

INSTITUTO FEDERAL DO PARANÁ

RODOLFO KRAUSE RIZZO

**EFEITO DE SUBDOSES DE 2,4-D EM FEIJOEIRO CULTIVADO EM DIFERENTES
POPULAÇÕES DE PLANTAS**

IVAIPORÃ

2023

RODOLFO KRAUSE RIZZO

**EFEITO DE SUBDOSES DE 2,4-D EM FEIJOEIRO CULTIVADO EM DIFERENTES
POPULAÇÕES DE PLANTAS**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao curso de graduação em engenharia agrônômica, do Instituto Federal do Paraná, como requisito parcial à obtenção do grau de Bacharel em Engenharia agrônômica

Orientador: Prof. Dr. Denis Santiago Costa

IVAIPORÃ
2023

FOLHA DE APROVAÇÃO

Rodolfo Krause Rizzo

EFEITO DE SUBDOSES DO HERBICIDA 2,4-D EM FEIJOEIRO COMUM CULTIVADO SOB DIFERENTES POPULAÇÕES DE PLANTAS

O presente trabalho em graduação foi avaliado e aprovado por banca examinadora composta pelos seguintes membros:



Prof.ª. Dr.ª. Marcibela Stülp

Instituto Federal do Paraná



Prof.ª. Dr.ª. Nayara Norrene Lacerda Durães

Instituto Federal do Paraná

Certificamos que esta é a versão original e final do trabalho de conclusão que foi julgado adequado como parte das exigências para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Agrônoma pelo Instituto Federal do Paraná, Campus Ivaiporã.



Coordenação do Curso Engenharia Agrônoma

Prof.ª. Me. Laís Martinkoski

Siape: 1227192



Prof. Dr. Denis Santiago da Costa

Siape: 1400880

Ivaiporã, 2023

Dedico este trabalho de conclusão aos meus pais Marcio e Noemi que sempre me apoiaram e incentivaram para que chegasse até aqui.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus que sempre me iluminou nos momentos de dúvidas e incertezas.

Agradeço aos meus pais Marcio e Noemi que fizeram todos os esforços necessários para fosse possível a minha caminhada até aqui, pois sem o esforço deles nada disso seria possível.

Ao meu orientador Dr. Denis Santiago Costa por todos os ensinamentos e correções, sempre me auxiliando e buscando extrair o máximo do meu trabalho.

Agradeço a todos os professores que me acompanharam nessa trajetória, sua dedicação, conhecimento e apoio foram fundamentais para a realização deste trabalho.

A meus amigos que me auxiliaram na realização desse trabalho Adalberto, Gabriel, Higor, Jaime, João Paulo, Marco, Matheus, Nathan e Wily que sempre necessário estiveram presentes para me auxiliar.

Agradeço a família do meu colega João Paulo em especialmente seu pai Naor, por ter cedido a área para realização do trabalho.

Aos técnicos de laboratórios Roberto e Thaís que sempre quando solicitados atenderam prontamente as demandas.

A instituição pela oportunidade da realização do curso e também pelo fornecimento de equipamentos e materiais para a realização desse experimento.

A todos que participaram desse projeto diretamente e indiretamente e que de algum modo contribuíram para a realização desse trabalho.

“O insucesso é apenas uma
oportunidade para recomeçar com mais
inteligência”.

Henry Ford

RESUMO

O feijão é uma importante cultura devido ao seu valor nutricional e cultural. As diferentes populações e a aplicação de subdoses de produtos oriundos do ácido diclorofenoxiacético ou 2,4-D, um mimetizador de auxina, pode resultar em efeitos benéficos para as plantas, modificando sua arquitetura e incrementando a sua produtividade. O objetivo geral deste ensaio foi avaliar o crescimento, desenvolvimento e produtividade de feijoeiro comum cultivado em duas populações de plantas submetido a quatro níveis de subdoses do herbicida mimetizador da auxina 2,4-D. O experimento foi realizado na cidade de Ivaiporã – PR, em área de solo classificado como LATOSSOLO VERMELHO Distroférico. O delineamento experimental utilizado foi de blocos casualizados e os tratamentos foram organizados em arranjo fatorial 4x2, utilizando 4 subdoses do produto comercial a base de 2,4-D sendo elas (0, 1%, 2% e 10%), aplicado no estágio vegetativo V₄ sob duas densidades populacionais (24 e 36 plantas por m²). Os parâmetros avaliados foram altura de plantas, altura de inserção da primeira vagem, número de vagens por planta, números de grãos por planta; peso de mil grãos e produtividade. Durante o acompanhamento do experimento foi observado que as plantas visualmente mostraram sintomas de fitotoxidez na maior subdose, todavia insuficiente para alterar os parâmetros analisados nas diferentes populações de plantas. Foi possível concluir que as subdoses do herbicida 2,4-D até 10% do produto comercial não alteram os parâmetros de altura de planta, altura de inserção da primeira vagem, número de vagens por planta, número de grãos por planta, peso de mil sementes e produtividade em feijoeiro comum cultivado com 24 ou 36 plantas m².

Palavras chave: *Phaseolus vulgaris* L.; densidade de plantas; hormese, mimetizador de auxina.

ABSTRACT

Beans are an important crop due to their nutritional and cultural value. The different populations and the application of subdoses of products derived from dichlorophenoxyacetic acid or 2,4-D, an auxin mimic, can result in beneficial effects for the plants, modifying their architecture and increasing their productivity. The general objective of this trial was to evaluate the growth, development and productivity of common bean cultivated in two populations of plants subjected to four levels of subdoses of the herbicide mimicking auxin 2,4-D. The experiment was carried out in the city of Ivaiporã - PR, in an area of soil classified as Dystroferric RED LATOSOL. The experimental design used was randomized blocks and the treatments were organized in a 4x2 factorial arrangement, using 4 subdoses of the commercial product based on 2,4-D, being them (0, 1%, 2% and 10%), applied in the vegetative V4 under two population densities (24 and 36 plants per m²). The evaluated parameters were plant height, first pod insertion height, number of pods per plant, number of grains per plant; thousand-grain weight and productivity. During the follow-up of the experiment, it was observed that the plants visually showed symptoms of phytotoxicity at the highest subdose, however insufficient to change the parameters analyzed in the different populations of plants. It was possible to conclude that subdoses of the 2,4-D herbicide up to 10% of the commercial product do not alter the parameters of plant height, first pod insertion height, number of pods per plant, number of grains per plant, thousand weight seeds and yield in common bean cultivated with 24 or 36 plants m².

Keywords: *Phaseolus vulgaris* L.; plant density; hormesis; auxin mimic.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	- Implantação da cultura.....	14
Figura 2	- Característica das parcelas durante a condução do ensaio com sintomas de fitotoxidez após a aplicação das subdoses de 2,4-D.....	15
Figura 3	- Avaliação da emergência e desbaste do experimento.....	16
Figura 4	- Avaliação de parâmetros fitotécnicos e produtividade.....	17

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	- Estádios fenológicos do feijão.....	22
Tabela 2	- Resumo da análise de variância para as características de Altura de plantas (ALTPLANT), altura de inserção da 1ª vagem (ALT1VAG), número de vagens por planta (NVP), número de grãos por planta (NGP), peso de mil sementes (PMS), produtividade (PROD).....	28
Tabela 3	- Altura de plantas (ALTPLANT, cm), Altura de inserção da 1ª vagem (ALT1V, cm), número de vagens por planta (NVP), número de grãos por planta (NGP), Peso de mil sementes (PMS, g), Produtividade (PROD, kg).....	30

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	11
1.1 HIPÓTESE	12
1.2 OBJETIVOS	12
1.2.1 Objetivo geral	12
1.2.2 Objetivo específico	12
2. DESENVOLVIMENTO	13
2.1 METODOLOGIA.....	13
2.1.1 Local do experimento e implantação da cultura	13
2.1.2 Delineamento experimental e tratamentos	14
2.1.3 Tratos culturais no feijoeiro	15
2.1.4 Colheita, separação das parcelas e análises	16
2.1.5 Análise estatística	18
2.2 REVISÃO DE LITERATURA	19
2.2.1 Origem do feijão	19
2.2.2 Importância econômica e social do feijão no brasil	20
2.2.3 Aspectos fisiológicos do feijão.....	21
2.2.4 População de plantas.....	22
2.2.5 Herbicidas mimetizadores de auxinas.....	23
2.2.6 Hormesis em plantas.....	24
2.3 ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS	27
3. CONSIDERAÇÕES	33
REFERÊNCIAS	34

1. INTRODUÇÃO

A hormese é um fenômeno que se caracteriza pela capacidade de certas substâncias tóxicas em doses elevadas desencadearem efeitos benéficos quando em doses mais baixas (CALABRESE; BALDWIN, 2002). Na agricultura esse efeito tem sido estudado com bastante frequência como forma de estimular mecanismos fisiológicos das plantas para fins de alterar a arquitetura ou incrementar a produtividade da planta.

Os herbicidas mimetizadores de auxinas, como o 2,4-D, Triclopir e o Dicamba são utilizados como alternativas para o controle de plantas daninhas em diferentes tipos de culturas. Esses herbicidas atuam como reguladores do crescimento vegetal, um de seus efeitos mais evidentes é a interferência na divisão e alongação celular. O 2,4-D pode ser utilizado como herbicida seletivo, pois utilizado na dose correta, torna-se letal para plantas que possuem folhas largas.

O feijão é um alimento de extrema importância na dieta do brasileiro, tanto pelo seu valor nutricional quanto cultural, além disso o feijão desempenha um importante papel na agricultura pois é uma ótima opção de renda para os agricultores.

De acordo com Didonet, Braz e Silveira (2005), a produtividade na cultura do feijão é afetada pela luz, fotossíntese, doenças, pragas, plantas daninhas, nutrição mineral, condições ambientais, sementes e densidade. Com o uso de novas técnicas conseguimos aumentar significativamente a produtividade nas lavouras de feijão. Assim, é de se esperar que com o uso do efeito hormético do 2,4-D alterando a arquitetura das plantas podemos estimular o desenvolvimento de raízes, promover a formação de folhas e aumentar a eficiência fotossintética da planta.

Na maioria das culturas, a produtividade está diretamente ligada à população de plantas, pois afeta a incidência de luz e fotossíntese, doenças e plantas daninhas, colheita, acamamento, aproveitamento de água e nutrientes no solo. Além disso, definir a população de plantas correta pode maximizar a produtividade da lavoura. O uso de maiores populações em plantas anuais fica limitado ao incremento do índice de área foliar que altera as relações fonte e dreno da planta causando auto sombreamento e formação de microclima favorável ao desenvolvimento de pragas e doenças.

1.1 HIPÓTESE

Assim, a hipótese desse trabalho é que por meio da aplicação de subdoses de 2,4-D ocorra a mudança na arquitetura das plantas de feijão permitindo trabalhar com população de plantas menores resultando em incrementos de produtividade.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo geral

O objetivo geral deste ensaio foi avaliar o crescimento, desenvolvimento e produtividade de feijoeiro cultivado em duas populações de plantas submetido a quatro níveis de subdoses do herbicida mimetizador da auxina 2,4-D.

1.2.2 Objetivo específico

Realizar o levantamento bibliográfico sobre a cultura do feijão sob diferentes populações de plantas e efeitos de subdoses em plantas graníferas;

Implantar um ensaio com delineamento experimental compatível com as condições institucionais e custo-benefício;

Avaliar características fitotécnicas do crescimento e desenvolvimento de plantas de feijão como altura de planta, altura de inserção de primeira vagem e massa de matéria seca;

Quantificar características fitotécnicas da produção e produtividade como número de vagens por planta, número de sementes por vagem, peso de mil sementes e produtividade.

2. DESENVOLVIMENTO

2.1 METODOLOGIA

2.1.1 Local do experimento e implantação da cultura

O experimento foi realizado na cidade de Ivaiporã, Estado do Paraná, na Chácara Barbosa localizado nas seguintes coordenadas: Latitude 24° 15 '43.73 " S e Longitude 51° 40' 34.55" O. O solo da área é classificado como Latossolo Vermelho Distroférico (BHERING; SANTOS, 2008) e o clima predominante no local é do tipo Cfa (subtropical) segundo a classificação climática Köppen (Alvares *et al.*, 2014). Adicionalmente, a média de precipitação nos últimos 5 anos (2018-2022) foi de 1472,1 mm e durante o período do ensaio (12/2022 a 03/2023) de 1302,3 mm (PARANÁ, 2023).

Para a implantação da cultura foi realizada a amostragem de solo na área na camada 0,00 - 0,20 m, e os resultados da análise de fertilidade do solo conforme descritos a seguir: P (Mehlich I) = 6,5 mg dm⁻³; M.O. = 3,1%; pH (CaCl₂) = 4,8; K = 0,39 cmol_c dm⁻³; Ca = 4,5 cmol_c dm⁻³; Mg = 1,7 cmol_c dm⁻³; H + Al = 5,3 cmol_c dm⁻³; Al = 0,20 cmol_c dm⁻³; SB = 6,5 cmol_c dm⁻³; CTC = 6,7 cmol_c dm⁻³; V = 55%. A cultura anterior antes da instalação do experimento era milho.

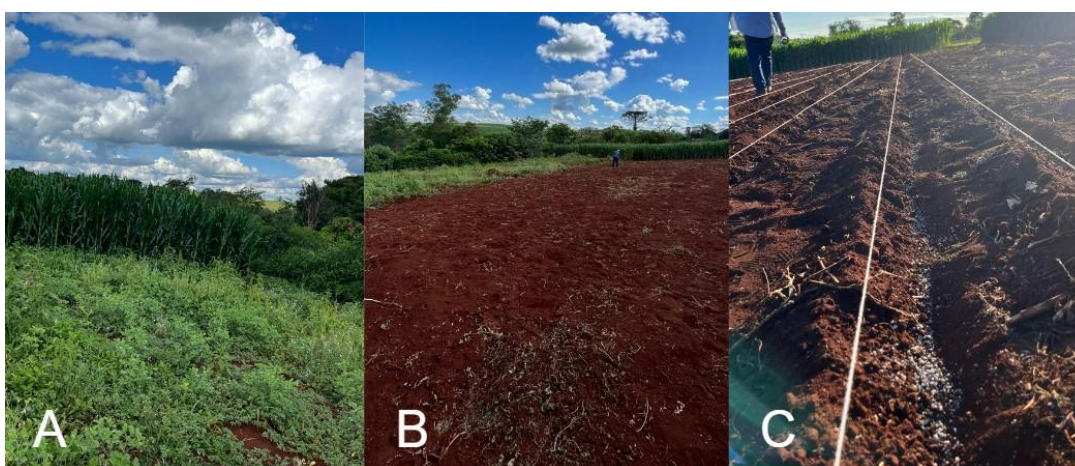
A área foi preparada por meio de capina manual com a utilização de enxadas e foice. Em seguida foi feita a capina manual com a enxada larga de 255mm removendo todas as plantas daninhas e objetos indesejados da área do experimento (Figura 1).

A semeadura ocorreu na data 27/12/2022 utilizando o cultivar de feijão AgroNorte ANfc 9, um material do grupo II, cor da flor branca, hábito de crescimento semiereto, PMS 274,9g, ciclo 88 à 94 dias; As sementes foram submetidos ao tratamento "on farm" antes da semeadura utilizando o inseticida Shelter (fipronil) 2 mL kg⁻¹ de sementes, fungicida Kilate (captana, carbendazim) 3 mL kg⁻¹ de sementes e o enraizador Bean Seed (Polímeros vegetais: P/P: 3,00%, P/V: 30,00 g/L.) 2 mL kg⁻¹

de sementes. Após o procedimento de tratamento, a semeadura foi realizada manualmente na profundidade de 3cm.

Inicialmente foi realizada a distribuição das sementes com a população de 20 sementes por metro linear, separadas por um espaçamento de 0,5 m, para, posteriormente, realizar o desbaste para estabelecer as populações desejadas para os tratamentos. Para a adubação de base foi utilizado 150kg ha^{-1} de 18-20-20 e 388 kg/ha de supersimples (18% de P_2O_5 , 16% de cálcio e 10% de enxofre).

Figura 1. Implantação da cultura



Fonte: Autor, 2022

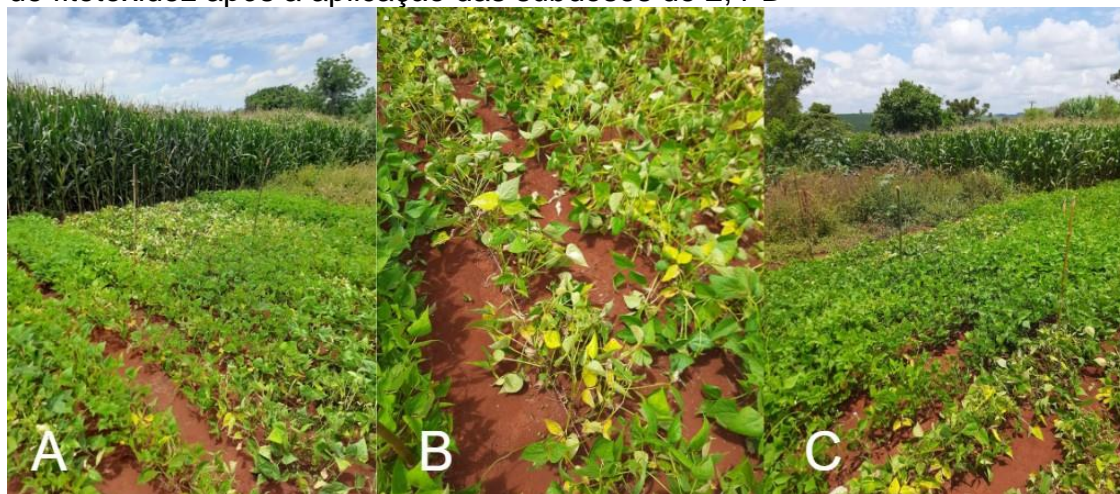
2.1.2 Delineamento experimental e tratamentos

O delineamento experimental utilizado foi de blocos ao acaso com 4 repetições, sendo os tratamentos organizados em esquema fatorial 4×2 , sendo 4 subdoses do herbicida (2,4-D) e duas populações de plantas (24 e 36 plantas.m^{-2}), totalizando 8 tratamentos.

Os tratamentos de subdoses foram adotados considerando a concentração do produto comercial U46 prime (0% - testemunha, 1%, 2% e 10%) e o desbaste manual para obtenção das populações ocorreu quando as plantas estavam no estágio fenológico V_2 (Figura 2 e 3).

As parcelas foram constituídas de 4 linhas de 4 metros de comprimento por 2 metros de largura, sendo considerada a área útil da parcela 256 m^2 .

Figura 2. Característica das parcelas durante a condução do ensaio com sintomas de fitotoxidez após a aplicação das subdoses de 2,4-D



Fonte: Autor, 2023

2.1.3 Tratos culturais no feijoeiro

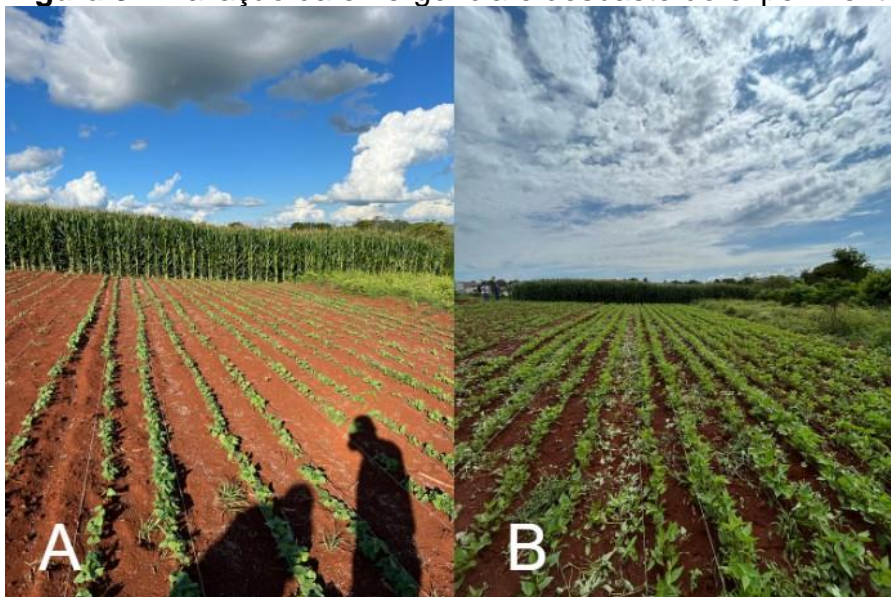
Os tratos culturais consistiram de realização de uma capina manual através do uso de uma enxada (224 x 296 x 42mm) e o controle de insetos pragas como mosca branca (*Bemisia tabaci*), tripes do feijoeiro (*Caliothrips phaseoli*) e vaquinha verde e amarela (*Diabrotica speciosa*), por meio do uso do produto comercial Pirate (*Clorfenapir*) 200mL ha⁻¹. Para a aplicação do inseticida foi usado uma bomba costal Jacto modelo XP20 de 20 litros, bico cônico modelo JD 12 e vazão de 0,7l/ minuto.

Adicionalmente, aos 31 dias após o plantio (estádio fenológico V₃) foi realizada uma aplicação via foliar do fertilizante 13-40-13 na dose de 40 kg/ha⁻¹. Para a aplicação foi usado uma bomba costal Jacto modelo XP20 de 20 litros, bico cônico modelo JD 12 e vazão de 0,7l/ minuto. Nessa mesma época foi realizada uma nova capina manual na área para controle de plantas daninhas.

Por fim, o último trato cultural realizado ocorreu no dia 06/02/2023, onde novamente foi necessário o controle de plantas daninhas através da capina manual com enxada.

As principais plantas daninhas encontradas na área foram: Caruru (*Amaranthus hybridus L.*), Beldroega (*Portulaca oleracea L.*), Capim Amargoso (*Digitaria insularis L.*), Leiteira (*Euphorbia heterophylla L.*), Picão Preto (*Bidens pilosa L.*) e Capim Carrapicho (*Cenchrus echinatus L.*).

Figura 3. Avaliação da emergência e desbaste do experimento



Fonte: Autor, 2023

2.1.4 Colheita, separação das parcelas e análises

A colheita do ensaio foi realizada de modo manual com o corte das plantas contidas na área útil do experimento usando uma tesoura de poda, sendo que 10 plantas foram amostradas para avaliação das características fitotécnicas do feijoeiro.

Foram realizadas as avaliações dos seguintes parâmetros:

a) Altura de planta: Determinada nas 10 plantas amostradas na área útil da parcela. Inicialmente as plantas foram esticadas sob uma régua graduada em mm e mensurada da região do coleto até o último nó do ramo principal da planta de feijão. Os resultados foram expressos em cm.

b) Altura de inserção da primeira vagem: Determinada nas 10 plantas amostradas na área útil da parcela. Inicialmente as plantas foram esticadas sob uma régua graduada em mm e mensurada da região do coleto até a inserção da primeira vagem da planta de feijão. Os resultados foram expressos em cm.

c) Número de vagens por planta: Determinada nas 10 plantas amostradas na área útil da parcela. Inicialmente as plantas foram esticadas sobre uma bancada e foram contados o número de vagem por planta.

Número de grãos por vagem: Determinada nas 10 plantas amostradas da área útil da parcela. Inicialmente retiramos as vagens da planta e retiramos os grãos, após

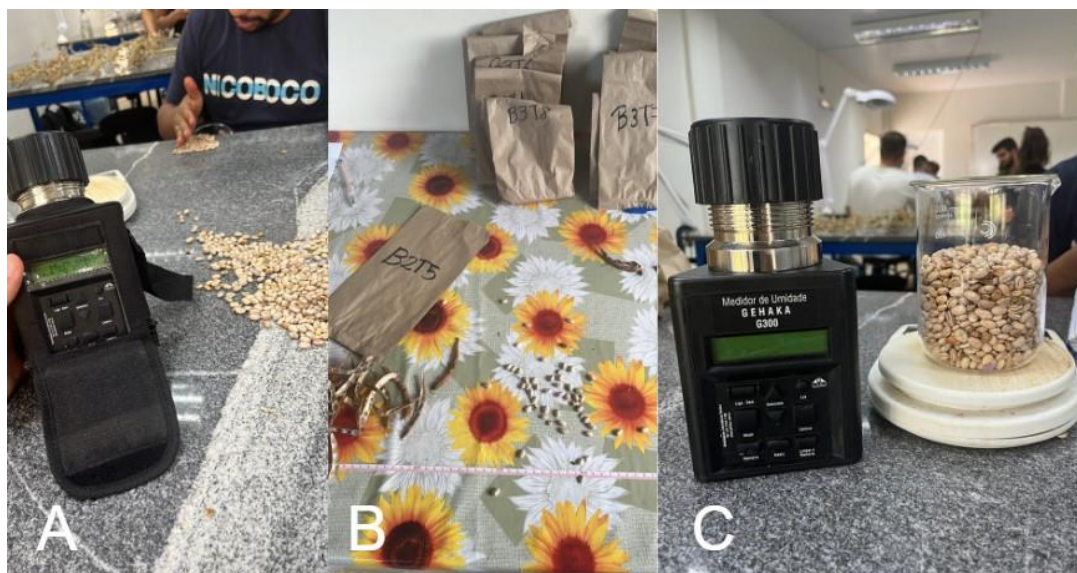
isso o número de sementes foi coletado.

d) Grau de umidade: Determinada a partir dos grãos obtidos nas 10 plantas amostradas da área útil da parcela. Inicialmente utilizamos três amostras dos grãos coletados da parcela e com o auxílio do aparelho Gehaka modelo G300, foi obtida o grau de umidade de cada parcela.

e) Peso de mil grãos: Determinada nas 10 plantas amostradas da área útil da parcela. Inicialmente separamos 8 amostras de 100 grãos de cada parcela pesamos na balança modelo Marte AD330 e realizamos a aferição da umidade com auxílio do equipamento Gehaka G300 para determinar o peso de mil sementes.

f) Produtividade: As plantas colhidas na área útil de cada parcela foram secas a sombra e em seguida submetida a trilha manual com auxílio de um bastão de madeira. Após isso, cada parcela foi submetida a pesagem usando balança de precisão modelo Marte AD330 com precisão de 0,001g e o grau de umidade determinado usando o equipamento Gehaka G300 para correção da umidade na base de 13% (Figura 4).

Figura 4. Avaliação de parâmetros fitotécnicos e produtividade



Fonte: Autor, 2023

2.1.5 Análise estatística

Os dados referentes ao ensaio foram analisados por meio da análise de variância usando o software R Studio por meio do pacote `exp.des`. Inicialmente os dados foram testados quanto as pressuposições do modelo estatístico por meio da aplicação dos testes de Shapiro-Wilk (normalidade) e Bartlett (homogeneidade das variâncias). Para as subdoses de 2,4-D, considerou-se ajustes polinomiais de primeira e segunda ordem sendo o nível de significância adotado para o teste F de 5%. As comparações de médias entre as populações de plantas foram realizadas por meio do teste de Tukey a 5%.

2.2 REVISÃO DE LITERATURA

2.2.1 Origem do feijão

O feijão é originário da América do Sul, porém o local exato é motivo de controvérsias entre pesquisadores. Segundo Debouck e Hidalgo (1985) espécies de feijão crescem desde o norte do México até o norte da Argentina, em altitudes de 500 e 2.000m, porém não são encontrados naturalmente no Brasil.

Gepts e Debouck (1991) afirmam que vestígios arqueológicos de espécies de feijão cultivadas chegam a idades próximas de 10.000 anos. Segundo o livro “Origem e história do feijoeiro comum e do arroz” o gênero *Phaseolus* possui cerca de 55 espécies, mas apenas cinco delas são cultivadas: feijoeiro comum (*Phaseolus vulgaris* L.); feijão de lima (*Phaseolus lunatus* L.); feijão Ayocote (*Phaseolus coccineus* L.); feijão tepari (*Phaseolus acutifolius* L.) e o feijão cache (*Phaseolus polyanthus* L.).

Dados atuais indicam que as variedades atuais de feijão são resultadas de eventos de domesticação, com dois locais primários um na América Central e outro ao Sul dos Andes. Ainda um terceiro local é atrelado a região próxima a Colômbia (Gepts; Debouck, 1991). A teoria de que o feijão surgiu na América ocorreu apenas no final do século XIX, sendo fundamentada em observações feitas através de evidências arqueológicas encontradas primeiramente no Peru e posteriormente no sudoeste dos EUA (GEPTS; DEBOUCK 1991).

O feijão está entre os alimentos mais antigos do mundo, seus primeiros registros remontam ao começo da história da humanidade. A sua popularização ao redor do planeta é atribuída a ocorrências de guerras e eventos históricos que aconteceram no passado. Grande exemplo disso se dá quando os colonizadores chegaram à América e foram levados para outras partes do planeta como África e Ásia. Evidências apontam que o feijão era o prato favorito dos troianos, também foram encontradas marcas que o feijão era usado na Idade do Bronze, na Suíça e entre os hebraicos cerca de 1.000 a.C. (ATHANÁZIO, 1993).

2.1.2 Importância econômica e social do feijão no Brasil

Segundo Carneiro (2005), o feijão faz parte da alimentação brasileira desde a época colonial e imperial, seja puro ou acompanhado de outros ingredientes (como farinha, milho e carnes). A feijoada é considerada o prato nacional por excelência e suas origens são alvo de diversas especulações. Geralmente, ela é vista como a expressão da mistura racial brasileira ao ser atribuída aos negros, que usaram feijão de origem americana e técnica europeia para cozinhá-lo. Outro prato típico da nossa sociedade é a combinação de arroz com feijão.

Souza *et al.* (2013) mostra que há um padrão básico de consumo alimentar no Brasil, que envolve alimentos como arroz (84%), feijão (72,8%), pão de sal (63%) e carne bovina (48,7%), além de outros itens consumidos regionalmente. Os autores também apontam a importância de políticas de alimentação e nutrição que incentivem o consumo de alimentos saudáveis e a preservação do consumo de alimentos básicos tradicionais, como o arroz e o feijão.

Segundo Chaves e Bassinello (2014), o feijão é um ótimo alimento para o ser humano pois fornece carboidratos, nutrientes e proteínas, além disso a concentração elevada do aminoácido lisina no feijão tem grande valor na complementação da alimentação humana. De acordo com a Tabela Brasileira de Composição de Alimentos - TACO, leguminosas são ricas em proteínas (6% a 11% quando preparadas de forma cozida), também em sua composição encontramos carboidratos complexos (amido), também é uma fonte de fibras alimentares, vitaminas do complexo B, ferro, cálcio, e outros minerais. Contudo o feijão consumido sozinho apresenta um baixo valor nutricional, mas associado com arroz, outro importante alimento consumido pelos brasileiros se obtém uma refeição que atende as necessidades básicas de nutrição.

O feijão é um grão cultivado em quase todo o planeta, segundo dados da FAO (2021) a produção mundial de feijão no ano de 2021 foi de 27,7 milhões de toneladas. A produção no estado do Paraná na safra 2022/2023 segundo dados da CONAB, (2023) foi de 680,1 mil toneladas, um decréscimo em relação à safra anterior que foi de 749,9 mil toneladas.

O feijão tem uma importância histórica e cultural no Brasil, além de ser um importante prato na mesa dos brasileiros. Segundo dados CONAB (2023) a produção de feijão brasileira deverá em um cenário de melhor rentabilidade totalizar cerca de

2.919,2 milhões de toneladas número cerca de 2,4% menor que na safra 2022/2023, área cultivada também teve redução na safra 2022/2023 a área cultivada de feijão no país é estimada em 2.776,9 milhões de hectares um decréscimo de 2,9% comparada à safra anterior. Contudo essa produção garante o abastecimento da demanda interna do país pela leguminosa.

O feijão é uma cultura que encontra um setor muito competitivo, os agricultores encontram uma grande dificuldade em concentrar grandes produtores e organizar a cadeia produtiva. Ainda no Brasil temos uma grande defasagem na produção de tecnologias empregadas no cultivo do feijão juntando com a grande oscilação de preços e uma afinidade maior com outras culturas tornam deixam o cultivo do feijão em segundo plano para os agricultores.

2.2.3 Aspectos fisiológicos do feijão

O feijoeiro é uma planta herbácea com um ciclo que dura entre 70 e 120 dias, sendo que seu crescimento é classificado como determinado ou indeterminado, apresenta folhas trifoliadas. Seu crescimento é dividido em duas fases sendo elas vegetativa e reprodutiva. (CARNEIRO; JÚNIOR; BORÉM, 2015)

O feijão também possui plantas com diferentes tipos de arquitetura, sendo elas tipo I, II, III e IV. Cada uma dessas apresenta características distintas como o tamanho da planta, número de vagens por planta e a sua produtividade.

Plantas do tipo I possuem hábitos de crescimento determinado e porte arbustivo, possuem menores e mais curtos números de internódios, além de ser mais precoce que plantas de crescimento indeterminado. Plantas do tipo II possuem uma arquitetura ereta e arbustiva e características semi trepadeiras, também sofrem grande influência de condições ambientais como luminosidade e fertilidade do solo. Segundo Santos e Vencovsky (1985) as cultivares do tipo III tem características prostradas e semi trepadores com tendência arbustiva, as hastes das plantas do tipo III são menos desenvolvidas do que as de tipo II, pois possuem um número maior de nós, e o comprimento de seus entre-nos é ligeiramente maior. Segundo Debouck e Hidalgo (1985) plantas do tipo IV possuem grande capacidade trepadora, com capacidade de alcançar até 2 metros de comprimento. Em plantas com essa

característica podemos observar uma planta com flores se abrindo até com vagens já maduras.

O feijão possui nove estádios de desenvolvimento caracterizados em vegetativo e reprodutivo descritos conforme a tabela abaixo:

Tabela 1: Estádios fisiológicos do feijão

Estádio	Descrição
V ₀	Germinação
V ₁	Emergência
V ₂	Folhas primárias abertas
V ₃	Primeira folha trifoliada aberta e plana
V ₄	Terceira folha trifoliada aberta e plana
R ₅	Primeiro racemo floral nos nós inferiores – Pré floração
R ₆	Primeira flor aberta – Floração
R ₇	Formação de vagem
R ₈	Enchimento de grãos
R ₉	Maturação

Fonte: Embrapa (2015)

2.2.4 População de plantas

A população de plantas é de extrema importância pensando em atingir grandes produtividades. A correta determinação da população otimiza o uso de água, nutrientes disponíveis no solo, disponibilidade de luz e temperaturas adequadas no stand. A população de plantas pode afetar diretamente a arquitetura de plantas pois como menos plantas por metro quadrado a tendência é o crescimento de mais galhos na cultura aumentando a capacidade de emitir mais inflorescências e vagens, assim impactando diretamente na produtividade final.

No estudo realizado por Procópio *et al.* (2013) foram testados diferentes espaçamentos entre linhas e populações de plantas na cultura da soja, foi verificado que o espaçamento não afetou a produtividade, mas o aumento da população de plantas em 66% trouxe maiores rendimentos como aumento da matéria seca, altura de plantas e mais vagens por planta.

Em um trabalho realizado por Santos *et al.* (2014) comparando diferentes densidades de semeadura em cultivares de feijoeiro (100, 200, 300, 400 e 500 mil plantas ha⁻¹) resultaram que mesmo aumentando a densidade populacional na semeadura a produtividade do feijoeiro não era afetada.

Um estudo feito por Jadoski *et al.* (2000) que diferenças na população de plantas e no espaçamento entre linhas de cultivo não resultaram em alterações na produtividade de grãos e na massa de sementes. Por outro lado, quando a população de plantas diminuiu, o número de sementes por vagem e de vagens por planta aumentou. Adicionalmente, a redução do espaçamento entre linhas de cultivo aumentou a massa da parte aérea da planta durante a fase de colheita. Por fim, concluíram que a cultivar de feijoeiro BR-FEPAGRO 44 - Guapo brilhante apresenta alta plasticidade em seus componentes de produção, resultando em maiores produções em menores populações de plantas e maior produção por planta.

Em outro trabalho realizado sobre densidade de população de plantas de Mondo e Nascente (2018) fala que o aumento da população de plantas resultou na diminuição da quantidade de matéria seca, número de vagens por planta, número de grãos por vagem, peso de 100 gramas e rendimento de grãos da popular cultivar de feijoeiro BRS Estilo.

2.2.5 Herbicidas mimetizadores de auxinas

Herbicidas mimetizadores de auxinas são herbicidas que afetam o crescimento das plantas daninhas como as auxinas naturais, que são hormônios vegetais que regulam o desenvolvimento celular. Eles são usados para controlar plantas de folhas largas, principalmente em culturas de gramíneas como milho, arroz, trigo, cana-de-açúcar e pastagens.

O uso de herbicidas previne a interferência de plantas daninhas no desenvolvimento da cultura, principalmente no início do ciclo. Os benefícios de usar o controle químico são vários, mas dentro deles está um controle efetivo nas linhas de plantio, sua flexibilidade para aplicação, redução no tráfego de máquinas, rendimento operacional elevado e economia de trabalho (OLIVEIRA JUNIOR; CONSTANTIN; INOUE, 2011).

Os herbicidas mimetizadores de auxina são comumente utilizados no manejo de plantas daninhas. Os herbicidas mimetizadores de auxinas mais importantes incluem os ácidos clorofenoxi (2,4-D), ácidos benzoicos (dicamba), piridinas (picloram, aminopiralde, triclopir e fluroxipir) e os ácidos quinolina endógenas (quinmerac,

quinclorac) (CATANEO; CARVALHO, 2008).

Segundo Oliveira Junior, Constantin e Inoue (2011) os herbicidas que se enquadram em quatro grupos químicos (ácido benzoico, ácido fenoxicarboxílico, ácido carboxílico e ácido quinolino carboxílico) são auxinas sintéticas que regulam o crescimento vegetal. Eles causam um desequilíbrio hormonal nas células, aumentando a produção de etileno, giberelinas, citocininas e ácido abscísico. Isso provoca um crescimento anormal do tecido vegetal, principalmente de tecidos maduros, que voltam a ter atividades meristemáticas com a paralisação da divisão celular em meristemas primários.

Segundo Vargas e Roman (2006), o efeito inicial em dicotiledôneas suscetíveis é caracterizado por anormalidades no crescimento, como epinastia, inibição do crescimento e aumento da pigmentação verde das folhas. Esses efeitos são seguidos por danos aos cloroplastos, levando à clorose e perda da integridade das membranas e do sistema vascular, com posterior dessecação e necrose dos tecidos

A capacidade dos herbicidas mimetizadores de auxina de imitar os efeitos da auxina como estimular o crescimento das plantas em concentrações não tóxicas, tornou-os bem conhecidos. Ao contrário, quando usados em doses maiores, podem se tornar tóxicos para algumas espécies vegetais. (AMÉRICO; AMÉRICO-PINHEIRO; FURLANI JUNIOR, 2017)

A aplicação de herbicidas em plantas utilizando baixas concentrações pode trazer efeitos benéficos as plantas. Os efeitos horméticos melhoram o desenvolvimento da planta, matéria seca, teor de proteínas e também melhoram a resistência contra patógenos. Entretanto, devemos ficar atento a aplicação desses produtos pois o seu uso contínuo pode resultar em um acúmulo no solo a longo prazo, afetando especialmente a microbiota do solo (JALAL *et al.*, 2021).

2.2.6 Hormesis em plantas

A hormese é o uso de substâncias que são, por definição, tóxicas, mas utilizadas em níveis muito inferiores aos usados para estimular o crescimento vegetativo (CALABRESE; BALDWIN, 2002). A hormese desencadeia respostas

adaptativas que podem ser estimuladas através da exposição das plantas a baixos níveis de estressores bióticos ou abióticos que protegem a planta por meio da estimulação de mecanismos de defesa celular (BERRY; LÓPEZ-MARTÍNEZ 2020).

O efeito de hormese nas plantas pode ser obtido através de estímulos por irradiação e temperatura no ambiente, gases em ambientes terrestres e marinhos, deposição de nitrogênio, nível de ozônio, ions metálicos e herbicidas (POSCHENRIEDER *et al.*, 2013).

Para estimular uma produção mais sustentável necessitamos entender qual o comportamento das plantas sob estresse. Com isso o mecanismo de dose-resposta de produtos químicos e seu efeito hormético podem auxiliar na adaptação das plantas em condições de estresse, fazendo assim que o seu crescimento e desenvolvimento e também mantenham a homeostase (AGATHOKLEOUS; CALABRESE, 2019).

A hormese pode ser caracterizada também por sua estimulação de várias funções celulares independentes que apresentam diferentes características horméticas como a reparação do DNA, defesas antioxidantes, autofagia entre outras, essas ações são reguladas pela interação de vários receptores e vias de sinalização para obtermos uma resposta celular integrada (CALABRESE; MATTSON 2017).

Os efeitos da hormese são uma alternativa barata para melhorar a produtividade das culturas, a necessidade de aplicação em doses baixas em relação ao recomendado é uma de suas vantagens, também citamos a indução de resistência quanto ao ataque de pragas e doenças (MORKUNAS *et al.*, 2018).

O efeito da hormese foi documentado pela primeira vez em 1890, após isso o primeiro estudo feito sobre o conceito de hormese vegetal aconteceu em 1913 na Califórnia, estudo esse realizado por Lipman e Wilson. Nesse estudo os autores concluíram que pequenas concentrações de metais tóxicos liberados em resíduos de construção promoveram o crescimento das plantas sem prejudicar sua produtividade (CALABRESE *et al.*, 2007).

Os efeitos da hormese induzidos pela aplicação de herbicidas podem estimular certos processos e trazendo alterações desejáveis na planta, porém a sua imprevisibilidade torna sua utilização arriscada para o uso em larga escala na produção agrícola (BELZ; CEDERGREEN; DUKE, 2011)

Segundo Sagan (1991) embora o fenômeno tenha sido observado pela primeira vez no século 19, o termo foi usado pela primeira vez em uma publicação de 1942 descrevendo fungos tratados com antibióticos naturais (encontrados na casca

dos troncos das árvores). O crescimento foi estimulado em baixas doses e inibido em altas concentrações.

Um exemplo de hormesis pode ser observado no uso de herbicidas mimetizadores de auxina como o 2,4-D, que em baixas doses do produto podem estimular o crescimento e o desenvolvimento das plantas, enquanto altas doses podem ser prejudiciais.

Um estudo realizado por Silva *et al.* (2019) realizou um estudo para investigar o efeito hormético do herbicida 2,4-D em baixas doses em duas fases de desenvolvimento da soja cultivada em vasos em casas de vegetação. Eles observaram que o número de nós na haste principal e o número de vagens por planta aumentaram até doses de 20,2 g ha⁻¹ e 22,5 g ha⁻¹, respectivamente, quando o herbicida foi aplicado na fase V₄ (quarto nó trifoliolado), e depois diminuíram com doses maiores. No entanto, quando o herbicida foi aplicado na fase V₆ (sexto nó trifoliolado), esses parâmetros não foram afetados. Eles também notaram que o número de grãos por viagem e o peso de mil grãos reduziram-se com o aumento da dose, independentemente da fase de aplicação.

No trabalho de Massucato *et al.* (2019) foi avaliado a resposta morfológica e fisiológica com a aplicação de subdoses de 2,4-D em plântulas de feijão. Como resultado as subdoses do herbicida 2,4-D afetaram negativamente a germinação e desenvolvimento do feijão, exceto para o comprimento de plântulas que há possibilidade de hormese.

Outro trabalho foi de Marques (2019) teve como objetivo estudar o efeito de hormese de 2,4-D sal colina em características qualitativas e quantitativas do algodoeiro. Para isso, utilizaram subdoses do herbicida (0,855; 1,71; 3,42; 6,84 e 13,68 g ea ha⁻¹) em dois momentos do desenvolvimento da planta (V₄ e B₄). Eles constataram que as subdoses de 0,855 e 1,71 g e.a. ha⁻¹ induziram hormese para todos os indicadores produtivos do algodoeiro em estágio B₄ (quarto botão floral), tais como número de capulhos por planta, massa de capulho, massa de semente e massa de fibra.

Os efeitos da hormesis no feijão têm sido amplamente estudados, e a literatura científica indica que baixas doses de diferentes agentes podem ter efeitos benéficos sobre o crescimento e a produtividade das plantas.

2.3 ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Os dados analisados não apresentaram significância quando submetidos ao teste de normalidade (Teste de Shapiro – Wilk), entretanto os parâmetros de número de vagens por planta, número de grãos por planta e produtividade sofreram transformação raiz quadrada para ajustar a homogeneidade de variância (Tabela 2). Os valores entre parênteses se referem aos dados estatisticamente transformados. Após a transformação a transformação os dados atenderam aos pressupostos da estatística. Adicionalmente, foi observado que os coeficientes de variação encontrados variaram entre médios para altura de plantas, altura de inserção da primeira vagem e peso de mil sementes, altos para número de vagens por planta, número de grãos por planta e para a produtividade.

Segundo Pimentel-Gomes (2009), para ensaios de campo de cultivos, os valores de CV são considerados baixos quando estão abaixo de 10%, médios quando estão entre 10 e 20%, e altos quando estão entre 20% e 30%, muito altos quando são superiores a 30%. Nesse sentido, foi observado que os coeficientes de variação encontrados variaram entre médios para altura de plantas, altura de inserção da primeira vagem e peso de mil sementes, altos para número de vagens por planta, número de grãos por planta e para a produtividade (Tabela 2).

Com relação aos resultados tanto na avaliação das doses utilizadas quanto a população não foram observado resultados significativos, esses resultados ocorreram provavelmente, por características genéticas relacionadas a escolha da cultivar, ou pela dose de herbicida aplicada na planta.

Tabela 2. Resumo da análise de variância para as características de Altura de plantas (ALTPLANT), Altura de inserção da 1ª vagem (ALT1VAG), Número de vagens por planta (NVP), Número de grãos por planta (NGP), Peso de mil sementes (PMS), Produtividade (PROD).

Normalidade	G.L.	ALTPLANT	ALT1VAG	NVP	NGP	PMS	PROD
		Significância (Pr>p)					
Teste de Shapiro-Wilk)		0,21 ^{n.s}	0,34 ^{n.s}	0,12 ^{n.s} (0,12 ^{n.s})	0,54 ^{n.s} (0,50 ^{n.s})	0,18 ^{n.s}	0,25 ^{n.s} (0,80 ^{n.s})
Fontes de Variação	Significância do teste F (Pr>f).....					
Pop. Plantas	1	0,64 ^{n.s}	0,22 ^{n.s}	0,58 ^{n.s} (0,51 ^{n.s})	0,47 ^{n.s} (0,376 ^{n.s})	0,36 ^{n.s}	0,90 ^{n.s} (0,74 ^{n.s})
Doses	3	0,69 ^{n.s}	0,80 ^{n.s}	0,50 ^{n.s} (0,45 ^{n.s})	0,45 ^{n.s} (0,41 ^{n.s})	0,37 ^{n.s}	0,48 ^{n.s} (0,45 ^{n.s})
Pop. x Doses	3	0,75 ^{n.s}	0,92 ^{n.s}	0,29 ^{n.s} (0,32 ^{n.s})	0,25 ^{n.s} (0,27 ^{n.s})	0,14 ^{n.s}	0,55 ^{n.s} (0,48 ^{n.s})
Bloco	3	0,19 ^{n.s}	0,01 ^{n.s}	0,22 ^{n.s} (0,20 ^{n.s})	0,29 ^{n.s} (0,30 ^{n.s})	0,61 ^{n.s}	0,30 ^{n.s} (0,16 ^{n.s})
C.V.		13,7%	17,8%	36,9% (18,15%)	42,4% (21,09%)	15,4%	56,9% (28,27)

Nota: * Valores entre parênteses na tabela refere-se aos dados transformados; G.L. – Graus de liberdade; C.V. – Coeficiente de variação

A altura de plantas de feijoeiro é um parâmetro frequentemente analisado na literatura pois afeta o número de nós, altura das vagens e diâmetro do caule os quais são parâmetros importantes para o rendimento da cultura, no presente trabalho a altura de plantas (Tabela 3) não obteve resultados significativos quando considerado a relação dose x população.

Alguns trabalhos encontrados na literatura mostram que para feijão esse parâmetro é fortemente influenciado quando submetidas aos mais diversos tratamentos, como observado no trabalho de Nunes *et al.* (2006) onde foi observada a produção de palhada e o efeito de diferentes plantas de coberturas sobre algumas características do feijão, não houve diferença significativa para a altura de plantas. Para outras culturas a característica de altura de planta é fortemente influenciado pela presença de subdoses de herbicidas, como por exemplo no trabalho de Rosa *et al.* (2011) verificou-se que a aplicação de subdoses de glifosato aumentou a altura de plantas do algodoeiro até 104,0g e.a. Já no trabalho de Pinheiro *et al.* (2021) a aplicação de baixas doses (0, 0.068, 0.684, 6.84, 68.4 e 684 g e.a. ha⁻¹) do herbicida 2,4-D (sal colina) na soja de crescimento determinado aumentaram a altura da planta e induziu maior produção de matéria seca da parte aérea. Porém no trabalho de Sousa, Silva e Benez (2014) a aplicação de 2,4-D 50 DAE em doses baixas, média e alta não houve alteração no crescimento do milho.

Com relação à altura de inserção da primeira vagem (Tabela 3), foi observado que a aplicação de subdoses de 2,4-D não apresentou diferença significativa na dose aplicada tampouco relação dose x população.

A altura de inserção de primeira vagem é uma característica importante, variedades de feijoeiro com uma inserção de primeira vagem mais alta são menos propensos ao contato com o solo, evitando doenças e reduzindo perdas de produção, a altura de inserção da primeira vagem é uma das características avaliadas em linhagens de feijão. Na avaliação da altura de inserção da primeira vagem no trabalho de Vieira *et al.* (2021) foi constatado que a maior altura de inserção da primeira vagem no feijão foi observada na presença de fertilizante foliar + aminoácidos não se restringindo a presença ou ausência de 2,4-D.

O trabalho de Silva *et al.* (2012) constatou que houve diferença significativa na altura de inserção de primeira vagem do feijão nos dois anos de cultivo após a aplicação de glifosato (10, 20, 30 e 40g ha⁻¹ do i.a). No trabalho de Sousa, Silva e Benez (2014) a aplicação de 2,4-D em dose baixa, média e alta no milho não houve alteração significativa na altura de inserção da primeira espiga do milho em nenhum dos tratamentos avaliados.

Tabela 3. Altura de plantas (ALTPLANT,cm), Altura de inserção da 1ª vagem (ALT1V, cm), número de vagens por planta (NVP), número de grãos por planta (NGP), Peso de mil sementes (PMS, g), Produtividade (PROD, kg/ha).

	ALTPLANT (cm)	ALT1V (cm)	NVP	NGP	PMS (g)	PROD (kg/ha)
.....População de Plantas.....						
24 pl./m ²	83,64a	20,45a	8,01a (2,79a)	25,33a (4,95a)	203,37a	683,75a (25,42a)
36 pl./m ²	85,55a	22,13a	7,45a (2,67a)	22,70a (4,63a)	193,31a	666,87a (24,58a)
.....Sub-Doses 2,4-D.....						
0	87,25	20,73	7,77 (2,74)	25,02 (4,88)	214,75	859,37 (28,46)
1	78,28	20,61	7,61 (2,72)	22,96 (4,73)	196,62	648,75 (24,59)
2	79,87	22,22	6,67 (2,53)	19,98 (4,34)	192,00	595,00 (23,72)
10	92,97	21,60	8,87 (2,94)	28,10 (5,20)	190,00	598,12 (23,24)
C.V. (%)	13,79	17,81	36,94% (18,15%)	42,44% (21,09%)	15,46%	56,98% (28,27%)

Nota: C.V. – Coeficiente de variação. Letras minúsculas semelhantes não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de significância.

Na análise do número de vagens (Tabela 3) por planta foi observado que na relação população x dose não houve um resultado expressivo, sendo que ambos os fatores de variação não apresentaram diferença estatística.

Plantas que apresentam um maior número de vagens em uma avaliação comercial tendem a ser mais produtivas, o número de vagens por planta pode ser influenciado por fatores como o espaçamento ou estresse hídrico (MOREIRA e GONZAGA, 2012)

O número de vagens está diretamente relacionado com a produtividade da planta como encontrado no trabalho de Silva *et al.* (2012) em dois anos de cultivo de feijão observou-se que uma redução de produção de vagens nas menores doses e um aumento na produção de vagens nas maiores doses. As épocas de aplicação ocorreram em V₄₋₄ e V₄₋₇, com as respectivas doses do herbicida glifosato (0, 3, 6, 9, 12 e 15 g ha⁻¹ de e.a.). Em um trabalho realizado por Barzotto e Richart (2020) em duas cultivares diferentes de soja foram aplicadas cinco doses de 2,4-D no estágio V₄ sendo elas (0, 2, 4, 6 e 8g ha⁻¹ do i.a). A dose de 8g ha⁻¹ foi a que apresentou resultados mais expressivos para as duas variedades no número de vagens por planta. Contrariando, Silva *et al.* (2019) obteve resultados negativos com a soja

cultivar AG 3680 IPRO, foram submetidas a aplicação de nove doses de 2,4-D (0, 5, 10, 15, 20, 25, 30, 40 e 50 g ha⁻¹), nos estádios V₄ e V₆. Os resultados mostraram que independente do estádio e dose aplicada o número de vagens por planta diminuiu.

A avaliação do número de grãos por planta (Tabela 3) está relacionada diretamente com a produtividade, pois quanto mais grãos a planta produz maior a produtividade final. Em ambos os testes observamos que a interação dose x população não apresentou diferença estatística.

O número de grãos no feijão está diretamente ligado a fatores produtivos e comerciais no feijão, pois o número de grãos por planta está diretamente ligado a variedade, densidade e manejo nutricional, também podemos relacionar com a classificação dos grãos que é um fator importante para a comercialização.

No trabalho de Fontes, Arthur e Arthur (2013) sementes de feijão caupi (*Vigna unguiculata* L.) foram estimuladas com doses de radiação gama nas doses de 0, 25, 50, 75 e 100 Gy, na dose de 50 Gy foi obtido um substancial aumento no número de grãos. No trabalho de Silva *et al.* (2012) em dois anos de cultivo de feijão submetido a subdoses do herbicida glifosato (0, 3, 6, 9, 12 e 15 g ha⁻¹ de e.a.) o primeiro ano não apresentou diferença significativa, já no segundo ano apresentou um número maior de grãos por planta.

Na análise dos dados do peso de mil sementes (Tabela 3), o peso de mil sementes é uma característica que interfere diretamente na produtividade, afinal quanto maior o peso de mil sementes maior a produtividade. Porém em ambos os testes não houve diferença estatística nos resultados. No trabalho de Silva *et al.* (2019) o peso de mil sementes de plantas de soja foi diminuindo linearmente conforme o aumento da subdose de 2,4-D, independente do estádio de aplicação. Esse resultado corrobora com o trabalho de Silva *et al.* (2012) onde quanto maior a subdose de glifosato aplicada no feijão estas proporcionavam um decréscimo na massa de 100 grãos e produtividade do feijão. Resultado que foi observado por Melhorança Filho *et al.* (2010) que utilizando soja convencional, conforme o aumento de doses de glifosato (0 g ha⁻¹, 5 g ha⁻¹, 10 g ha⁻¹, 15 g ha⁻¹, 20 g ha⁻¹, 25 g ha⁻¹ e 30 g ha⁻¹ do i.a.) ocorreu um decréscimo linear na massa de 100 grãos.

Comparando a produtividade obtida entre a relação de doses x população observamos nessa análise que ambos os testes não apresentaram diferença estatística.

A produtividade no feijão está ligada diretamente a escolha da cultivar bem

como pode ser influenciada por vários fatores como densidade de plantio, manejo nutricional e fatores abióticos, a produtividade também influencia no mercado, pois dependendo da oferta é influenciado o seu preço.

No trabalho de Silva *et al.* (2012) subdoses de glifosato aplicadas no feijão não influenciaram na produtividade do feijoeiro resultado que corrobora com Vieira *et al.* (2021) onde aplicações de subdoses de 2,4-D no feijão não resultaram em maior produtividade de grãos. Porém Rosa *et al.* (2011) observou em seu trabalho que a aplicação de subdoses de glifosato até 56 g e. a. ha⁻¹ incrementou a produtividade de algodão em caroço.

Em um estudo de Silva, Lima e Menezes (2007) foram analisadas três densidades populacionais 160, 240 e 320 mil plantas ha⁻¹, de um modo geral o aumento da densidade populacional em um espaçamento específico entre linhas resultou em maiores rendimentos de grãos.

3. CONSIDERAÇÕES

As subdoses do herbicida 2,4-D até 10% do produto comercial não alteram os parâmetros de altura de planta, altura de inserção da primeira vagem, número de vagens por planta, número de grãos por planta, peso de mil sementes e produtividade em feijoeiro comum cultivado sob diferentes populações de plantas.

REFERÊNCIAS

- AGATHOKLEOUS, E.; CALABRESE, E. J.. Hormesis can enhance agricultural sustainability in a changing world. **Global Food Security**, v. 20, p. 150-155, 2019. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.gfs.2019.02.005>. Acesso em: 13 fev. 2023.
- ALVARES, C.A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. de M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1127/0941-2948/2013/0507>. Acesso em 07 mai. 2023.
- AMÉRICO, G.H.P.; AMÉRICO-PINHEIRO, J.H.P.; FURLANI JUNIOR, E.. Hormesis Effect of Dichlorophenoxy Acetic Acid Sub-Doses and Mepiquat Chloride on Cotton Plant. **Planta Daninha**, v. 35, p. 1-9, 7 2017. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/s0100-83582017350100078>. Acesso em: 29 jun. 2023.
- ATHANÁZIO, J. C. Adubação de feijão-vagem. In: SIMPÓSIO SOBRE NUTRIÇÃO E ADUBAÇÃO DE HORTALIÇAS, 1990, Jaboticabal. **Anais...** Piracicaba: POTAFOS, 1993.
- BARZOTTO, B. G.; RICHART, A.. Desempenho produtivo de duas cultivares de soja com aplicação de diferentes doses do ácido 2,4-diclorofenoxiacético via foliar. **Cultivando O Saber**, Cascavel, v. 2, n. 13, p. 60-74, 2020. Disponível em: <https://cultivandosaber.fag.edu.br/index.php/cultivando/article/view/997/921>. Acesso em: 13 abr. 2023.
- BELZ, R. G.; CEDERGREEN, N; DUKE, S. O. Herbicide hormesis - can it be useful in crop production? **Weed Research**, v. 51, n. 4, p. 321-332, maio 2011. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-3180.2011.00862.x>. Acesso em 05 mar. 2023.
- BHERING, S. B.; SANTOS, H. G. dos (Ed.). **Mapa de solos Estado do Paraná: legenda atualizada**. Embrapa Solos: Rio de Janeiro: Embrapa Florestas, Colombo, PR, 2008. 74 p.
- BERRY, R.; LÓPEZ-MARTÍNEZ, G.. A dose of experimental hormesis: when mild stress protects and improves animal performance. **Comparative Biochemistry And Physiology Part A: Molecular & Integrative Physiology**, v. 242, p. 110658, abr. 2020. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.cbpa.2020.110658>. Acesso em: 13 mai. 2023.
- CALABRESE, E. J.; BACHMANN, K. A.; BAILER, A. J.; BOLGER, P. M.; BORAK, J.; CAI, L.; CEDERGREEN, N.; CHERIAN, M. G.; CHIUEH, C. C.; CLARKSON, T. W.. Biological stress response terminology: integrating the concepts of adaptive response and preconditioning stress within a hormetic dose?response framework. **Toxicology And Applied Pharmacology**, v. 222, n. 1, p. 122-128, 2007. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.taap.2007.02.015>. Acesso em 05 mai. 2023.

CALABRESE, E. J.; A BALDWIN, L.. Applications of hormesis in toxicology, risk assessment and chemotherapeutics. **Trends In Pharmacological Sciences**, v. 23, n. 7, p. 331-337, 2002. Disponível em: [http://dx.doi.org/10.1016/s0165-6147\(02\)02034-5](http://dx.doi.org/10.1016/s0165-6147(02)02034-5). Acesso em: 20 fev. 2023.

CALABRESE, E. J.; MATTSON, M. P.. How does hormesis impact biology, toxicology, and medicine? **Npj Aging And Mechanisms Of Disease**, v. 3, n. 1, p. 1-8, 15 2017. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1038/s41514-017-0013-z>. Acesso em: 02 mar. 2023.

CARNEIRO, H. S. Comida e sociedade: significados sociais a história da alimentação. **História: Questões & Debates**, Curitiba, v. 42, n. 1, p. 71 - 80, 2005.

CARNEIRO, J. E.; PAULA JÚNIOR, T. de; BORÉM, A.. **Feijão do Plantio à Colheita**. Ufv, 2015. 384 p.

CATANEO, A. C.; CARVALHO, J. C.. Resistência de plantas a herbicidas mimetizadores das auxinas (grupo 0). **Aspectos de Resistência de Plantas Daninhas a Herbicidas**. Piracicaba: Hrac-br, 2008. p. 62-66. Disponível em: https://upherb.com.br/ebook/livro_Hrac.pdf Acesso em: 15. mar. 2023

CHAVES, M. O.; BASSINELLO, P. Z. **O feijão na alimentação humana**. Brasília, Df: Embrapa, 2014. 23 p. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/123450/1/p15.pdf>. Acesso em: 23 fev. 2023.

CONAB. **5º Levantamento - Safra 2022/23**: tabela de dados - produção e balanço de oferta e demanda de grãos. Tabela de dados - Produção e balanço de oferta e demanda de grãos. 2023. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos/boletim-da-safra-de-graos>. Acesso em: 05 mar. 2023.

DEBOUCK, D.; HIDALGO, R.. Morfologia de la planta de frijol comun. **Colômbia: Centro Internacional de Agricultura Tropical (Ciat)**, 1985. p. 7-41. Disponível em: <https://cgspace.cgiar.org/handle/10568/81884>. Acesso em: 14 mar. 2023.

DIDONET, A. D.; BRAZ, A. J. B. P.; SILVEIRA, P. M. da. Adubação nitrogenada de cobertura no feijoeiro irrigado: uso do clorofilômetro. **Bioscience Journal**. v. 21, n. 3, p. 103-111. 2005. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/handle/doc/214148>. Acesso em: 07 maio 2023

Food and Agriculture Organization of the United Nations. **FAOSTAT. 2023**. [Http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC](http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC). Disponível em: <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>. Acesso em: 22 mar. 2023.

FONTES, L. da S.; ARTHUR, P. B.; ARTHUR, V. Efeitos da radiação gama em sementes de feijão (*Vigna unguiculata L.*) visando o aumento de produção. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 8, n. 4, p. 11–14, 2014. Disponível em: <https://www.gvaa.com.br/revista/index.php/RVADS/article/view/2210>. Acesso em: 30 jun. 2023.

GEPTS, P.; DEBOUCK, D. G.. Races of Common Bean (*Phaseolus vulgaris*, Fabaceae). **Economic Botany**, v.45, n.3, p. 379-396. set. 1991. Disponível em: <https://www.jstor.org/stable/4255369>. Acesso em: 10 mar. 2023.

JADOSKI, S. O.; CARLESSO, R.; WOISCHICK, D.; PETRY, M. T.; FRIZZO, Z.. População de plantas e espaçamento entre linhas do feijoeiro irrigado. II: rendimento de grãos e componentes do rendimento. **Ciência Rural**, v. 30, n. 4, p. 567-573, 2000. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/s0103-84782000000400002>. Acesso em 25 abr. 2023.

JALAL, A.; OLIVEIRA JUNIOR, J. C. de; RIBEIRO, J. S.; FERNANDES, G. C.; MARIANO, G. G.; TRINDADE, V. D. R.; REIS, A. R. dos. Hormesis in plants: physiological and biochemical responses. **Ecotoxicology And Environmental Safety**, v. 207, p. 111225, 2021. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecoenv.2020.111225>. Acesso em 30 mar. 2023.

MARQUES, Ricardo Fagundes. **Hormesis de 2,4-d sal colina em algodoeiro cultivado no cerrado**. 2019. 69 f. (Mestrado) - Curso de Agronomia, Universidade Federal de Goiás Regional Jataí Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Jataí,Go, 2019. Disponível em: <http://bdt.d.ufj.edu.br:8080/handle/tede/9475>. Acesso em: 17 mar. 2023.

MASSUCATO, L. R.; OLIVEIRA, G. M. Pio de; RUAS, P. M.; OLIVEIRA, S. M. P. de. Subdoses de mimetizadores de auxina no desenvolvimento de plântulas de feijão. Congresso brasileiro de fitossanidade desafios e avanços da fitossanidade, 5., 2019, Curitiba. **Anais [...]**. Curitiba: Conbraf, 2019. p. 1-1. Disponível em: <http://fitossanidade.fcav.unesp.br/seer/index.php/anaisconbraf/article/view/375>. Acesso em: 12 maio 2023.

MELHORANÇA FILHO, A. L.; MARTINS, D.; PEREIRA, M. R. R.; ESPINOSA, W. R.. Efeito de glyphosate sobre características produtivas em cultivares de soja transgênica e convencional. **Bioscience Journal**, v.26, n.3, p. 322-333. 2010. Disponível em: <https://seer.ufu.br/index.php/biosciencejournal/issue/view/415>. Acesso em: 15 maio 2023.

MONDO, V. H. V.; NASCENTE, A. S.. Produtividade do feijão-comum afetado por população de plantas. **Agrarian**, v. 11, n. 39, p. 89-94, 2018. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.30612/agrarian.v11i39.4569>. Acesso em 23. fev. 2023.

MOREIRA, F. R. B.; GONZAGA, A. C. de O.. **Informações técnicas para o cultivo do feijoeiro-comum na Região Central-Brasileira: 2012-2014**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2012. 247 p.

MORKUNAS, I.; WOZNIAK, A.; VAN MAI,; RUCINSKA-SOBKOWIAK, R.; JEANDET, P.. The Role of Heavy Metals in Plant Response to Biotic Stress. **Molecules**, v. 23, n. 9, p. 2320, 2018. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.3390/molecules23092320>. Acesso em 16 mai. 2023.

NUNES, U. R.; ANDRADE JÚNIOR, V. C.; SILVA, E. de B.; SANTOS, N. F.; COSTA, H. A. O.; FERREIRA, C. A.. Produção de palhada de plantas de cobertura e rendimento do feijão em plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 41, n. 6, p. 943-948, 2006. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/s0100-204x2006000600007>. Acesso em 18 mar. 2023.

OLIVEIRA JUNIOR, R. S. de; CONSTANTIN, J.; INOUE, M. H.. **Biologia e Manejo de Plantas Daninhas**. Curitiba: Omnipax, 2011. 348 p. Disponível em: http://www2.ufpel.edu.br/prg/sisbi/bibct/acervo/biologia_e_manejo_de_plantas_daninhas.pdf. Acesso em: 24 abr. 2023.

PARANÁ. Instituto Água e Terra. Secretaria do Meio Ambiente e Recursos Hídricos. **Relatório de Alturas Mensais de Precipitação**. 2023. Disponível em: <http://www.sih-web.aguasparana.pr.gov.br/sih-web/gerarRelatorioAlturasMensaisPrecipitacao.do?action=>. Acesso em: 20 maio 2023.

PIMENTEL-GOMES, F. **Curso de estatística experimental**. 15. ed., Piracicaba: Fealq, 2009, 451 p.

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. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.4067/s0718-58392021000400536>. Acesso em: 27 abr. 2023

POSCHENRIEDER, C.; CABOT, C.; MARTOS, S.; GALLEGU, B.; BARCELÓ, J.. Do toxic ions induce hormesis in plants? **Plant Science**, v. 212, p. 15-25, 2013. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.plantsci.2013.07.012>. Acesso em: 22 abr. 2023.

PROCÓPIO, S. de O.; BALBINOT, A. A.; DEBIASI, H.; FRANCHINI, J. C.; PANISON, F.. Plantio cruzado na cultura da soja utilizando uma cultivar de hábito de crescimento indeterminado. **Revista de Ciências Agrárias - Amazon Journal Of Agricultural And Environmental Sciences**, v. 56, n. 4, p. 319-325, 2013. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.4322/rca.2013.048>. Acesso em 02 mai. 2023.

ROSA, C. E.; JUNIOR, E. F.; FERRARI, S.; LUQUES, A. P. P. G.; FERRARI, J. V.; SANTOS, D. M. A. dos; VIEIRA, H. S. da S.; VERTUAN, L. F.. Aplicação de subdoses de glifosato e características vegetativas e produtivas do algodoeiro. Congresso brasileiro de algodão & cotton expo, 8., 2011, São Paulo. **Anais [...]** São Paulo: Embrapa Algodão, 2011. p. 605-611. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/906705/1/FIT030Poster.218.pdf>. Acesso em: 23 maio 2023.

SAGAN, L. A.. Radiation Hormesis: evidence for radiation stimulation and speculation regarding mechanisms. **Radiation Physics and Chemistry**, Chem, v. 2, n. 32, p.313-317, dez. 1991.

SANTOS, J. B. dos; VENCOSKY, R.. Controle genético da produção de grãos e de seus componentes primários em feijoeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 10, n. 20, p. 1203-1211, 1985. Disponível em: <https://seer.sct.embrapa.br/index.php/pab/article/view/16289>. Acesso em: 17 mar. 2023.

SANTOS, M. G. P. dos; CARVALHO, A. J. de; DAVID, A. M. S. de S.; AMARO, H. T. R.; VIEIRA, N. M. B.; SOUZA, V. B. de; CARNEIRO, J. E. de S.. Densidades de semeadura e safras de cultivo no desempenho produtivo de cultivares de feijoeiro-comum. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 35, n. 5, p. 2309, 2014. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.5433/1679-0359.2014v35n5p2309>. Acesso em: 19 abr. 2023

SILVA, A. O. da; LIMA, E. de A.; MENEZES, H. A.. Rendimento de grãos de Feijão (*Phaseolus vulgaris* L.), cultivado em diferentes densidades de plantio. **Fafibe**, Campina Grande, v. 1, n. 3, p. 1-5, 2007. Disponível em: <https://www.unifafibe.com.br/revistasonline/arquivos/revistafafibeonline/sumario/11/19042010102419.pdf>. Acesso em: 13 jun. 2023.

SILVA, J.R.O.; MARQUES, J.N.R.; GODOY, C.V.C.; BATISTA, L.B.; SILVA, A.A.; RONCHI, C.P.. 2,4-D Hormesis Effect on Soybean. **Planta Daninha**, v. 37, p. 1-10, 2019. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/s0100-83582019370100146>. Acesso em: 27 mar. 2023.

SILVA, J. C. da; ARF, O.; GERLACH, G. A. X.; KURYIAMA, C. S.; RODRIGUES, R. A. F.. Efeito hormese de glyphosate em feijoeiro. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 42, n. 3, p. 295-302, 2012. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/s1983-40632012000300008>. Acesso em: 18 mar. 2023

SOUSA, S. F. G. de; SILVA, P. R. A.; BENEZ, Sérgio Hugo. Avaliação da cultura do milho submetida à hormesis. **Energia na Agricultura**, v. 29, n. 2, p. 128, 2014. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.17224/energagric.2014v29n2p128-134>. Acesso em 28 abr. 2023.

SOUZA, A. de M.; PEREIRA, R. A.; YOKOO, E. M.; LEVY, R. B.; SICHIERI, R.. **Alimentos mais consumidos no Brasil: inquérito nacional de alimentação 2008-2009**. Rio de Janeiro, v. 47, n. 1, p. 190-199, 2013. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/s0034-89102013000700005>. Acesso em: 03 mar. 2023.

VARGAS, L.; ROMAN, E.. **Resistência de plantas daninhas a herbicidas: conceitos, origem e evolução**. 2006. Disponível em: http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/do/p_do58.pdf. Acesso em: 05 maio 2023.

VIEIRA, N. B.; LIMA, S. F. de; CONTARDI, L. M.; ANDRADE, M. G. de O.; REIS, B. de O.; BERNARDO, V. F.; ABREU, M. S.; THOMÉ, S. E. N.; VANZO, C. O.. Uso de 2,4-D como regulador de crescimento e de fertilizante foliar com aminoácido na cultura do feijão. **Research, Society And Development**, v. 10, n. 4, p. 1-10, 2021. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v10i4.14262>. Acesso em: 28 mai. 2023.