

Germinação do feijão em diferentes doses de herbicida 2,4-D

Gabriel de Souza^{1*}; Jéssica Patrícia Borges da Silva¹

¹Curso de Agronomia, Centro Universitário da Fundação Assis Gurgacz (FAG), Cascavel, Paraná.

^{1*}gasouza.w@gmail.com

Resumo: O objetivo deste trabalho é avaliar o desenvolvimento inicial do feijão com diferentes doses do herbicida 2,4-D. O trabalho foi conduzido no município de Cascavel-PR, em estufa no Centro Universitário Assis Gurgacz, em março de 2025, em delineamento de blocos casualizados (DBC). Com os seguintes tratamentos: T1 - Testemunha sem aplicação, T2 - concentração de (10^{-5} mg L⁻¹) de 2,4-D; T3 - (10^{-4} mg L⁻¹) de 2,4-D; T4 - (10^{-3} mg L⁻¹) de 2,4-D; T5 - (10^{-2} mg L⁻¹) T6 - (10^{-1} mg L⁻¹) de 2,4-D. Com 6 tratamentos e 4 repetições, totalizando 24 unidades experimentais. Os parâmetros avaliados após 20 dias de semeadura foram comprimento de caule e raiz, volume de raízes, e massa seca da parte aérea e massa seca de raízes. Os dados coletados foram submetidos à análise de variância (ANOVA), e as médias foram analisadas por meio de modelos de regressão linear e quadrática, considerando a nível de 5% de significância, com o auxílio do software Sisvar®. O tratamento 5 (10^{-2} mg L⁻¹), apresentou a maior média de caule e massa seca de parte aérea. O maior valor médio de comprimento de raiz foi observado no tratamento 6 (10^{-1} mg L⁻¹) e o maior volume de raiz foi apresentado pela testemunha. Conclui-se que o uso de 2,4-D, não causou melhorias em comparação com a testemunha. Somente com exceção da massa seca da parte aérea que obteve um melhor resultado, com o tratamento 5 (10^{-2} mg L⁻¹). Já para outras variáveis não é recomendado o uso do herbicida.

Palavras-chaves: *Phaseolus vulgaris*; Ácido 2,4-diclorofenoxiacético, herbicida, auxina.

Germination of beans at different doses of 2,4-D herbicides

Abstract: The objective of this study is to evaluate the initial development of common bean under different doses of the herbicide 2,4-D. The experiment was conducted in the municipality of Cascavel-PR, in a greenhouse at the Assis Gurgacz University Center, in March 2025, using a randomized block design (RBD). The treatments were as follows: T1 – control (no application), T2 – 2,4-D at a concentration of 10^{-5} mg L⁻¹; T3 – 10^{-4} mg L⁻¹; T4 – 10^{-3} mg L⁻¹; T5 – 10^{-2} mg L⁻¹; T6 – 10^{-1} mg L⁻¹. A total of six treatments with four replications were used, totaling 24 experimental units. Parameters evaluated 20 days after sowing included stem and root length, root volume, shoot dry mass, and root dry mass. The collected data were subjected to analysis of variance (ANOVA), and means were analyzed using linear and quadratic regression models at a 5% significance level, with the aid of Sisvar® software. Treatment 5 (10^{-2} mg L⁻¹) showed the highest mean for stem length and shoot dry mass. The highest average root length was observed in treatment 6 (10^{-1} mg L⁻¹), while the highest root volume was found in the control. It is concluded that the use of 2,4-D did not lead to improvements compared to the control, except for shoot dry mass, which performed better under treatment 5 (10^{-2} mg L⁻¹). For the other variables, the use of the herbicide is not recommended.

Keywords: *Phaseolus vulgaris*; 2,4-dichlorophenoxyacetic acid; herbicide, auxin.

Introdução

O feijão (*Phaseolus vulgaris*), está praticamente todos os dias nas refeições dos brasileiros, sendo que esta cultura apresenta uma proporção dos seguintes nutrientes, para cada 100g de feijão cozido, são fornecidos aproximadamente 9,73 g de proteínas; 6,3 de fibras; 3,7 mg de ferro; 1,0 mg de zinco e 25,09 g de carboidratos. Esses nutrientes fazem do feijão um alimento essencial para a alimentação saudável e equilibrada (Department of Agriculture, 2018).

O estado do Paraná é o maior produtor e importador da leguminosa (DERAL, 2024). O feijão destaca-se por sua elevada sensibilidade às variações climáticas, sendo a produtividade fortemente influenciada pela disponibilidade hídrica no solo. Tanto o déficit quanto o excesso de água, ao longo das diferentes fases fenológicas, podem provocar alterações fisiológicas e morfoestruturais que comprometem o potencial produtivo da cultura. (Fernandes, 2012).

Segundo a percepção dos produtores rurais, fatores como grau de maturação, desenvolvimento do feijão, forma das plantas, qualidade do terreno e maquinário correto são alguns dos principais desafios enfrentados no campo e essas limitações contribuem para que o cultivo do feijão não seja amplamente difundido em todas as regiões do país (Silva, 2023).

Na temporada 2023/2024, a produção brasileira de feijão foi estimada em aproximadamente 3,25 milhões de toneladas, o que representa um crescimento de 7% em relação à safra anterior (2022/2023). Esse resultado positivo se deve, principalmente, ao ótimo desempenho da segunda safra, que registrou um aumento de 18,5%, alcançando cerca de 1,5 milhão de toneladas (CONAB, 2024).

A produção de feijão pode contar com o uso de reguladores vegetais, como as auxinas. Um dos herbicidas do grupo auxínicos disponíveis para os agricultores e pecuaristas é o 2,4-D, (ácido 2,4-diclorofenoxiacético, 806 g L^{-1} 80,6% m v⁻¹), no qual misturas são preparadas com a utilização de 2,4-D + Picloram[®], muito usado em combate de folhas largas ou dicotiledônea na lavoura e pastagem, como joá, amendoim, picão preto, beldroega, embora não sejam os únicos disponíveis no mercado. Outros exemplos são o Fluroxipir[®] e Picloram[®] Matte *et al* (2018).

O 2,4-D pertence ao grupo dos herbicidas que atuam como imitadores das auxinas, também chamados de herbicidas hormonais, devido à semelhança estrutural com a auxina

natural presente nas plantas Oliveira Júnior (2011). Esse tipo de herbicida promove o crescimento celular em determinados tecidos, resultando em epinastia foliar, além de causar o bloqueio do floema, o que impede o transporte dos fotoassimilados das folhas para as raízes (Ferreira F. A, Ferreira L. R e Silva, 2005).

Todos esses efeitos estão relacionados a um elemento fundamental presente tanto nas plantas quanto na composição dos herbicidas; a auxina. ação dessa substância sobre plantas cultivadas vem sendo estudada com o objetivo de aprimorar a produtividade e a qualidade das culturas agrícolas Alleoni, Bosqueiro e Rossi (2000).

A auxina é o hormônio vegetal de menor peso molecular, sendo o mais significativo do ponto de vista fisiológico (Porfírio *et al*, 2016). O hormônio é transportado de célula para célula e é conduzido até no sistema radicular ou raízes, o transporte possivelmente ocorre pelo floema e entre os efeitos indispensáveis estão o alongamento celular, inibição ou potencialização da formação do etileno (Ludwig-Muller e Epstein, 1991).

É considerado a principal auxina presente nas plantas, o ácido 3-indolacético tem o triptofano como seu principal precursor biossintético, embora o AIA tenha sido a primeira auxina a ser isolada em vegetais, outros compostos com atividade auxínica também já foram identificados, além do próprio triptofano (Epstein, E.; Cohen, I D.; Chen, K. 1989).

No contexto apresentado, o objetivo deste trabalho é avaliar o desenvolvimento inicial do feijão com diferentes doses do herbicida 2,4-D, via embebição das sementes.

Material e Métodos

O experimento foi conduzido na estufa da Fazenda Escola do Centro Universitário Fundação Assis Gurgacz (FAG), em Cascavel - PR (nas coordenadas de Latitude 24°56'24.2" S e longitude 53°30'37.2" W), em março de 2025, totalizando 20 dias de experimento. Adotou-se o delineamento em blocos casualizados (DBC), com seis blocos e quatro repetições, totalizando 24 unidades experimentais (Tabela 1).

Tabela 1 – Descrição de tratamentos. Cascavel – PR, 2025.

Tratamentos	Descrições do tratamento
T1 – Tratamento 1	Testemunha, 0 mg L ⁻¹ de 2,4-D
T2 – Tratamento 2	Concentração de 10 ⁻⁵ mg L ⁻¹ de 2,4-D
T3 – Tratamento 3	Concentração de 10 ⁻⁴ mg L ⁻¹ de 2,4-D
T4 – Tratamento 4	Concentração de 10 ⁻³ mg L ⁻¹ de 2,4-D
T5 – Tratamento 5	Concentração de 10 ⁻² mg L ⁻¹ de 2,4-D
T6 – Tratamento 6	Concentração de 10 ⁻¹ mg L ⁻¹ de 2,4-D

Fonte: autores (2025)

O solo empregado no enchimento dos vasos foi o latossolo vermelho distroférrico constitui a principal classe de solo encontrada na região (Embrapa, 2018). Sua granulometria em porcentagem é de areia 12,50%, silte 16,25, argila 71,25% e classificação tipo 3. A coleta da amostra foi realizada na profundidade de 0 a 20 cm, revelando os seguintes parâmetros químicos; pH em CaCl de 4,80 cmolc dm³ ⁻¹; fósforo (P) com 4,13 mg dm³ ⁻¹; alumínio (Al) de 0,05 cmolc dm³ ⁻¹; acidez potencial (H+Al) de 5,35 cmolc dm³ ⁻¹; cálcio (Ca) com 3,10 cmolc dm³ ⁻¹; magnésio (Mg) de 0,85 cmolc dm³ ⁻¹; potássio (K) com 0,20 cmolc dm³ ⁻¹; ferro (Fe) 34,40 cmolc dm³ ⁻¹; soma de bases (SB) de 4,15 cmolc dm³ ⁻¹; saturação por bases (V) de 43,68 %; e capacidade de troca de cátions a pH 7,0 (CTC pH 7,0) equivalente a 9,50 cmolc dm³ ⁻¹.

Para a semeadura foram utilizadas sementes de feijão da variedade Tupi da safra 2023/2024. Cada um dos seis tratamentos foi composto por quatro repetições, totalizando 24 unidades experimentais. Os vasos de plástico usado tinha volume conhecido de 20 litros, continham cinco plantas de feijão, com profundidade de semeadura de 2 cm. Antes de serem semeadas, as sementes foram submersas em solução do herbicida 2,4-D durante 60 minutos, conforme a concentração de cada tratamento e o tratamento testemunha não foi embebida em nenhuma solução.

A solução de 2,4-D foi preparada a partir de uma solução-mãe de 2,4-D (Nortox[®] - Equivalente ácido de 2,4-D de 670 g L⁻¹) com 1,49 mL do herbicida diluído em 1000 mL de

água destilada, a partir da qual foram realizadas as diluições necessárias para a obtenção das soluções de 2,4-D com as concentrações de (10^{-5} a 10^{-1} mg L⁻¹).

Para a semeadura, os vasos foram preenchidos com solo peneirado misturado com areia na proporção de 80% de solo e 20% de areia, com finalidade de melhorar a aeração do solo, absorção de água e a fixação de raízes das plantas. O solo foi irrigado até sua capacidade de campo e, na sequência, foram semeadas 10 sementes de feijão em cada vaso. Os vasos foram mantidos em ambiente de estufa e regados três vezes ao dia, com irrigação automática da estufa. Após oito dias de emergência foi realizado o "raleio" mais conhecido como retirada das plantas de qualidade inferior, permanecendo assim apenas as cinco plantas com melhor desenvolvimento.

Após sua retirada dos vasos, as plantas foram lavadas em água corrente até a completa remoção do solo das raízes e do caule, para avaliação dos seguintes parâmetros após 20 dias da semeadura: comprimento das raízes e da parte aérea, volume de raiz, massa seca de raiz e do caule.

O comprimento das raízes foi medido com régua milimetrada, do colo até o ápice da raiz principal, sendo os resultados expressos em centímetros. O volume de raiz foi obtido através do método de deslocamento de água numa proveta com volume conhecido. Cada raiz foi colocada na proveta e avaliado o volume do deslocamento da água na proveta. A altura das plantas foi determinada com o auxílio de uma trena, também em centímetros, medindo-se a haste principal, desde o colo da planta, até a última gema foliar.

A massa seca das raízes e dos caules foi obtida após secagem em estufa com circulação de ar, mas antes desse processo, as amostras foram acondicionadas em sacos de papel pardo, devidamente identificados com os tratamentos e as repetições correspondentes, em seguida, foram colocadas em estufa com circulação de ar, se mantendo uma temperatura de 60 °C, por um período de 96 horas, até a secagem completa. Após esse período, as amostras foram pesadas em balança de precisão modelo BG 4001, obtendo-se o peso seco (massa seca) das raízes e dos caules, em gramas, para cada tratamento e repetição.

Os dados coletados foram submetidos à análise de variância (ANOVA), e as médias foram analisadas por meio de modelos de regressão linear e quadrática, considerando o nível de 5% de significância, com o auxílio do software Sisvar® versão 5.8 (Build 92) (Ferreira, 2011).

Resultados e discussão

De acordo com o test F, foi observada diferença significativa entre os tratamentos para o parâmetro de comprimento de parte aérea. O tratamento 5 (10^{-5} mg L⁻¹ de 2,4-D), apresentou a maior média de caule com 18,50 cm, enquanto o tratamento 3 (10^{-4} mg L⁻¹) teve a menor média com (12,50 cm). Os demais tratamentos são estatisticamente semelhantes.

O trabalho descrito por Pinheiro *et al* (2021), a aplicação de subdoses do herbicida 2,4-D na formulação sal de colina, em cultivar de soja de crescimento determinado, resultou em incremento significativo na elongação do caule e estimulou acúmulo de matéria seca.

Tabela 2 – Resultados dos parâmetros avaliados no feijão após 20 dias da semeadura, em Cascavel – PR, 2025. Legenda: CPA; comprimento parte aérea; CR: comprimento da raiz; VR: volume de raiz; MAS: massa seca da parte área; MSR: massa seca da raiz.

Tratamentos	CPA (cm)	CR (cm)	VR (Vcm ³)	MSPA (g)	MSR (g)
T1 – Testemunha	15,51 ab	24,52 a	2,30 a	3,37 b	1,00 a
T2 – 10^{-5} mg L ⁻¹ de 2,4-D	12,90 ab	26,32 a	1,15 b	3,30 b	0,80 a
T3 – 10^{-4} mg L ⁻¹ de 2,4-D	12,50 b	22,27 a	0,70 b	3,20 b	0,67 a
T4 – 10^{-3} mg L ⁻¹ de 2,4-D	13,00 ab	29,32 a	1,30 ab	3,80 ab	1,00 a
T5 – 10^{-2} mg L ⁻¹ de 2,4-D	18,50 a	28,85 a	1,00 b	4,62 a *	0,95 a
T6 – 10^{-1} mg L ⁻¹ de 2,4-D	13,50 ab	29,35 a	1,40 ab	4,22 ab	1,15 a
Média geral	14,25	26,80	1,30	3,76	0,93
Teste F	0,03*	0,08	0,01*	0,01*	0,07
DMS	5,98	7,08	1,6	1,42	0,48
CV (%)	17,90	14,07	37,75	14,15	22,80

Fonte: O autor, 2025. ns = não significativo e * = significativo a 5% de probabilidade de erro pelo teste F.

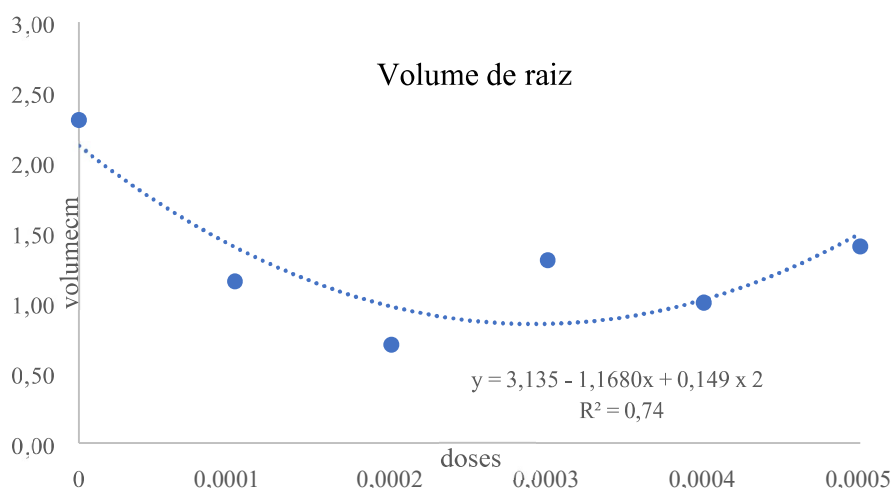
De acordo com o test F, não foi observada diferença significativa entre os tratamentos para o parâmetro comprimento de raiz, o tratamento 6 (10^{-1} mg L⁻¹), apresentou a maior média com 29,35 cm, enquanto o tratamento 3 (10^{-4} mg L⁻¹) teve a menor média (22,27 cm).

Brighenti *et al.*, (2002) relataram a dilatação do hipocótilo e a diminuição do crescimento de raízes secundárias com res posta diferencial para algumas cultivares de soja.

De acordo com o test F, foi observada diferença significativa entre os tratamentos para volume de raiz, a testemunha apresentou a maior média com 2,30 ml, enquanto o tratamento 3 (10^{-4} mg L⁻¹) teve a menor média com 0,70 (Figura 2).

Ferreira (2017) para variável volume da raiz, das espécies arbóreas não foram afetados pelas doses da mistura espécies sob efeito da mistura 2,4-D+Picloram.

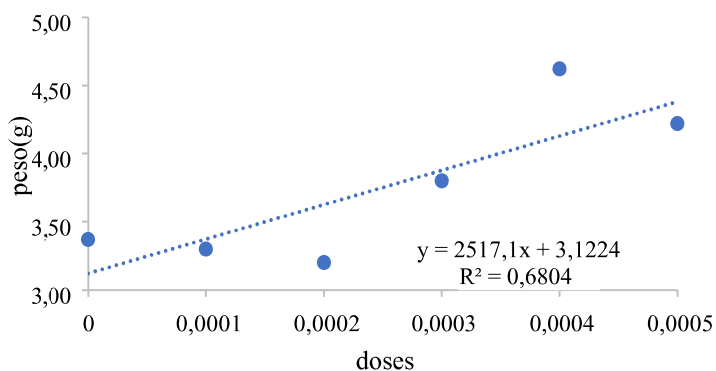
Figura 1 – observe quando a um aumento da dose, o volume diminui, para o feijão expresso em (ml).



Em relação à massa seca da parte aérea, tratamento 5, na concentração de (10^{-2} mg L⁻¹), apresentou a maior média deste parâmetro com 4,62 g, enquanto o tratamento 3 (10^{-4} mg L⁻¹) teve a menor média com 3,20 g. Os tratamentos 1 e 2 são semelhantes ao tratamento 3, já o tratamento 6, 10^{-1} mg L⁻¹ obteve a segunda melhor média com 4,22 g (Figura 3).

A massa seca de caule foi menor nas plantas tratadas com a dose duplicada; contudo, as diferentes doses avaliadas não apresentaram diferença estatística significativa, contrastando com o que foi observado no trabalho de Silva *et al* (2011).

Figura 2 – Massa seca da parte aérea do feijão, resultado foi superior a testemunha (g) Cascavel – PR, 2025.



Em relação à massa seca de raiz, o tratamento 6, na concentração de 2,4-D a 10^{-1} mg L⁻¹, apresentou a maior média de massa seca de raiz com 1,15 g, enquanto o tratamento 3, 10^{-4} mg L⁻¹, teve a menor média com 0,67 g (Figura 4).

No trabalho de (Ferreira, 2017) com a utilização de espécies arbóreas, observou-se que, para o parâmetro de massa seca de raiz, a maioria das espécies apresentou redução em função da ação dos herbicidas 2,4-D + Picloram[®]. No entanto, verificou-se uma tendência de incremento inicial de 83,83% mesmo na menor dose aplicada na espécie *Zeyheria tuberculosa*.

Conclusão

Conclui-se que o uso de 2,4-D, não causou melhorias em comparação com a testemunha. Somente com exceção da massa seca da parte aérea que obteve um melhor resultado, com o tratamento 5 (10^{-2} mg L⁻¹). Já para outras variáveis não é recomendado o uso do herbicida.

Referências

ALLEONI, B.; BOSQUEIRO, M.; ROSSI, M. Efeito dos reguladores vegetais de Stimulate[®] no desenvolvimento e produtividade do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.). **Ciências Exatas e da Terra, Agrárias e Engenharias**. Ponta Grossa, v. 6, n. 1, p. 23- 35, 2000.

BRIGHENTI, A. M., ADEGAS, F.S., BORTOLUZI, E.S., ALMEIDA, L.A. E VOLL, E. Tolerância de genótipos de soja aos herbicidas trifluralin e imazaquin. **Planta Daninha**, viçosa-mg, v.20, n.1, p.63-69, 2002.

CONAB. Produção agrícola brasileira: safra 2024. Brasília: **Companhia Nacional de Abastecimento**. Mai, 2024. Acesso em: Mai/2024.

DERAL – **Departamento de Economia Rural/ Boletim Conjuntural Semana 08/2025**– 19 de fevereiro de 2025 disponível.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 5. ed. Brasília, p. 353, 2018.

EPSTEIN, E.; Cohen, ID.; Chen, K. Identification of indole-3-acetic acid as an endogenous constituent of maize kernels and leaves. **Plant Growth Regulation** 8: 215-223. 1989.

EPSTEIN, E.; Lavee, S. Conversion of indole-3-butyric acid to indole-3-acetic acid by cuttings of grapevine (*Vitis vinifera*) and olive (*Olea europea*). **Plant Cell Physiology** 25: 697-703. 1984.

FERREIRA, D. F. Sisvar: um sistema computacional de análise estatística. **Revista Ciência e Agrotecnologia**, v. 35, n. 6, p. 1039–1042, 2011.

FERREIRA, F. A.; SILVA, A. A. D.; FERREIRA, L. R. **Mecanismos de ação de herbicidas**. In: V Congresso Brasileiro de Algodão. 2005. p. 4.

FERREIRA, G. M. **Desenvolvimento Inicial De Espécies Arbóreas Em Solo Contaminado Com Auxinas Sintéticas**. Dissertação apresentada ao programa de (Pós Graduação em Ciência Florestal) - Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Diamantina, 2017.

FERNANDES, C. Variação climática e suas influências na produtividade do feijão. **Revista Brasileira de Climatologia**, São Paulo, v. 10, n. 1, p. 45-58, 2012.

FORDE, B. G. Local and long-range signaling pathways regulating plant responses to nitrate. **Annual Review of Plant Biology**, Palo Alto, v. 53, p. 203- 224, 2002.

LUDWIG-MULLER, L; Epstein, E. **Ocurrence and in vivo biosynthesis** of indole-3- butyric acid in com (*Zea mays* L.). *Plant Physiology* v 97: p. 765-770, 1991.

MATTE, W. D.; DE OLIVEIRA JR, R. S.; MACHADO, F. G.; CONSTANTIN, J.; BIFFE, D. F.; GUTIERREZ, F. D. S. D.; DA SILVA, J. R. V. Eficácia de [atrazine + mesotrione] para o controle de plantas daninhas na cultura do milho. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v.17, n.2 p. 1-15. 2018.

OLIVEIRA JÚNIOR, R. S. D. Mecanismos de ação de herbicidas. **Biologia e manejo de plantas daninhas**, 1: 141-19. 2011.

PINHEIRO, G. H.R.; MARQUES, R. F.; ARAUJO, P. P.S.; MARTINS, D.; MARCHI, S. R. Hormesis effect of 2,4-D choline salt on soybean biometric variables. **Chilean Journal of Agricultural Research**, v. 81, n. 4, p. 536-545, 2021.

PORFÍRIO, Sara; Gomes Da Silva, Marco D. R.; Peixe, Augusto; Cabrita, Maria J.; Azadi, Parastoo. Current Analytical Methods For Plant Auxin Quantification - **A Review**. **Analytica Chimica Acta**, [S. L.], V. 902, P. 8–21, 2016. Doi: 10.1016/J. Aca.2015.10.035.

SILVA, F. M. L., CAVALIERI, S. D., SÃO JOSÉ, A. R., ULLOA, S. M., & VELINI, E. D. Atividade residual de 2,4-D sobre a emergência de soja em solos com texturas distintas. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v.10, n.1, p.29-36, jan./abr. 2011.

SILVA, G, J - Embrapa Arroz e Feijão, 2023, **A Colheita** Conteúdo atualizado em: 19/09/2023 AGEITEC.

U.S. Department of Agriculture. *Food Data Central*. Beans, white, mature seeds, cooked, boiled, without salt (100 g). USDA National Nutrient Data base 2018.

Wang, Bing; Chu, Jinfang; Yu, Tianying; Xu, Qian; Sun, Xiaohong; Yuan, Jia; Xiong, Gousheng; Wang, Goudong; Wang, Yonghoon; Li, Jiayang. Tryptophan-independent auxin biosynthesis contributes to early embryogenesis in Arabidopsis. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, [S. l.], v. 112, n. 15, p. 4821–4826. DOI: 10.1073/pnas.1503998112. 2015.