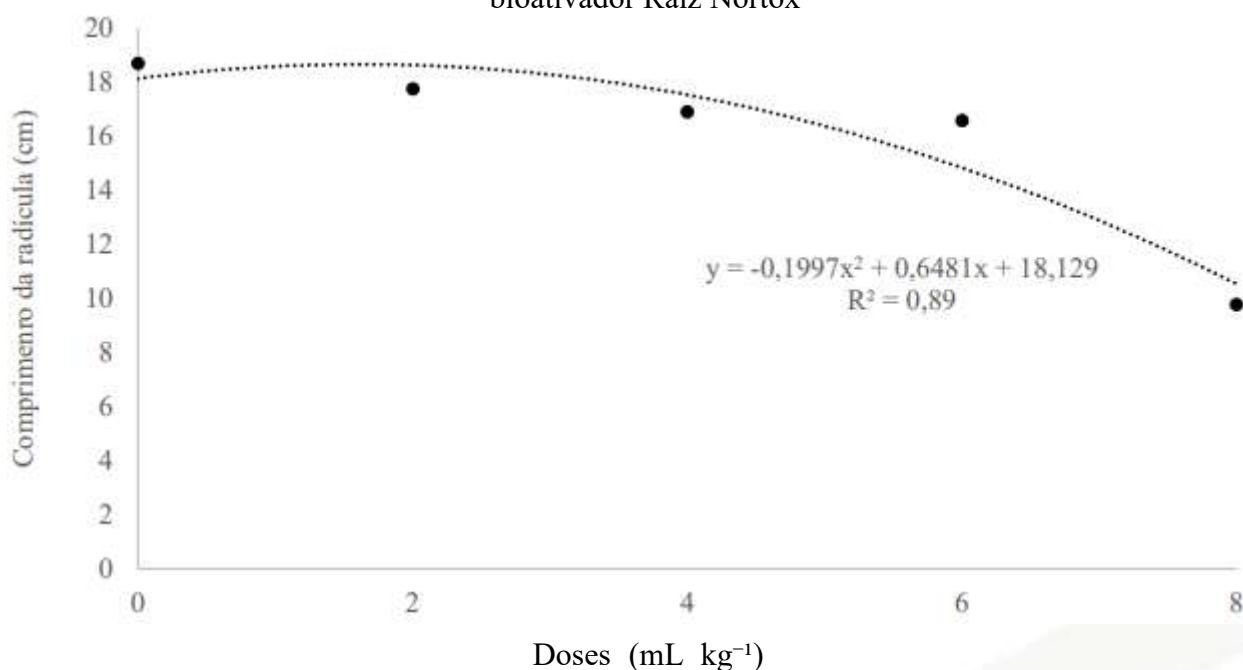
Figura 3 - Comprimento da parte aérea (cm) de plântulas de soja submetidas a diferentes doses do bioativador Raiz Nortox



Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

Em relação ao comprimento da radícula das plântulas de soja foi possível o ajuste de equação quadrática em função das doses de bioativador (Figura 4). Assim, pela equação ajustada foi possível estimar a dose de 1,62 mL kg⁻¹ que permite o máximo comprimento da radícula de 18,65 cm. Esse comportamento é consistente com o observado por Pereira; et al. (2024), que relataram aumento do comprimento radicular em plântulas tratadas com diferentes enraizadores até a dose de saturação fisiológica. A ação positiva sobre o crescimento radicular está relacionada ao estímulo das auxinas e citocininas presentes na formulação, que promovem divisão e alongamento celular (Vieira de Paula; Lazaretti, 2022).

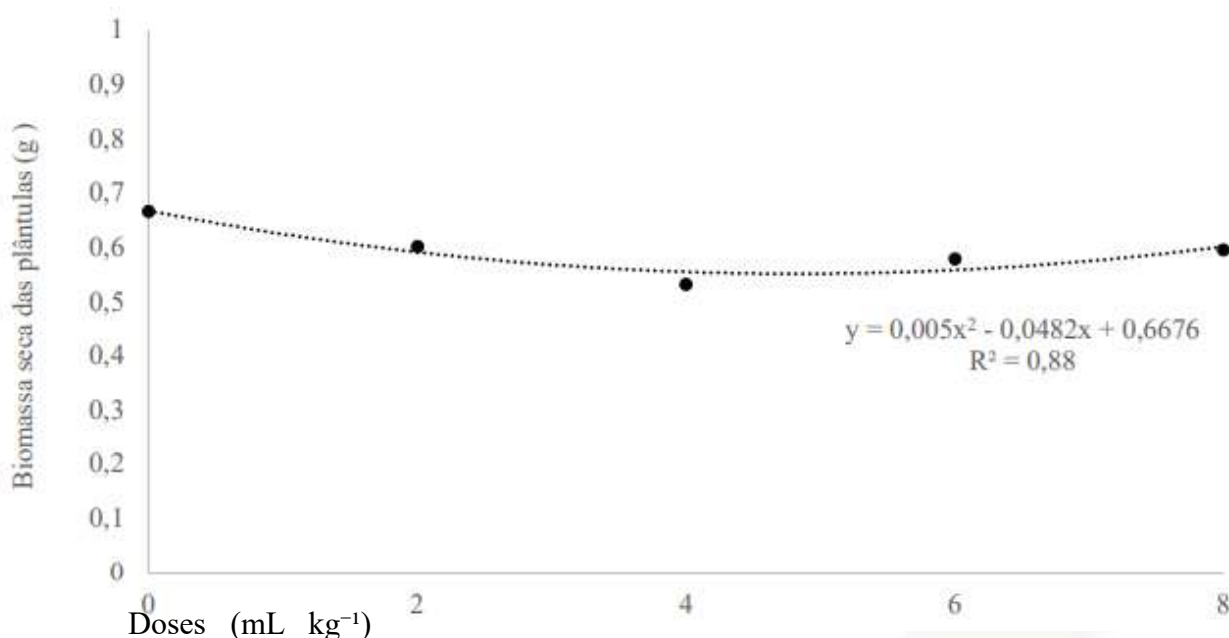
Figura 4 - Comprimento da radícula (cm) de plântulas de soja submetidas a diferentes doses do bioativador Raiz Nortox



Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

Para biomassa seca foi possível o ajuste de regressão quadrática (Figura 5). A biomassa seca das plântulas apresentou comportamento diferenciado aos demais resultados relatados anteriormente. Por meio da equação ajustada foi estimada que a dose de 4,82 mL kg⁻¹ levou a menor biomassa seca das plântulas. Esse resultado se contrapõe aos observados por Simeoni; et al. (2018), os quais relataram que não houve diferença significativa na massa seca das plantas sob diferentes doses de bioativadores. Dessa forma, os efeitos observados para comprimento da radícula não se traduziram em maior biomassa das plântulas. Possivelmente, houve maior número de raízes secundárias, de menor espessura o que pode ter contribuído para esse efeito não cumulativo na biomassa seca, corroborando ao observado por (Moterle; et al., 2011; Binsfeld; et al., 2014).

Figura 5 - Biomassa seca de plântulas (g) de soja submetidas a diferentes doses do bioativador Raiz Nortox



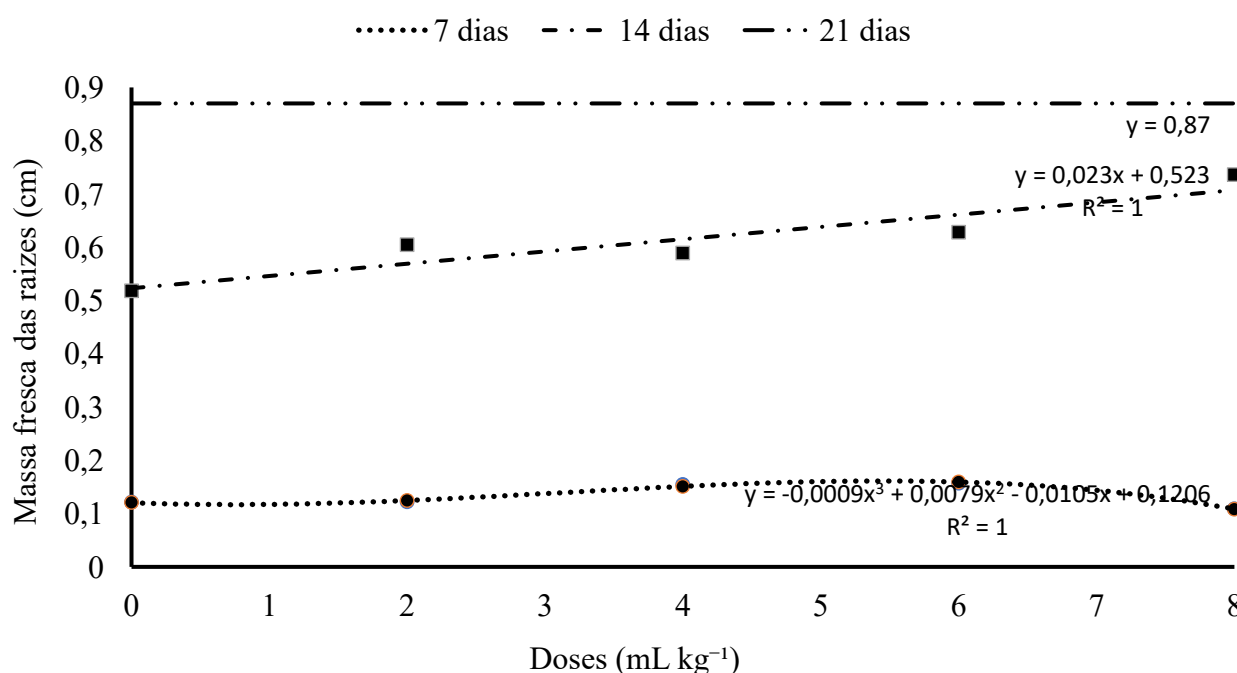
Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

Em síntese, os resultados obtidos no laboratório demonstram que o bioativador Raiz Nortox exerceu efeito benéfico sobre o vigor inicial das plântulas de soja, com melhores respostas nas doses de 6 mL kg⁻¹, com exceção do comprimento da raiz primária. Tais resultados corroboram com os relatos de Vieira de Paula e Lazaretti (2022) e Pereira; et al. (2024), confirmando a ação positiva de compostos bioativos sobre o desenvolvimento inicial das plantas.

Os resultados obtidos no ambiente externo mostraram comportamento variável das plântulas de soja ao longo das avaliações realizadas aos 7, 14 e 21 dias após a emergência. Observou-se comportamentos diferentes a depender da variável analisada.

Na avaliação aos 7 dias, a massa fresca de raízes apresentou incremento gradual nas doses de 4 até 6 mL kg⁻¹ (Figura 6), indicando estímulo ao desenvolvimento radicular nas doses intermediárias. Esse comportamento é coerente com o relatado por Pereira et al. (2024), que observaram aumento significativo no comprimento e na biomassa radicular de plântulas de milho tratadas com bioativadores. O aumento da massa fresca reflete maior capacidade de absorção de água e nutrientes, o que contribui para o vigor e a resistência inicial das plantas (Souza; et al., 2018).

Figura 6 - Massa fresca de raízes (g) de plântulas de soja, em função das doses do bioativador Raiz Nortox



Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

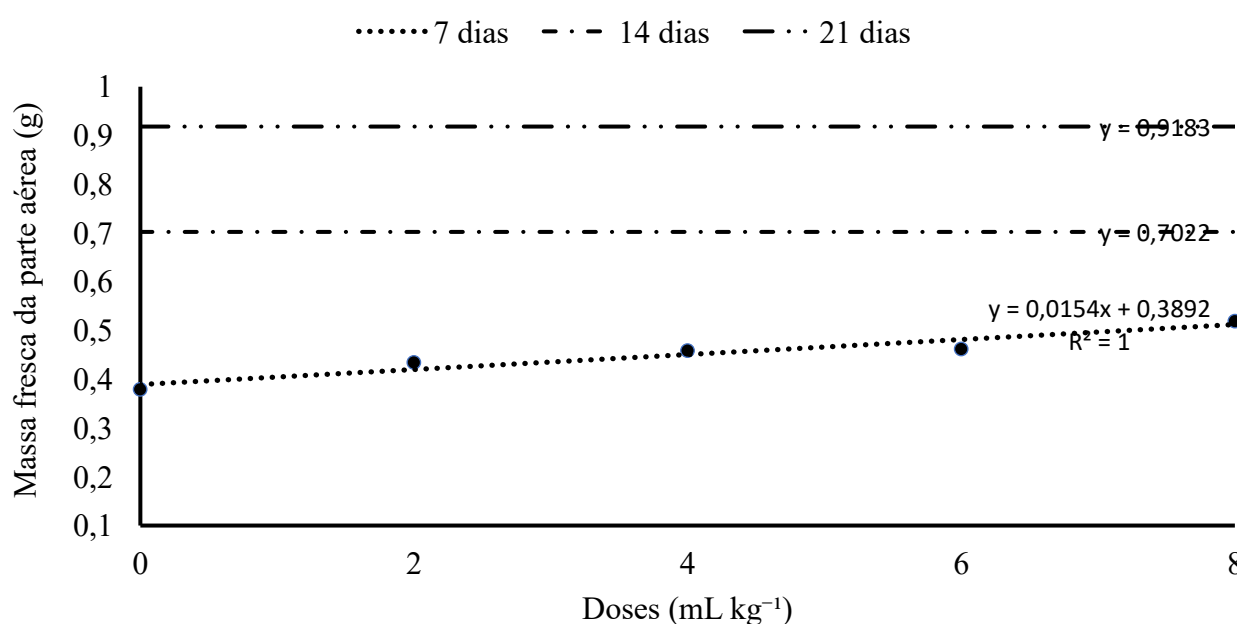
Aos 14 dias, a massa fresca das raízes manteve a tendência de aumento da massa radicular de acordo com o aumento das doses do bioativador, atingindo o valor máximo próximo de 8 mL kg⁻¹ (Figura 6). Resultados semelhantes foram obtidos por Adame et al. (2023), que observaram respostas crescentes de biomassa radicular em milho submetido a doses progressivas de enraizadores. O comportamento crescente reforça que a ação do produto se manifesta de forma acumulativa ao longo do tempo, favorecendo o crescimento contínuo das raízes.

Aos 21 dias, a massa fresca de raízes estabilizou-se, sem diferenças expressivas entre as doses, ou seja, não foi possível o ajuste de regressão em função das doses de bioativador para essa variável (Figura 6). Essa estabilização é comum em estágios mais avançados do desenvolvimento inicial, quando ocorre redistribuição dos fotoassimilados para outras partes da planta. Vieira de Paula e

Lazaretti (2022) relataram comportamento semelhante em soja tratada com enraizador à base de AIB, em que o efeito positivo foi mais evidente nas fases iniciais e se reduziu com o avanço do crescimento.

A massa fresca da parte aérea aumentou de forma linear até 8 mL kg^{-1} , quando avaliada aos 7 dias (Figura 7) indicando efeito estimulante do bioativador sobre o crescimento vegetativo. Souza; et al. (2018) destacam que bioestimulantes contendo aminoácidos e micronutrientes atuam positivamente na expansão foliar e na formação de tecidos jovens, o que se reflete em maior acúmulo de biomassa aérea.

Figura 7 - Massa fresca da parte aérea (g) de plântulas de soja, em função das doses do bioativador Raiz Nortox



Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

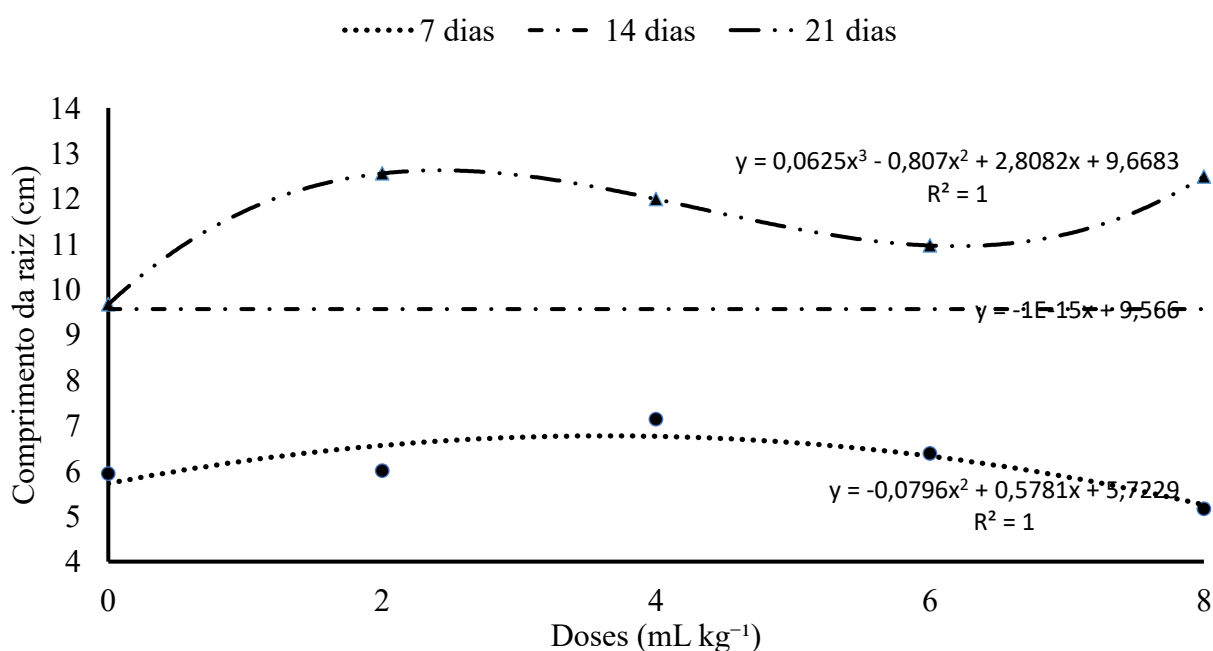
Aos 14 dias, as diferenças entre as doses foram pequenas, sugerindo que o acúmulo de massa fresca na parte aérea entrou em fase de equilíbrio fisiológico (Figura 7). Esse comportamento confirma que, após o estabelecimento inicial, o crescimento aéreo tende à estabilização, conforme também descrito por Adame et al. (2023) em milho tratado com enraizadores.

No final do período avaliado, os valores de massa fresca da parte aérea mantiveram-se elevados e homogêneos entre as doses, não havendo efeito das doses nesse período (Figura 7). Essa homogeneidade sugere que o uso do bioativador contribuiu para a formação de plântulas equilibradas e vigorosas, prontas para o crescimento vegetativo pleno.

Para o comprimento da raiz, avaliada aos 7 dias, foi possível ajustar equação quadrática em função das doses de bioativador. Desta forma, estimou-se a dose de $3,63 \text{ mL kg}^{-1}$, como a obtenção máxima do comprimento da raiz das plântulas de 6,77 cm. (Figura 8) Essa resposta confirma que o

efeito do bioativador depende da dose e tende a ser mais expressivo em concentrações intermediárias. Pereira; et al. (2024) observaram resultado semelhante, com maior alongamento radicular em doses moderadas, enquanto Adame; et al. (2023) destacaram que doses elevadas podem reduzir o crescimento devido ao desbalanço hormonal causado pelo excesso de estímulo.

Figura 8 - Comprimento da raiz (cm) de plântulas de soja, em função das doses do bioativador Raiz Nortox



Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

Aos 14 dias, o aumento das doses não alterou o comprimento da raiz (Figura 8). Vieira de Paula e Lazaretti (2022) relataram que, em soja, o desenvolvimento radicular tende a estabilizar após o estágio inicial, concentrando o crescimento em ramificações secundárias e na formação de raízes laterais, o que pode explicar a ausência de variação expressiva nesta fase.

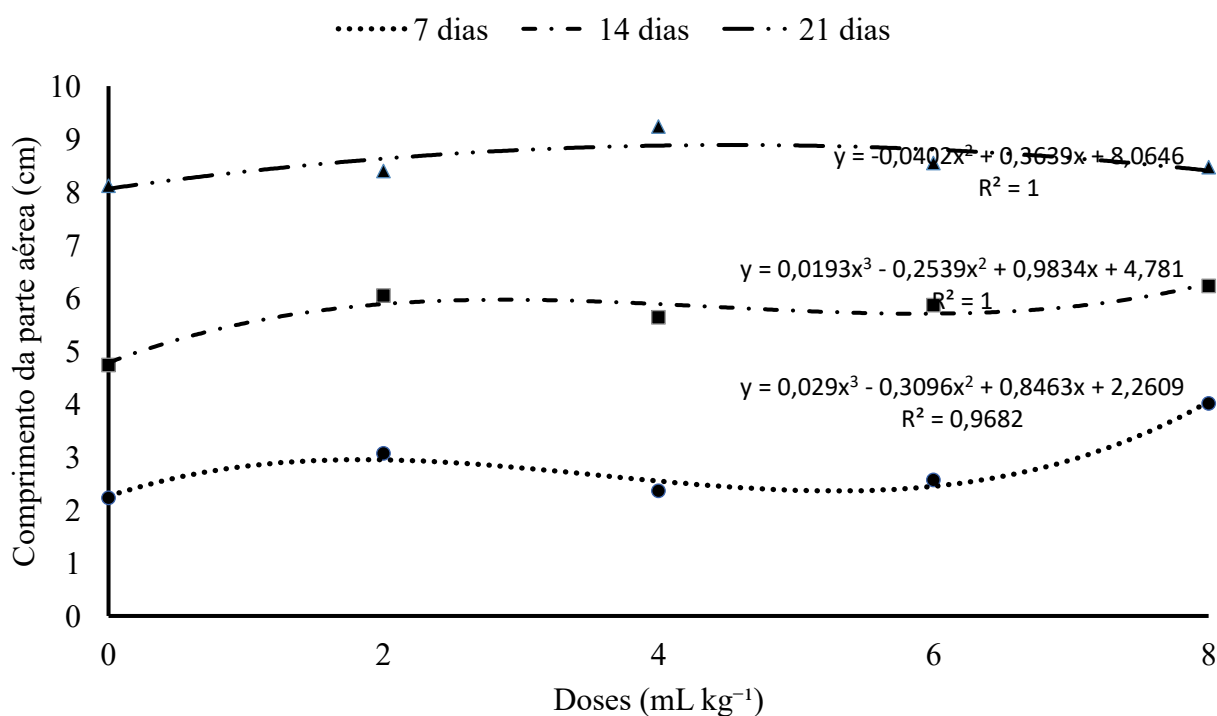
No final do período de avaliação, aos 21 dias, o comprimento radicular apresentou leve aumento na dose 2 e, principalmente, na dose 8 mL kg⁻¹ (Figura 8). Essa oscilação pode estar associada à redistribuição fisiológica de assimilados, característica de plântulas que atingem estabilidade de crescimento. Adame; et al. (2023) também observaram tendência semelhante em milho, com variação.

De modo geral, os resultados do ambiente externo demonstram que o bioativador Raiz Nortox contribuiu para o desenvolvimento equilibrado das plântulas de soja, com efeitos mais marcantes nas

primeiras duas semanas após a semeadura. Esses resultados estão em conformidade com as observações de Pereira; et al. (2024) e Vieira de Paula e Lazaretti (2022), que relataram que os bioestimulantes apresentam maior eficiência durante o crescimento inicial, quando o metabolismo da planta está em intensa atividade.

Os resultados referentes ao comprimento da parte aérea das plântulas de soja, avaliados aos 7, 14 e 21 dias após a emergência, demonstraram comportamento consistente com as demais variáveis analisadas (Figura 9). O bioativador Raiz Nortox promoveu efeito positivo sobre o crescimento inicial, especialmente nas doses intermediárias, confirmando o potencial fisiológico do produto no tratamento de sementes.

Figura 9 - Comprimento da parte aérea (cm) de plântulas de soja, em função das doses do bioativador Raiz Nortox



Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

Tanto aos 7 como aos 14 dias, observou-se variação suave, com leve incremento do comprimento da parte aérea nas doses de 2 e 8 mL kg⁻¹ e valores intermediários estáveis (Figura 9). Esse comportamento indica que o bioativador não apresentou efeito inibitório em doses mais elevadas, mas que o estímulo mais expressivo ocorreu nas concentrações medianas. Pereira; et al. (2024) relataram comportamento semelhante em milho, em que a aplicação de enraizadores resultou em melhor desenvolvimento inicial até o ponto de saturação, após o qual as respostas fisiológicas

tendem à estabilidade.

Na última avaliação do comprimento da parte aérea foi possível ajustar equação quadrática (Figura 9). A partir da equação ajustada estimou-se que as plântulas tratadas com a dose de 4,52 mL kg⁻¹ apresentaram os maiores valores de comprimento da parte aérea de 8,91 cm evidenciando o ponto de equilíbrio entre estímulo hormonal e crescimento natural da planta. Vieira de Paula e Lazaretti (2022) também observaram esse comportamento em soja tratada com enraizador à base de AIB, destacando que doses moderadas proporcionam o melhor desempenho fisiológico por manterem o balanço adequado entre auxinas e citocininas.

Souza et al. (2018) reforçam que os efeitos positivos de bioestimulantes se manifestam principalmente durante o crescimento inicial das plântulas, promovendo maior eficiência metabólica e melhor aproveitamento dos nutrientes disponíveis. Esse fato pode ser comprovado no presente estudo, principalmente nas duas primeiras semanas de avaliação (aos 7 e 14 dias) (Figuras 6, 7, 8 e 9). Por outro lado, Adame et al. (2023) observaram que, em doses elevadas, o efeito tende à estabilização, o que pode ser atribuído à saturação das rotas metabólicas envolvidas no crescimento celular.

De modo geral, a análise conjunta dos resultados demonstra que o uso do bioativador Raiz Nortox em ambiente externo exerce influência positiva sobre o desenvolvimento inicial das plântulas de soja (7 e 14 dias), com destaque para a maior dose de 8 mL kg⁻¹. Essas concentrações favoreceram o vigor, o crescimento radicular e o alongamento da parte aérea, refletindo em maior acúmulo de biomassa e em plântulas mais vigorosas.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados demonstraram que o uso do bioativador influenciou positivamente o vigor e o crescimento inicial das plântulas de soja, principalmente na dose de 6 mL kg⁻¹ de semente.

A dose ajustada de 1,62 mL kg⁻¹ permite o maior comprimento da raiz.

E ambiente externo, a dose de 8 mL kg⁻¹ de bioativador promoveu aumento no comprimento da parte aérea e na massa fresca das plântulas, principalmente nas fases iniciais de desenvolvimento. As respostas tenderam à estabilização a partir dos 21 dias, o que sugere que o produto exerce efeito mais marcante nas etapas iniciais do crescimento, favorecendo a formação de um sistema radicular mais desenvolvido e um estabelecimento uniforme das plantas.

A dose ajustada de 3,63 mL kg⁻¹ permitiu o máximo de 3,63 cm de comprimento da raiz aos 7 dias.

O bioativador Raiz Nortox apresenta potencial para ser utilizado como ferramenta agronômica no tratamento de sementes de soja, proporcionando plântulas com maior vigor e crescimento equilibrado.

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela presença constante em todos os momentos desta caminhada, concedendo força, sabedoria e amparo diante das dificuldades. Foi pela Sua graça e misericórdia que se tornou possível vencer cada etapa e concluir mais esta fase da vida com fé e perseverança.

Aos meus pais, pelo amor incondicional, paciência e incentivo contínuo, por acreditarem no meu potencial e por nunca medirem esforços para que eu pudesse alcançar meus objetivos. À minha família, pelo apoio, compreensão e por serem base e inspiração em todas as decisões desta trajetória.

À professora Dra. Lia Mara Moterle, pela orientação dedicada, paciência e pelas contribuições essenciais ao desenvolvimento desta pesquisa. Seu comprometimento e disponibilidade foram fundamentais para o amadurecimento acadêmico e pessoal durante a realização deste trabalho.

À Faculdade UMFG e a todos os professores que contribuíram com ensinamentos e valores que ultrapassam o ambiente acadêmico, sendo fundamentais para a formação profissional e humana.

Aos colegas e amigos que fizeram parte desta jornada, pela parceria, apoio e amizade ao longo do curso. Em especial, a Fagner Echeverria Pacheli e a Humberto Henrique Molina Luna, pelo auxílio na obtenção dos materiais experimentais, e a Gabriel Gaiola de Oliveira e a Vitor Vinícius Esteves dos Santos Diassi, pela ajuda durante a condução dos experimentos e pela disposição em colaborar sempre que necessário.

Por fim, o autor agradece a todos que, de alguma forma, contribuíram para a realização deste trabalho, oferecendo apoio, incentivo e companheirismo, tornando esta conquista possível.

REFERÊNCIAS

ABNT. NBR 14724:2024 – **Trabalhos acadêmicos – Apresentação**. Associação Brasileira de Normas Técnicas, Rio de Janeiro, 2024.

ADAME, G. R. et al. **Efeitos de doses de enraizador no desenvolvimento inicial de plântulas de milho (*Zea mays* L.)**. Anais do 2º Congresso Científico da FAG – CityFarm, Cascavel, 2023.

BERTOLIN, D. C. et al. **Aumento da produtividade de soja com a aplicação de bioestimulante**. Bragantia, v. 69, n. 2, p. 339–347, 2010.

BINSFELD, J. A. et al. **Uso de bioativador, bioestimulante e complexo de nutrientes em sementes de soja**. Pesquisa Agropecuária Tropical, v. 44, n. 1, p. 88–94, 2014.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. **Regras para análise de sementes**. Brasília: MAPA/ACS, 2009. 399 p. ISBN 978-85-99851-70-8.

CASTRO, G. S. A. et al. **Tratamento de sementes de soja com inseticidas e um bioestimulante**. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v. 43, n. 10, p. 1311–1318, 2008.

CONAB. **Acompanhamento da Safra Brasileira de Grãos – Safra 2023/2024**. Companhia Nacional de Abastecimento, Brasília, 2024.

EMBRAPA. **Germinação e vigor de sementes de soja sob aplicação de bioestimulante Fertiactyl Leg®**. Londrina: Embrapa Soja, 2015.

EMBRAPA. **Tecnologia da produção de semente de soja de alta qualidade**. Londrina: Embrapa Soja, 2016.

FERREIRA, D. F. **SISVAR: um sistema computacional de análise estatística**. Cerne, v. 7, n. 1, p. 155–160, 2011.

FERREIRA, D. F. **SISVAR: a computer statistical analysis system**. Biometria, v. 2, p. 1–6, 2019.

MOTERLE, L. M.; VASCONCELOS, E. S. de; PINHO, E. V. de R. V.; CARVALHO, M. L. M. **Efeito de biorregulador na germinação e no vigor de sementes de soja**. Revista Ceres, v. 58, n. 5, p. 651–660, 2011.

NAKAGAWA, J. (1999). Teste de vigor baseados nos desempenhos das plântulas. In: Krzyzanowski, F.C., Vieira, R.D. & França Neto, J.B. (Eds.), **Vigor de sementes: conceitos e testes** (pp. ...). Londrina: ABRATES.

PEREIRA, R. C. et al. **Efeitos de bioativadores no controle de plantas daninhas e desenvolvimento inicial da cultura do milho (*Zea mays* L.)**. Trends in Agricultural and Environmental Sciences, v. 3, n. 1, p. 1–9, 2024.

RODRIGUES, T. S. et al. **Diferentes soluções e métodos de hidratação de sementes contendo AIB e outros hormônios**. Agrarian Academy, v. 4, n. 7, p. 15–22, 2017.

SANTOS, D. S. V. **Bioestimulantes no tratamento de sementes de soja**. 2023. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2023.

SIMEONI, L. A. et al. **Efeitos de enraizadores sobre o desenvolvimento inicial de plântulas de milho (*Zea mays* L.)**. Anais do Congresso Científico FAG – CityFarm, Cascavel, 2018.

SOUZA, T. F. et al. **Ação de bioestimulantes em sementes de soja**. Atena Editora – Temas em Ciência e Tecnologia de Sementes, v. 2, p. 75–82, 2018. DOI: 10.22533/at.ed.80818180612.

VIEIRA DE PAULA, V.; LAZARETTI, G. **Reflexos do uso de enraizador (AIB) no tratamento de sementes de soja (Glycine max (L.) Merrill)**. Anais do 1º Congresso CityFarm – Centro Universitário FAG, Cascavel, 2022.

VIEIRA, R. D.; SANTOS, D. S. V. **Fisiologia e qualidade de sementes de soja**. Londrina: Embrapa, 2005.