



**UNIVERSIDADE FEDERAL DA FRONTEIRA SUL
CAMPUS ERECHIM
CURSO DE AGRONOMIA**

GILSON LUCAS MÜLLER

**CRITÉRIO PARA TOMADA DE DECISÃO DE CONTROLE DE PLANTAS
VOLUNTÁRIAS DE MILHO INFESTANTES DA SOJA**

ERECHIM

2024

GILSON LUCAS MÜLLER

**CRITÉRIO PARA TOMADA DE DECISÃO DE CONTROLE DE PLANTAS
VOLUNTÁRIAS DE MILHO INFESTANTES DA SOJA**

Trabalho de conclusão de curso de graduação apresentado, como requisito para obtenção do grau de Bacharel em Agronomia da Universidade Federal da Fronteira Sul.

Orientador: Prof. D. Sc. Leandro Galon

ERECHIM

2024

Bibliotecas da Universidade Federal da Fronteira Sul - UFFS

Müller, Gilson Lucas

CRITÉRIO PARA TOMADA DE DECISÃO DE CONTROLE DE
PLANTAS VOLUNTÁRIAS DE MILHO INFESTANTES DA SOJA /
Gilson Lucas Müller. -- 2024.

28 f.

Orientador: D. Sc. Leandro Galon

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) -
Universidade Federal da Fronteira Sul, Curso de
Bacharelado em Agronomia, Erechim,RS, 2024.

1. Glycine max. 2. Zea mays. 3. Plantas Tigueras. I.
Galon, Leandro, orient. II. Universidade Federal da
Fronteira Sul. III. Título.

Elaborada pelo sistema de Geração Automática de Ficha de Identificação da Obra pela UFFS
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

GILSON LUCAS MÜLLER

**CRITÉRIO PARA TOMADA DE DECISÃO DE CONTROLE DE PLANTAS
VOLUNTÁRIAS DE MILHO INFESTANTES DA SOJA**

Trabalho de conclusão de curso de graduação
apresentado como requisito para obtenção de
grau de Bacharel em Agronomia da
Universidade Federal da Fronteira Sul.

Este trabalho de conclusão de curso foi defendido e aprovado pela banca em: ___/___/___

BANCA EXAMINADORA

Prof. D. Sc. Leandro Galon– UFFS

Orientador

Prof. Dr. Hugo von Linsingen Piazzetta - UFFS

Avaliador

Prof. Dr. Gismael Francisco Perin - UFFS

Avaliador

Erechim/RS

2024

AGRADECIMENTOS

Primeiramente gostaria de agradecer a Deus, por me guiar, iluminar e me dar forças para seguir em frente por toda a minha trajetória.

Aos meus pais Aldair e Gilce, por todo apoio, por cada ensinamento, por todo o amor, amparo, incentivo, compreensão e por me ensinarem a lutar pelos meus objetivos e não desistir nunca de meus sonhos.

A minha namorada, por sempre estar ao meu lado dando incentivo, apoio, amor e por sempre ter acreditado em mim.

A toda a minha família, padrinhos e madrinhas, aos meus avós, tios e tias, primos e primas, enfim todos que me ajudaram de alguma forma ou outra.

A meu amigo, orientador e Professor Leandro Galon, por todo auxílio, disponibilidade, conselhos, paciência, pela dedicação em passar os ensinamentos que não constam em livros, e por estar sempre disposto a sanar dúvidas e necessidades e também a me orientar.

A todos os integrantes do grupo de pesquisa MASSA (Manejo Sustentável dos Sistemas Agrícolas) que de uma forma ou de outra ajudaram na condução do trabalho e bolsas de iniciação científica, lugar esse que por 3 anos foi minha segunda casa.

Aos técnicos e funcionários da UFFS - Campus Erechim.

A todos os professores do curso de Agronomia por todo conhecimento repassado.

E, por fim, agradeço a todos os amigos que fiz durante toda essa jornada e levarei para a vida.

CRITÉRIO PARA TOMADA DE DECISÃO DE CONTROLE DE PLANTAS VOLUNTÁRIAS DE MILHO INFESTANTES DA SOJA

RESUMO – As plantas voluntárias de milho geneticamente modificado (GM), em especial com resistência a herbicidas tem se tornado na atualidade plantas daninhas que infestam culturas semeadas em sucessão, ocasionado elevada competitividade e como consequência perdas de produtividades de grãos. Diante disso objetivou-se com o trabalho avaliar a habilidade competitiva e o nível de dano econômico de cultivares de soja infestadas por plantas de milho voluntário modificado geneticamente (GM). O experimento foi conduzido a campo, em delineamento completamente casualizado, com uma repetição. Os tratamentos foram constituídos Por cultivares de soja (Nidera 5909 RG; Brasmax Elite IPRO; Syngenta 13561 IPRO; Dom Mario 5958 RSF IPRO; Nidera 6909 IPRO; Brasmax Lança IPRO) e 12 densidades de milho voluntário (híbrido Syngenta 488 Vip 3) estabelecidas para cada cultivar, saindo de 0 ao máximo de 130 plantas m⁻². Aos 30 dias após a emergência, efetuou-se a quantificação da densidade de plantas (DP), cobertura de solo (CS), área foliar (AF) e massa seca da parte aérea (MS) das plantas voluntárias de milho. Na soja determinou-se a produtividade de grãos, custo de controle, preço da saca e eficiência de controle. A hipérbole retangular foi eficiente para estimar as perdas da produtividade de grãos das cultivares de soja pela interferência do milho voluntário, sendo a MS a variável que apresentou melhor ajuste ao modelo. As cultivares de soja, Nidera 5909 RG, Syngenta 13561 IPRO e Brasmax Lança IPRO apresentaram maior habilidade competitiva e valores de NDE de 0,07 a 0,20 plantas m⁻² na presença do milho voluntário. Os menores valores de NDE variaram de 0,02 a 0,12 plantas m⁻², para as cultivares, Dom Mario 5958 RSF IPRO, Nidera 6909 IPRO e Brasmax Lança IPRO, sendo que essas apresentaram a menor competitividade. Os NDEs diminuíram com o aumento da produtividade de grãos, do preço da saca da soja, da eficiência do herbicida e com a redução no custo de controle do milho voluntário, justificando a adoção de medidas de controle em menores densidades da planta daninha.

Palavras-chave: *Glycine max.* *Zea mays.* Plantas Tigueras.

CRITERION FOR DECISION MAKING TO CONTROL VOLUNTEER MAIZE PLANTS INFESTING SOYBEAN

ABSTRACT – Volunteer plants of genetically modified (GM) maize, especially resistant to herbicides, have currently become weeds, infesting subsequent crops, causing high competitiveness and, as a consequence, losses in grain yield. Therefore, the objective of this work was to evaluate the competitive ability and the level of economic damage in soybean cultivars infested by volunteer and genetically modified (GM) maize plants. The experiment was conducted in the field, in a completely randomized design, with one repetition. The treatments consisted of soybean cultivars (Nidera 5909 RG; Brasmax Elite IPRO; Syngenta 13561 IPRO; Dom Mario 5958 RSF IPRO; Nidera 6909 IPRO; Brasmax Lança IPRO) and 12 voluntary maize densities (hybrid Syngenta 488 Vip 3) predicted for each cultivar, ranging from 0 to a maximum of 130 plants m⁻². At 30 days after emergence, the quantification of plant density (DP), soil cover (CS), leaf area (AF) and shoot dry mass (MS) of volunteer maize plants. In soybean, grain yield, control cost, price of a soybean bag and control efficiency were determined. A rectangular hyperbola was efficient to estimate the grain productivity losses of soybean cultivars due to voluntary maize interference, with MS being the variable that presented the best fit to the model. The soybean cultivars Nidera 5909 RG, Syngenta 13561 IPRO and Brasmax Lança IPRO show greater competitive ability and NDE values of 0.07 to 0.20 plants m⁻² in the presence of volunteer maize. The lowest NDE values ranged from 0.02 to 0.12 plants m⁻², for the cultivars Dom Mario 5958 RSF IPRO, Nidera 6909 IPRO and Brasmax Lança IPRO, with these being assessed as having the lowest competitiveness. NDEs decreased with the increase in grain productivity, price of a soybean bag, the efficiency of the herbicide and the reduction in the cost of controlling voluntary maize, thus, justifying the adoption of control measures even at lower densities of the weed.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	9
2. MATERIAIS E MÉTODOS	11
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	15
4. CONCLUSÕES	23
5. REFERÊNCIAS.....	24

1. INTRODUÇÃO

A semeadura de culturas safrinhas, como soja ou feijão após o cultivo do milho tem aumentado nos últimos anos no Brasil, especialmente no Estado do Rio Grande do Sul. Durante a colheita do milho ocorrem muitas perdas de grãos, os quais tornam-se plantas daninhas extremamente competitivas por água, luz e nutrientes com a cultura seguinte (Alms et al., 2016; Petter et al., 2016), chamadas de plantas voluntárias ou tigueras (Christoffoleti et al., 2015; Costa et al., 2020; Galon et al., 2022). Aliando a interferência que as plantas voluntárias de milho ocasionam na soja, há também a problemática de serem resistentes a muitos herbicidas, dentre eles ao glyphosate e ao amonio-glufosinate, ou mesmo pela dificuldade que se tem de manejar quimicamente quando esse estiver com mais de seis folhas expandidas(V6), o que dificulta o controle vindo assim a hospedar insetos e doenças (Piasecki & Rizzardi, 2018; Rizzardi et al., 2019; Costa et al., 2020; Galon et al., 2022).

São toleradas perdas de colheita de grãos de milho em cerca de 90 kg ha⁻¹ (Mantovani, 2021). No entanto tem-se observado nas lavouras brasileiras perdas de grãos de milho de 71,55 a 178,40 kg ha⁻¹ (Venegas et al., 2012; Oliveira et al., 2014; Paulsen et al., 2014) que ocorrem, antes e no momento da colheita, chamadas de perdas de pré e de colheita. A utilização de máquinas em estado precário, a má regulação dessas, velocidades inadequadas, declive acentuado do terreno, umidade inadequada da cultura, falta de conhecimento dos operadores, deficiência no controle de pragas, condições climáticas, dentre outros, são os principais fatores que tem ocasionam as perdas. Faggion et al., (2017) relatam que 85% das perdas ocorrem na plataforma de corte, 12% no processo de trilha, separação e limpeza e 3% devido à perda natural, antes mesmo da máquina entrar na lavoura.

Além do difícil controle do milho voluntário ao infestar a cultura subsequente, esse têm metabolismo do tipo C4, sendo mais eficiente e competitivo que culturas com metabolismo do tipo C3, especialmente a soja. Além de apresentar maior estatura, biomassa e sistema radicular mais volumoso o que confere melhor utilização dos recursos do meio como; água, luz e nutrientes (Alms et al., 2016; Petter et al., 2016; Piasecki & Rizzardi, 2018; Rizzardi et al., 2019). O milho voluntário pode reduzir a produtividade da soja de 10 a 22% quando aparece na densidade de 1,00 planta m⁻², ultrapassando valores de 40% quando as densidades forem superiores (Aguiar et al., 2018).

As estimativas de perdas de produtividade das culturas ao serem infestadas por plantas daninhas podem ser efetuadas com adoção de modelos matemáticos (Agostinetto et al., 2010; Kalsing e Vidal, 2013; Tavares et al., 2019; Galon et al., 2022). Cousens (1985) criou o modelo

da hipérbole retangular que relaciona a perda de produtividade de grãos com densidades de plantas daninhas. Esse autor ajustou um modelo empírico que torna possível prever a perda de produtividade em função da densidade de plantas daninhas, obtendo resultados que demonstraram a superioridade deste modelo sobre outros que foram testados com finalidade similares.

O modelo da hipérbole retangular baseia-se na relação não linear entre a percentagem de perda de produtividade por interferência, em relação à testemunha livre de infestação, e a densidade de plantas daninhas (Cousens, 1985). Ele incorpora os parâmetros i que representa a perda de produção causada pela adição da primeira planta daninha e o a que demonstra a perda de produção quando a densidade de plantas daninhas tende ao infinito. O significado biológico do modelo mostra que o efeito de competição de cada planta daninha adicionada à cultura diminui quando a densidade de plantas daninhas aumenta, em decorrência da competição intraespecífica que começa a ocorrer (Agostinetto et al., 2010; Tavares et al., 2019; Galon et al., 2022).

As plantas voluntárias geralmente aparecem nas lavouras em densidades menores do que as plantas daninhas verdadeiras, tornando-se importante o produtor avaliar e analisar o custo de controle ou mesmo quantificar os danos que essas irão causar na cultura que infestarem. Quando se tem elevadas densidades de plantas competindo com as culturas, simplifica-se a tomada de decisão dos produtores para adotarem alguma medida de controle (Agostinetto et al., 2010; Galon et al., 2022). No entanto, quando as plantas voluntárias ocorrem em densidades menores, a adoção de medidas para controlá-las torna-se difícil, pois os agricultores precisam quantificar às vantagens econômicas associadas ao custo do controle (Agostinetto et al., 2010; Tavares et al., 2019; Galon et al., 2022). Sendo assim, é necessário implementar estratégias de manejo que integrem o conhecimento técnico e a análise econômica aliado ao conhecimento da relação de competição entre a cultura e as plantas daninhas (Westwood et al., 2018). Dentro deste contexto, é importante caracterizar o nível de dano econômico (NDE) para auxiliar o produtor na tomada de decisão.

O NDE estabelece que a aplicação de herbicidas ou de outros métodos de controle somente se justificará caso os prejuízos causados pelas plantas daninhas forem superiores ao custo da medida utilizada (Piasecki & Rizzardi, 2018; Tavares et al., 2019; Galon et al., 2022). Para realizar os cálculos dos NDE envolvem-se muitas variáveis. Estas podem ser influenciadas por vários fatores, tais como: espécie de planta daninha presente na lavoura, densidade e época de emergência das infestantes em relação à cultura, porcentagem de perda e potencial de

produtividade da cultura na presença e livre de plantas daninhas, valor do produto colhido, custos e eficiência do controle, e influência das plantas daninhas remanescentes sobre o produto (Agostinetto et al., 2010; Brandler et al., 2021; Galon et al., 2022). Práticas de manejo, como o uso de cultivares com maior habilidade competitiva, densidade de semeadura adequada, rotação de culturas, correção da fertilidade do solo, dentre outros, podem influenciar diretamente no nível de perdas ocasionadas pelas plantas daninhas.

Nesse sentido existem variações na habilidade competitiva e nos níveis de dano econômico ocasionados pela competição exercida por densidades de milho voluntário sobre cultivares de soja. Diante disso objetivou-se com o trabalho avaliar a habilidade competitiva e o nível de dano econômico de cultivares de soja infestadas por plantas de milho voluntário modificado geneticamente

2. MATERIAIS E MÉTODOS

O experimento foi conduzido a campo, na área experimental da Universidade Federal da Fronteira Sul (UFFS), Campus Erechim/RS, latitude 27,725269° S, longitude 52,294485° W e altitude de 650 m. O solo da área experimental é classificado como Latossolo Vermelho Alumino férrico Húmico (Santos et al., 2018). Amostras de solo foram retiradas na camada de 0 a 10 cm para realizar a análise química, tendo as seguintes características: pH (água) = 5,1; matéria orgânica = 3,0%; argila = >60%; P = 5,2 mg dm⁻³, K = 118,0 mg dm⁻³, Ca⁺² = 5,5 cmol_c dm⁻³; Mg⁺² = 3,0 cmol_c dm⁻³; Al⁺³ = 0,3 cmol_c dm⁻³; H + Al = 7,7 cmol_c dm⁻³ e CTC efetiva = 16,6 cmol_c dm⁻³. A correção da fertilidade foi efetuada conforme as recomendações técnicas à cultura da soja destinada a produção de grãos (ROLAS, 2016). A adubação química de base foi de 500 kg ha⁻¹ da fórmula 05-20-20 de N-P-K. Os demais manejos efetuados seguiram as recomendações técnicas para a cultura da soja.

O clima da região é classificado como Cfa (temperado úmido com verão quente) de acordo com a classificação Köppen-Geiger, nas quais as chuvas são bem distribuídas ao longo do ano (Peel et al., 2007). O experimento foi conduzido em delineamento de blocos casualizados, sendo os tratamentos constituídos por seis cultivares de soja e 12 densidades de milho voluntário simulando perdas de colheita, híbrido Syngenta 488 Vip 3, com uma repetição. Nesta pesquisa, as diferentes densidades do milho voluntário funcionaram como repetições, proporcionando a variância necessária para realizar a análise estatística pelo modelo não-linear da hipérbole retangular proposto por Cousens, (1985). Essa mesma metodologia foi empregada

na elaboração de vários outros trabalhos desenvolvidos com objetivo similar ao do presente estudo, de avaliar a habilidade competitiva de cultivares e o nível de dano econômico de plantas daninhas infestantes de culturas (Agostinetto et al., 2010; Tavares et al., 2019; Brandler et al., 2021; Galon et al., 2022).

As cultivares de soja usadas no experimento foram a Nidera 5909 RG, Brasmax Elite IPRO, Syngenta 13561 IPRO, Dom Mario 5958 RSF IPRO, Nidera 6909 IPRO e Brasmax Lança IPRO que conviveram com distintas densidades de milho voluntário, conforme a descrição na Tabela 1.

As cultivares de soja foram selecionadas para o presente estudo em razão de serem as mais cultivadas na região para produção de grãos, com as seguintes características: a) Nidera 5909 RG: hábito de crescimento indeterminado, ciclo precoce, grupo de maturação 6.2, resistente a insetos e tolerante a herbicidas; b) Brasmax Elite IPRO: hábito de crescimento indeterminado, ciclo precoce, grupo de maturação 5.5, resistente a insetos e tolerante a herbicidas; c) Syngenta 13561 IPRO: hábito de crescimento indeterminado, ciclo médio-precoce, grupo de maturação 6.1, resistente a insetos e tolerante a herbicidas; d) Dom Mario 5958 RSF IPRO: hábito de crescimento indeterminado, ciclo médio, grupo de maturação 5.8, resistente a insetos e tolerante a herbicidas; e) Nidera 6909 IPRO: hábito de crescimento indeterminado, ciclo médio, grupo de maturação 6.3, resistente a insetos e tolerante a herbicidas; e f); Brasmax Lança IPRO: hábito de crescimento indeterminado, ciclo médio, grupo de maturação 5.8, resistente a insetos e tolerante a herbicidas.

O experimento foi instalado em 30/10/2022, em sistema de plantio direto na palha. A cobertura morta do solo foi formada por aveia-preta + ervilhaca, com produção de 5,00 t ha⁻¹ de massa seca. A dessecação foi realizada com o herbicida glyphosate (1440 g e.a. ha⁻¹) 15 dias antes da semeadura da soja. As unidades experimentais apresentavam área de 15,00 m², sendo compostas por seis fileiras de soja, espaçadas a 0,50 m, e com 5,00 m de comprimento. A área útil correspondeu a 8,00 m², ou seja, quatro linhas centrais, descontando-se uma linha de cada lateral e 0,50 m em cada extremidade (2,00 m x 4,00 m). A densidade de semeadura da soja semeadas para cada cultivar foi de 250.000 ha⁻¹.

As densidades de milho voluntário (*Zea mays*) foram estabelecidas pela semeadura manual com matraca em cada parcela usando-se para isso o híbrido Syngenta 488 Vip 3. O estabelecimento das densidades de milho voluntário foi efetuado de modo a simular diferentes perdas de colheita, desde baixas até elevadas quantidades de grãos perdidos na lavoura, calculando-se a quantidade de sementes necessária em cada unidade experimental de acordo

com o tratamento proposto, de 0 até 21,5 plantas m⁻². As densidades de milho voluntário foram variadas em virtude de que a semeadura com matraca manual apresenta desuniformidade de profundidade de uma cova para outra, pelo solo às vezes estar mais compactado, ter mais palhada, dentre outros e desse modo fatores como a umidade e a temperatura do solo podem ter influenciado o estabelecimento de um número exato de plantas por área (unidade experimental).

As densidades de milho voluntário foram determinadas por contagens em duas áreas de 0,50 x 0,50 m, sendo uma aferição efetuada no centro e outra na lateral de cada unidade experimental, quando a soja se encontrava-se no estágio V2 a V3 e a planta daninha (milho voluntário) no estágio de V4 a V5 (quatro a cinco folhas desenvolvidas). As demais plantas daninhas não objeto de estudo foram controladas com aplicação de glyphosate (1440 g e.a. ha⁻¹) para evitar a competição.

A quantificação da densidade de plantas (DP), cobertura do solo (CS), área foliar (AF) e massa seca da parte aérea (MS) das plantas voluntárias de milho foram realizadas aos 35 dias após a emergência (DAE) ou no estágio fenológico de V2 a V3 da soja. Para determinação da variável explicativa DP, foram efetuadas duas amostragens, aleatórias, por parcela utilizando quadrado de 0,50 m de lado. A CS por plantas de milho voluntário foi avaliada visualmente, de modo individual, por dois avaliadores, utilizando-se uma escala percentual, na qual a nota zero corresponde à ausência de cobertura e 100 representa cobertura total do solo. A quantificação da AF da planta competidora foi efetuada com um integrador eletrônico de AF portátil, modelo CI-203, marca CID Bio-Science, mensurando-se todas as plantas em uma área de 0,25 m² por parcela. A MS do milho voluntário (g m⁻²) foi determinada pelas coletas das plantas contidas em área de 0,25 m² (0,5 x 0,5 m) por parcela e secas em estufa de circulação forçada de ar a temperatura de 60±5°C, até atingirem massa constante.

A quantificação da produtividade de grãos foi obtida pela colheita das plantas na área útil de 8,00 m² (2,00 x 4,00 m) em cada parcela. A colheita foi realizada quando o teor médio de umidade dos grãos atingiu aproximadamente 15%. Após a pesagem, determinou-se a sua umidade, sendo as massas corrigidas para o teor de 13% de umidade e os valores expressos em kg ha⁻¹.

As perdas percentuais de produtividade de grãos de soja, em relação às unidades experimentais livres de plantas competidoras foram calculadas de acordo com a Equação 1:

$$\text{Perda (\%)} = \left(\frac{R_a - R_b}{R_a} \right) \times 100 \quad \text{Equação 1,}$$

Onde: R_a e R_b : produtividade da cultura sem ou com presença da planta competidora, milho voluntário, respectivamente.

Anteriormente à análise dos dados, os valores de MS (g m^{-2}), CS (%) ou AF (cm^2) foram multiplicados por 100, dispensando-se assim o uso do fator de correção no modelo (Agostinetto et al., 2010; Tavares et al., 2019).

As relações entre perdas percentuais de produtividade da soja em função das variáveis explicativas foram calculadas separadamente para cada cultivar, utilizando-se o modelo de regressão não linear derivada da hipérbole retangular, proposta por Cousens (1985), conforme a Equação 2:

$$P_p = \frac{(i * X)}{(1 + (\frac{i}{a}) * X)} \quad \text{Equação 2,}$$

Onde: P_p = perda de produtividade (%); X = DP, CS, AF e MS do milho voluntário; i e a = perdas de produtividade (%) por unidade de plantas de milho voluntário quando o valor da variável se aproxima de zero e quando tende ao infinito, respectivamente. Para o procedimento de cálculos, foi utilizado o método de Gauss-Newton, o qual, por sucessivas interações, estima os valores dos parâmetros, nos quais a soma dos quadrados dos desvios das observações, em relação aos valores ajustados, seja mínima (Agostinetto et al., 2010). O valor da estatística F ($p \leq 0,05$) foi utilizado como critério de análise dos dados do modelo. O critério de aceitação do ajuste dos dados ao modelo baseou-se na significância do F, no maior valor do coeficiente de determinação (R^2) e no menor valor do quadrado médio do resíduo (QMR).

Para o cálculo do nível de dano econômico (NDE) foi utilizado as estimativas do parâmetro i obtidas a partir da Equação 2 (Cousens, 1985), e a Equação adaptada de Lindquist & Kropff (1996) – Equação 3:

$$\text{NDE} = \frac{(C_c)}{(R * P * (\frac{i}{100}) * (\frac{H}{100}))} \quad \text{Equação 3,}$$

onde: NDE = nível de dano econômico (plantas m^{-2}); C_c = custo do controle (mistura comercial dos herbicidas, clethodim – 108 g ha^{-1} + Óleo mineral (0,5% v/v) e aplicação terrestre tratorizada, em dólares ha^{-1}); R = produtividade de grãos da soja (kg ha^{-1}); P = preço da soja (dólares kg^{-1} de grãos); i = perda (%) de produtividade da soja por unidade de planta competidora, quando o nível populacional se aproxima de zero e H = nível de eficiência do herbicida (%).

Para as variáveis Cc, R, P e H (Equação 3) foram estimados três valores ocorrentes nos últimos 10 anos. Assim, para o custo de controle (Cc), considerou-se o preço médio, sendo o custo máximo e mínimo alterado em 25%, em relação ao custo médio. A produtividade de grãos da soja (R) foi baseada na menor, média e maiores quantidades obtidas no Brasil, nos últimos 10 anos. O preço do produto (P) foi estimado a partir do menor, médio e maior preço da soja pagos a 60 kg, nos últimos 10 anos. Os valores para a eficiência do herbicida (H) foram estabelecidos na ordem de 80, 90 e 100% de controle, sendo 80% o controle mínimo considerado eficaz da planta daninha (Velini et al., 1995). Para as simulações de NDE foram utilizados os valores intermediários para as variáveis que não estavam sendo objeto de cálculo.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

As variáveis explicativas do milho voluntário (DP, AF, CS e MS) avaliadas para a perda de produtividade nas cultivares de soja apresentaram valores da estatística F significativos (Figuras 1, 2, 3 e 4). O modelo da hipérbole retangular ajustou-se adequadamente aos dados, com valor médio do R^2 superior a 0,55 e baixo QMR. Galon et al., (2022) ao avaliarem a interferência e o NDE de guaxuma (*Sida rhombifolia*) em cultivares de soja também encontraram bom ajuste dos dados ao modelo da hipérbole retangular, com valores médios do R^2 superiores a 0,57, para as mesmas variáveis estudadas na presente pesquisa. Ao trabalharem com variação genética, efeito de cultivares e herdabilidade de híbridos de milho Cargnelutti Filho & Storck, (2007), consideraram como moderados a bom, valores de R^2 entre 0,57 a 0,66, o que se assemelha aos dados observados no presente estudo.

As cultivares de soja apresentaram diferentes níveis de perdas de produtividade de grãos pela infestação das densidades variadas do milho voluntário (Figuras 1, 2, 3 e 4). Levando-se em conta a média do parâmetro i para as variáveis DP, CS, AF e MS as cultivares, Nidera 5909 RG, Syngenta 13561 IPRO e Brasmax Elite IPRO caracterizaram-se como os materiais mais competitivos na presença do milho voluntário. Isto pode ser atribuído as menores perdas de produtividade quando comparado as demais cultivares (Brasmax Elite IPRO, Dom Mario 5958 RSF IPRO e Nidera 6909 IPRO) que foram menos competitivas. Trabalhos tem descrito haver capacidade diferenciada de cultivares de soja quanto a sua habilidade competitiva na presença de plantas daninhas (Forte et al., 2017; Souza et al., 2019; Galon et al., 2022). Provavelmente esse fato deve-se a diferenciação genética existente entre os materiais avaliados. A diferença de competição entre as cultivares de soja pode ser atribuída ao maior índice de área foliar ou dossel

de folhas, características da arquitetura de plantas, altura de plantas, ciclo e taxa de crescimento e uso eficiente dos recursos do meio pela cultura (Forte et al., 2017; Souza et al., 2019).

A competição imposta pelo material genético é uma importante ferramenta para o manejo integrado de plantas daninhas, podendo assim reduzir o uso de herbicidas, com isso se tem menor poluição ambiental com produção de alimentos mais seguros (Jha et al., 2017; Tavares et al., 2019; Galon et al., 2022). Nesse contexto, o desenvolvimento de cultivares de soja que apresentem maior habilidade competitiva promove ganhos econômicos e ambientais, já que se tem a possibilidade de usar menor quantidade de herbicidas.

Observou-se perdas mínimas e máximas de 12,61 a 40,56% na produtividade de grãos das cultivares de soja ao serem infestadas por 1 planta m^{-2} de milho voluntário, respectivamente (Figuras 1). Esse fato demonstra que o milho voluntário presente em meio as lavouras de soja é muito competitivo, mesmo em baixas densidades. Isso deve-se provavelmente pelo fato do milho ser uma planta com metabolismo do tipo C4 (Silva et al., 2012), onde é mais eficiente no uso dos recursos do meio (água, luz, nutrientes e CO_2) ou por apresentar maior estatura de plantas e produção de maior quantidade de biomassa, o que faz com que tenha maior competitividade, principalmente pelo sombreamento que ocasionará na soja. De acordo com Pierik & Ballaré (2021) quando uma espécie é sombreada ocorre limitação do crescimento e desenvolvimento, pela menor produção de fotoassimilados em razão da quantidade e da qualidade da luz que chega até a planta e conseqüentemente se tem menor produção de biomassa ou mesmo de grãos, no caso da soja no presente estudo.

Na densidade de 5 plantas m^{-2} de milho voluntário, ocorreu perda na produtividade de grãos das cultivares de soja maior que 75% (Figuras 1). Ao se considerar como perda tolerável de grãos de milho pela colheita com colhedora automotriz de 90 kg ha^{-1} (Mantovani, 2021) e o peso médio de 1000 grãos de milho de, aproximadamente, 342 g (Bianchetto et al., 2017) tem-se uma quantidade de grãos correspondente a 90.000 ha^{-1} . Prevendo um índice de germinação de 50% tem-se 45.000 plantas ha^{-1} de milho ou 4,50 plantas m^{-2} . Isso demonstra o potencial de perdas de produtividade que pode ocorrer na cultura da soja, caso o controle de milho voluntário seja realizado de maneira inadequada. Desta forma, a redução de perdas na colheita do milho, possibilitará maior retorno econômico por ocasionar ganhos no rendimento dessa cultura e diminuição do potencial de perdas oriundas da competição com a soja, ou outra cultura semeada em sucessão ao cultivo do milho. Pois observou-se com 5 plantas m^{-2} de milho voluntário a perda de produtividade da soja foi superior a 75%, sendo essa densidade próxima da aceitável como perda de colheita para a cultura do milho.

Outros trabalhos também relatam efeito negativo à cultura da soja quando essa foi infestada por 1,00 planta m⁻² de milho voluntário com perdas na produtividade de grãos de 10 a 22% (Aguiar et al., 2018), de 13,51% (PIASECKI & RIZZARDI, 2018), ou de 33% quando as cultivares UFUS Capim Branco e UFUS Carajás foram infestadas por diversas espécies de plantas daninhas (Souza et al., 2019).

Os resultados demonstram perdas de rendimento de grãos da soja de 87,19 e 27,59%, para as cultivares Nidera 5909 RG e Nidera 6909 IPRO, respectivamente ao se levar em consideração um acúmulo de 5.000 cm² m⁻² de AF de milho voluntário (Figura 2). Desse modo fica evidente que o grau de competição da planta daninha com a soja é influenciado pela área foliar da infestante e que nesse caso tem-se ainda respostas genéticas das cultivares, onde as do grupo Nidera demonstram maiores perdas de rendimento pelo efeito da AF do que as demais avaliadas nesse ensaio. Destaca-se que as cultivares Nidera 5909 e Nidera 6909 apresentam grupo de maturação 6.2 e 6.3, respectivamente, ou seja, maiores que todas as demais cultivares. Alguns trabalhos tem relatado que cultivares de soja com grupos de maturação mais tardios demonstram menor habilidade competitiva na presença de plantas daninhas do que as de grupo de maturação precoce. Bastiani et al. (2016) descrevem que a cultivar BMX Potencia (grupo de maturação 6.7) apresentou menor competitividade do que a BMX Apolo (grupo de maturação 5.8). Souza et al. (2019) observaram que a cultivar UFUS Capim Branco (Grupo de maturação 7.2) foi mais competitiva na presença de várias espécies de plantas daninhas do que a UFUS Carajás (Grupo de maturação 8.4), inclusive refletindo em maior produtividade de grãos da primeira.

Este comportamento relaciona-se com o fechamento do dossel pela soja devido a maior velocidade de emergência e a taxa de crescimento, sendo que a cultivar de ciclo menor exerce controle cultural mais eficaz que a de ciclo maior, limitando ainda a germinação de novas plantas daninhas em função do sombreamento antecipado, que diminuem a incidência de raios solares no solo, reduzindo a germinação e a fotossíntese de plantas novas, aliado a diminuição da temperatura do baixeiro (Souza et al., 2019), o que afeta negativamente o metabolismo de plantas C4, nesse caso o milho voluntário. Souza et al., (2019) também descrevem que cultivares de soja de ciclo precoce apresentam maior habilidade competitiva do que cultivares mais tardias quando infestadas por plantas daninhas, especialmente aquelas pertencentes ao metabolismo do tipo C4, devendo-se esse fato principalmente pelo sombreamento imposto aos competidores.

Os resultados para perda de produtividade das cultivares de soja, em relação ao percentual de CS e de MS (Figuras 3 e 4), demonstram semelhança ao observado em relação a DP e AF (Figuras 1 e 2). As cultivares de soja Nidera 5909 RG, Syngenta 13561 IPRO e Brasmax Lança foram as mais competitivas demonstrando as menores perdas de produtividades de grãos. O aumento da AF, CS e da MS do milho voluntário está diretamente relacionada com a DP. Este fato contribui para explicar a semelhança nas perdas de produtividade, ao se levar em conta o parâmetro i de cada uma das variáveis estudadas. Entre os fatores que estão atrelados a essa interferência, imposta pelas plantas daninhas, está a competição pelos recursos do meio (água, luz e nutrientes), que pode levar a perdas na produtividade das culturas (Jha et al., 2017; Piasecki & Rizzardi, 2018; Tavares et al., 2019; Galon et al., 2022).

No caso do milho voluntário a velocidade de absorção de nutrientes, uso eficiente da água, velocidade de crescimento, acúmulo de biomassa e sombreamento imposto as cultivares de soja são fatores que podem estar atrelados a elevadas perdas de produtividades de grãos mesmo quando o milho apareceu em baixas densidades infestando a soja (Piasecki & Rizzardi, 2018). A soja é menos eficiente na extração de água do solo do que algumas plantas daninhas (Ferreira et al., 2011; Souza et al., 2019) e no caso da presente pesquisa, provavelmente o milho voluntário sobressaiu-se no uso dos recursos do meio ao se comparar com a cultura, o que explica a menor competitividade e a redução na produtividade da soja quando na presença do competidor.

Considerando o parâmetro i como um índice indicativo para comparar a competitividade relativa entre espécies (Agostinetto et al., 2010), observou-se no presente experimento que na média das variáveis DP, CS, AF e MS as cultivares mais competitivas foram: Nidera 5909 RG > Brasmax Lança IPRO > Syngenta 13561 IPRO > Dom Mario 5958 RSF IPRO > Brasmax Elite IPRO > Nidera 6909 IPRO (Figuras 1, 2, 3 e 4). As diferenças observadas em relação a habilidade competitiva das cultivares de soja na presença do milho voluntário podem ser atribuídas a diferenciação genética que existe entre as mesmas, como, ciclo de desenvolvimento, ciclo e grupo de maturação, arquitetura de plantas, índice de área foliar, volume do sistema radicular, ao melhor uso do espaço ou da disponibilidade dos recursos disponíveis no meio, dentre outros, fato esse também observado por outros pesquisadores (Bajwa et al., 2017; Forte et al., 2017; Souza et al., 2019; Galon et al., 2022). Cultivares de soja com características precoces levam vantagem na competição pelo rápido crescimento inicial, suprimindo as plantas daninhas, além de a maturação ocorrer de forma mais rápida e muitas

vezes a colheita acontece antes da maturação das sementes das plantas daninhas o que irá reduzir o banco de sementes para a próxima safra (Bianchi et al., 2011; Souza et al., 2019).

Observou-se que o potencial produtivo das cultivares de soja foi inversamente proporcional a sua habilidade competitiva. As cultivares que apresentaram a maior produtividade de grãos (Brasmax Elite IPRO – 4,00 t ha⁻¹; Dom Mario 5958 RSF IPRO – 4,00 t ha⁻¹ e Nidera 6909 IPRO – 3,90 t ha⁻¹) demonstram menor habilidade competitiva na presença do milho voluntário. Isso pode ter ocorrido possivelmente pela maior alocação de recursos para o desenvolvimento das estruturas reprodutivas dessas cultivares de soja em detrimento aos outros órgãos das plantas que lhe conferissem maior habilidade de competir com o milho. Desse modo as cultivares Nidera 5909 RG (3,20 t ha⁻¹), Syngenta 13561 IPRO (3,60 t ha⁻¹) e Brasmax Lança IPRO (3,80 t ha⁻¹) foram mais competitivas na presença do milho voluntário, mas com um custo de produzirem menos que as demais. Alguns trabalhos tem descrito que a alocação de recursos, além de ser um aspecto fundamental na competição entre espécies de plantas é um importante fator que está condicionado à habilidade competitiva dessas quando convivem em comunidades (Carvalho et al., 2011; Cury et al., 2012; Souza et al., 2019).

As estimativas do parâmetro a , para a maioria das comparações foram superestimadas pelo modelo, com perdas de produtividade superiores a 100% (Figuras 1, 2, 3 e 4). Esses resultados (perdas superiores a 100% para o parâmetro a) podem ser decorrentes do fato de que as maiores densidades de plantas de milho voluntário não serem suficientes para estimar adequadamente a perda máxima de produtividade da soja (Cousens, 1991). Segundo Cousens (1991), para obtenção de estimativa confiável para o parâmetro a , tem-se a necessidade de se incluir no experimento densidades muito elevadas do competidor, superiores das comumente encontradas em condições de lavoura. De modo semelhante Agostinetto et al. (2010), Brandler et al., (2020) e Brunetto et al., (2023) ao estudarem a competição do arroz com o capim-arroz, canola *versus* nabo e quinoa em competição com papuã, respectivamente submetido a diferentes métodos de manejo, também observaram perdas superiores a 100% para o parâmetro a .

A limitação do parâmetro a em 100% seria uma possibilidade para evitar que as perdas de produtividade sejam superestimadas, porém isso influenciará a estimativa do parâmetro i , resultando em menor previsibilidade do modelo da hipérbole retangular (Cousens, 1991). Além disso, perdas de produtividade superiores a 100% são biologicamente irrealis e ocorrem quando a amplitude das densidades de plantas daninhas é excessivamente estreita e/ou quando os maiores valores das densidades não são suficientes para produzir resposta assintótica de perda de produtividade (Agostinetto et al., 2010).

Dentre as variáveis analisadas, os melhores ajustes ao modelo corresponderam a $MS > CS > DP > AF$. Para isto foi levado em consideração os maiores valores médios do R^2 e do F , e os menores valores médios do QMR (Figuras 1, 2, 3 e 4). Assim sendo, os resultados demonstram que a MS pode ser usada em substituição às demais variáveis para estimar as perdas de produtividades de grãos das cultivares de soja na presença de densidades de milho voluntário. Outros trabalhos também encontraram resultados similares aos observados na presente pesquisa, ao avaliarem a competição de cultivares de soja na presença de *Amaranthus tuberculatus* (Buttis et al., 2018), várias espécies de plantas daninhas (Souza et al., 2019), épocas de emergência e origem de milho voluntário (Piasecki & Rizzardi, 2018) e guaxuma (Galon et al., 2022).

A simulação dos valores de nível de dano econômico (NDE) foi efetuada utilizando-se a variável DP do milho voluntário. Essa variável foi selecionada em virtude da facilidade de ser determinada a campo e ainda por ser a mais utilizada em experimentos com esse propósito (Agostinetto et al., 2010; Tavares et al., 2019; Galon et al., 2022).

O êxito na implantação de sistemas de manejo de milho voluntário infestante da cultura da soja pode decorrer da determinação na densidade que excede o NDE. O NDE mais baixo ocasionado pelas densidades de milho voluntário para as seis cultivares de soja em função da produtividade de grãos, preço da saca da soja, custo de controle e eficiência do herbicida foram denotado para a Nidera 6909 IPRO com valor médio de 0,03 plantas m^{-2} (Figuras 5, 6, 7 e 8). Levando-se em conta os mesmos critérios, o NDE foi alcançado com 0,16; 0,12; 0,09; 0,07 e 0,06 plantas m^{-2} de milho voluntário para as cultivares Nidera 5909 IPRO, Brasmax Elite IPRO, Syngenta 13561 IPRO, Dom Mario 5958 RSF IPRO e Brasmax Lança IPRO, respectivamente. Observou-se que as cultivares Nidera 5909 IPRO, Brasmax Elite IPRO, Syngenta 13561 IPRO apresentaram os maiores valores de NDE em todas as simulações realizadas, tendo variações de 0,07 a 0,26 plantas m^{-2} . Os menores valores de NDE foram obtidos com as cultivares Dom Mario 5958 RSF IPRO, Nidera 6909 IPRO e Brasmax Lança IPRO de 0,02 a 0,09 plantas m^{-2} . As diferenças observadas em relação ao NDE devem-se, conforme já relatado anteriormente, as distintas características genéticas existentes entre as cultivares testadas. Alguns trabalhos tem descrito haver diferenciações em termos de NDE de acordo com as características das cultivares, conforme relatado para trigo (Tavares et al., 2019), canola (Brandler et al. (2021) e soja (Galon et al., 2022) quando infestadas por diferentes plantas daninhas.

A produtividade de grãos, o custo de controle, o preço pago à saca da soja e a eficiência do herbicida influenciaram no NDE do milho voluntário sobre a cultura. Quando as cultivares

de soja diminuíram a produtividade de grãos em 777 kg ha⁻¹, ou seja, redução de 3428 para 2651 kg ha⁻¹, a densidade de milho necessária para atingir o NDE foi incrementada em 50% para os materiais Nidera 5909 IPRO, Brasmax Elite IPRO, Syngenta 13561 IPRO, Dom Mario 5958 RSF IPRO, Nidera 6909 IPRO e Brasmax Lança IPRO (Figura 5). Percebe-se assim que o aumento da expectativa de produtividade da cultura poderá ser menos influenciada pela competição das plantas daninhas. Esse fato também foi relatado por Galon et al., (2022) ao avaliarem cultivares de soja infestadas por guaxuma. A redução no preço da saca de grão de soja em US\$ 20,38, saindo de 36,17 para US\$ 15,79, foi necessário o incremento na densidade de milho voluntário para atingir o NDE de 56,35%, para as seis cultivares de soja (Figura 6). Ao se aumentar o custo de controle em US\$ 14,42, de US\$ 21,61 para US\$ 36,03 a densidade de milho voluntário para atingir o NDE foi incrementada em mais de 40%, para todas as cultivares de soja avaliadas (Figura 7). Galon et al., (2022) também relataram que a redução no valor pago pela saca de grãos de soja incrementou a densidade de guaxuma necessária para se atingir o NDE da planta daninha sobre as cultivares de soja Nidera 5909 IPRO, Brasmax Elite IPRO, Syngenta 13561 IPRO, Dom Mario 5958 RSF IPRO, Nidera 6909 IPRO e Brasmax Lança IPRO, assemelhando-se assim aos dados do presente estudo.

Com a redução da eficiência do herbicida passando de 100 para 80%, ou seja, redução de 20% a densidade de milho voluntário para atingir o NDE foi incrementada em aproximadamente 25% levando-se em conta as cultivares de soja Nidera 5909 IPRO, Brasmax Elite IPRO, Syngenta 13561 IPRO, Dom Mario 5958 RSF IPRO, Nidera 6909 IPRO e Brasmax Lança IPRO (Figura 8). Galon et al., (2022) constaram um incremento maior que 10% da densidade de guaxuma para se atingir o NDE quando essa espécie daninha infestou várias cultivares de soja, assemelhando-se em parte aos resultados do presente estudo.

As oscilações entre a maior e a menor produtividade de grãos, preço da saca (60 kg), custo de controle e eficiência do herbicida influenciou na média das cultivares de soja Nidera 5909 IPRO, Brasmax Elite IPRO, Syngenta 13561 IPRO, Dom Mario 5958 RSF IPRO, Nidera 6909 IPRO e Brasmax Lança IPRO ocasionara reduções do NDE em cerca de 23, 56; 40 e 20%, respectivamente (Figuras 5, 6, 7 e 8). Esses resultados assemelham-se aos encontrados por Tavares et al., (2019), Brandler et al., (2021) e Galon et al., (2022) ao trabalharem com trigo, canola e soja infestados por plantas daninhas.

As cultivares de soja Nidera 5909 IPRO, Brasmax Elite IPRO e Syngenta 13561 IPRO, apresentaram os melhores resultados para o cálculo do NDE levando-se em conta a produtividade de grãos, ou seja, essas podem conviver com um número mais elevado de plantas

de milho voluntário ao serem comparadas com as demais, Dom Mario 5958 RSF IPRO, Nidera 6909 IPRO e Brasmax Lança IPRO (Figura 5). Observou-se assim que quanto maior for o potencial produtivo da cultura, menor será a densidade de plantas necessária para ultrapassar os valores de NDE. De modo similar Galon et al. (2022) relataram que quanto maior o potencial produtivo das cultivares de soja NS 6909 IPRO, NA 5909 RG IPRO, DM 5958 RSF, Brasmax Elite IPRO, Brasmax Lança IPRO e Syngenta 13561 IPRO menor são os valores de NDE quando em convivência com a guaxuma.

Ao se comparar a produtividade das cultivares de soja, levando em consideração a menor (2651 kg ha^{-1}) com a maior (3428 kg ha^{-1}), observou-se diferença no NDE de até 22,66% (Figura 5). Desse modo, quanto maior o potencial produtivo das cultivares de soja, menor será a densidade de plantas de milho voluntário que equivale ao NDE. Nessa situação torna-se importante para se adotar medidas de controle da planta daninha mesmo quando ocorrem em baixas densidades. Galon et al., (2022) relatam que o NDE de guaxuma ao infestar cultivares de soja aumenta à medida que ocorre a redução do preço da cultura e aumento do custo do controle. Por outro lado, o incremento do preço da soja reduz o impacto do custo de controle da planta daninha, obtendo maior retorno econômico com a cultura. Neste cenário, tolera-se menor nível de perda e NDE ocorre com menor densidade de plantas de milho voluntário.

Os resultados quanto ao preço pago à saca de soja demonstram variação em cerca de 2,30 vezes no valor do NDE (Figura 6). Desse modo pode-se afirmar que quanto menor for o preço pago a saca de soja, o NDE será superado com o menor densidade de milho voluntário e assim compensar o uso do herbicida. Assim sendo destacaram-se como as cultivares mais competitivas a Nidera 5909 IPRO, Brasmax Elite IPRO e Syngenta 13561 IPRO com valor de NDE superior a $0,07 \text{ plantas m}^{-2}$ de milho voluntário. A maior competição dessas cultivares, conforme já explicado anteriormente, deve-se em partes pelas diferenças genéticas que as mesmas apresentam em relação as demais, fazendo desse modo que essas tenham maior habilidade competitiva na presença do milho voluntário.

Em relação ao custo de controle do milho voluntário, observou-se variação de, aproximadamente, 40,02% quando se compara o custo mínimo com o máximo. Assim quanto maior for o custo do método de controle, maiores são os NDE e mais plantas de milho voluntário m^{-2} são necessárias para justificar medidas de controle (Figura 7). Galon et al., (2022) também encontraram resultados similares ao do presente estudo, porém trabalhando com o efeito de densidades de guaxuma em competição com diferentes cultivares de soja.

Em relação a eficácia do controle químico, observou-se que a variação de 80 e 100% ocasionou em uma alteração do NDE de, aproximadamente, 10,00 e 11,11%, respectivamente ao se comparar com o controle médio do milho voluntário (Figura 8). Desse modo, pode-se inferir que o nível de controle influencia diretamente no NDE. De maneira geral, quanto mais elevada a eficácia do herbicida menor o NDE, ou seja, é necessário um menor número de plantas de milho voluntário m^{-2} para adoção de medidas de controle. Ao avaliarem a eficácia de glyphosate para o controle de guaxuma em soja, Galon et al. (2022) também observaram resultados similares aos encontrados no presente estudo, mesmo que tenham sido estudados diferentes herbicidas e plantas daninhas nas pesquisas.

Os NDEs diminuem com o aumento da produtividade de grãos, do preço da saca de soja, com a redução no custo de controle e da eficiência do herbicida sobre o milho voluntário, justificando assim a adoção de medidas de controle em menores densidades da planta daninha. O uso do NDE como uma ferramenta para o manejo de plantas daninhas deve ser associado com boas práticas agrícolas de manejo de plantas daninhas na cultura da soja. A sua adoção somente se justifica nas lavouras que utilizem rotação de culturas, arranjo adequado de plantas, uso de cultivares mais competitivas, épocas adequadas de semeadura, correção da fertilidade do solo, dentre outras. Apesar do controle do milho voluntário ser obrigatório, em determinados períodos do ano que coincidem com o desenvolvimento da soja, o uso do NDE pode auxiliar os produtores na tomada de decisão de manejo mais assertivo.

4.CONCLUSÕES

As cultivares de soja Nidera 5909 RG, Syngenta 13561 IPRO e Brasmax Lança IPRO apresentaram maior habilidade competitiva ao serem infestados pelo milho voluntário.

Os maiores valores de NDE variaram de 0,07 a 0,26 plantas m^{-2} para as cultivares de soja Nidera 5909 RG, Syngenta 13561 IPRO e Brasmax Elite IPRO.

As cultivares Dom Mario 5958 RSF IPRO, Nidera 6909 IPRO e Brasmax Lança IPRO demonstram os menores valores de NDE que variaram de 0,02 a 0,12 plantas m^{-2} , sendo menos competitivos na presença do milho voluntário.

Os NDEs diminuem com o aumento da produtividade de grãos, do preço da saca de soja, com a redução no custo de controle do milho voluntário e da eficiência do herbicida.

5. Referências

- AGOSTINETTO, D. et al. Interferência e nível de dano econômico de capim-arroz sobre o arroz em função do arranjo de plantas da cultura. **Planta Daninha**, v. 28, n, p.993-1003, 2010.
- AGUIAR, A. C. M. et al. Interference and economic threshold level of volunteer corn in soybean. **Planta Daninha**, v. 36, e018178310, p.1-10, 2018.
- ALMS, J. et al. Corn yield loss due to volunteer soybean. **Weed Science**, v.64, n.3, p.495-500, 2016.
- BASTIANI, M. O. et al Relative competitiveness of soybean cultivars with barnyardgrass. **Bragantia**, v. 75, n. 4, p. 435-445, 2016.
- BAJWA, A. A.; WALSH, M.; CHAUHAN, B. S. Weed management using crop competition in Australia. **Crop Protection**, v.95, n.1, p.8-13, 2017.
- BIANCHI, M. A. et al. Interferência de *Raphanus sativus* na produtividade de cultivares de soja. **Planta Daninha**, v. 29, n.4, p. 783-792, 2011.
- BIANCHETTO, R. et al. Desempenho agrônômico de milho crioulo em diferentes níveis de adubação no Sul do Brasil. **Revista Eletrônica Científica**, v. 3, n. 3, p. 528-545, 2017.
- BRANDLER, D. et al. Interference and level of economic damage of turnip in canola. **Revista Agraria Academica**, v. 4, n.1, p. 39-56, 2021.
- BRUNETTO, L. et al. Competitive response and level of economic damage of quinoa in the presence of alexandergrass. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v.18, n.1, e2543, 2023.
- BUTTS, T. et al. Competitividade do water hemp resistente a herbicida (*Amaranthus tuberculatus*) com soja. **Weed Science**, v.66, n.1, p.729-737, 2018.
- CARGNELUTTI FILHO, A.; STORCK, L. 2007. Evaluation statistics of the experimental precision in corn cultivar trials. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.42, n.1, p.17-24, 2007.
- CARVALHO, F. P. et al. Alocação de matéria seca e capacidade competitiva de cultivares de milho com plantas daninhas. **Planta Daninha**, v. 29, n. 2, p. 373-382, 2011.
- CHRISTOFFOLETI, P.J.; BRUNHARO, C.A.C.G.; FIGUEIREDO, M.R.A. Sem controle das plantas invasoras, perdas na cultura do milho podem chegar a 87%. **Visão Agrícola**, n.13, p. 98-101, 2015.
- COSTA, B.S. et al. Manejo de soja voluntária infestante do feijoeiro com o herbicida ethoxysulfuron. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v. 19, n. 1., p., 1-6, 2020.
- COUSENS, R. An empirical model relating crop yield to weed and crop density and a statistical comparison with other models. **The Journal of Agricultural Science**, v.105, n.3, p.513-521, 1985.

COUSENS, R. Aspects of the design and interpretation of competition (interference) experiments. **Weed Technology**, p. 664-673, 1991.

CURY, J. P. et al. Acúmulo e partição de nutrientes de cultivares de milho em competição com plantas daninhas. **Planta Daninha**, v. 30, n. 2, p. 287-296, 2013.

FAGGION, F. et al. Perda na colheita de soja por duas colhedoras depreciadas. **Brazilian Journal of Applied Technology for Agricultural Science**, v. 10, n. 2, p.89-95, 2017.

FORTE, T.C. et al. Habilidade competitiva de cultivares de soja transgênica convivendo com plantas daninhas. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v.12, n.2, p.185-193, 2017.

GALON, L. et al. Interference and threshold level of *Sida rhombifolia* in transgenic soybean cultivars. **Revista De La Facultad De Ciencias Agrarias - UNCuyo**, v.54, n.2, p.94-106, 2022.

KALSING, A.; VIDAL, R.A. Nível crítico de dano de papuã em feijão-comum. **Planta Daninha**, v.31, n.4, p.843-850, 2013.

JHA, P. et al. Weed management using crop competition in the United States: A review. **Crop Protection**, v.95, n.1, p. 31-37, 2017.

LINDQUIST, J.L.; KROPFF, M.J. Applications of an ecophysiological model for irrigated rice (*Oryza sativa*)-*Echinochloa* competition. **Weed Science**, v.44, n.1, p.52-56, 1996.

MANTOVANI, E.C. **Perdas na colheita**. Disponível em: <https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/cultivos/milho/producao/colheita-e-pos-colheita/perdas-na-colheita>. Acessado em: 25/04/2023.

OLIVEIRA, T.C. et al. Perdas quantitativas na colheita mecanizada de milho safrinha na Região Norte de Mato Grosso. **Agrarian Academy**, v.1, n.2; p. 141-149, 2014.

PAULSEN, M.R. et al Measurement of combine losses for corn and soybeans in Brazil. **Applied Engineering in Agriculture**, v.30, n.6, p.841-855, 2014.

PEEL, M. C.; FINLAYSON B. L.; MCMAHON T. A. Updated world map of the Köppen-Geiger climate classification. **Hydrology and Earth System Sciences**, v.11, p. 1633-1644, 2007.

PETTER, F.A.; PACHECO, L.P.; SILVA, A.F.; MORAIS, L.A. Management of volunteer plants in cultivation systems of soybeans, corn and cotton resistant to glyphosate. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v.15, n.1, p.58-66, 2016.

PIASECKI, C.; RIZZARD, M.A. Economic threshold of volunteer corn GR[®] in soybean as a function of emergence time and origin of corn. **Planta Daninha**, v36, e018177264, 2018.

PIERIK, R.; BALLARÉ, C.L. Control of plant growth and defense by photoreceptors: from mechanisms to opportunities in agriculture. **Molecular Plant**, v.14, n.1, p. 61-76, 2021.

RIZZARDI, M.A. et al. Interference of volunteer corn from different origins and emergence time on soybean yield and stress metabolism. **Planta Daninha**, v37, e019205476, 2019.

ROLAS - Rede oficial de laboratórios de análise de solo e de tecido vegetal. **Manual de adubação e calagem para os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina**. 10.ed. Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. 2016. 376p.

SANTOS, H.G. et al. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 5ª Edição. Brasília, DF: Embrapa, 2018. 356p.

SILVA, J.P. et al. Development of experimental structure and influence of high CO₂ concentration in maize crop. **Engenharia Agrícola**, v.32, n.2, p.306-314, 2012.

SOUZA, R. G. et al. Desempenho agrônômico de soja, sob interferência de plantas infestantes. **Revista Cultura Agrônômica**, v. 28, n. 2, p. 194-203, 2019.

TAVARES, L.C. et al. Criteria for decision making and economic threshold level for wild radish in wheat crop. **Planta Daninha**, v37, e019178898, 2019.

VELINI, E.D.; OSIPE, R.; GAZZIERO, D.L.P. (Eds). **Procedimentos para instalação, avaliação e análise de experimentos com herbicidas**. Londrina: SBCPD, 1995. 42 p.

VENEGAS, F.; GASPARELLO, A.V.; ALMEIDA, M.P. Determinação de perdas na colheita mecanizada do milho (*Zea mays* L.) utilizando diferentes regulagens de rotação do cilindro trilhador da colheitadeira. **Ensaio e Ciência: Ciências Biológicas, Agrárias e da Saúde**, v.16, n.5, p. 43-55, 2012.

WESTWOOD, J. H. et al. Weed Management in 2050: perspectives on the future of weed science. **Weed Science**, v.66, n.3, p.275-285, 2018.

Tabela 1. Cultivares de soja e densidades de milho voluntário, híbrido Syngenta 488 Vip 3 (plantas m⁻²) utilizados no experimento. UFFS, Campus Erechim.

Cultivares	Densidades de milho voluntário (m ⁻²)
Nidera 5909	0,0; 3,5; 7,0; 7,0; 8,5; 10,0; 10,5; 13,5; 14,0; 17,0; 20,0 e 20,5
Brasmax Elite IPRO	0,0; 3,0; 4,5; 6,0; 6,5; 7,5; 7,5; 9,0; 10,0; 10,0; 10,5 e 12,0
Syngenta 13561 IPRO	0,0; 1,0; 1,5; 8,5; 9,0; 9,5; 10,0; 10,5; 12,0; 12,0; 16,5 e 17,5
Dom Mario 5958 RSF IPRO	0,0; 2,5; 4,0; 5,0; 5,0; 6,0; 8,5; 9,0; 10,0; 11,5; 12,5 e 16,5
Nidera 6909 IPRO	0,0; 3,0; 3,0; 5,0; 8,5; 10,5; 11,0; 12,0; 13,5; 15,5; 16,5 e 21,5
Brasmax Lança IPRO	0,0; 5,0; 5,5; 6,0; 7,0; 7,5; 8,5; 10,0; 10,5; 13,0; 13,5 e 13,5

Tabela 2. Perda de produtividade (Pp) de grãos de soja em função de cultivares e da densidade de plantas de milho voluntário (m⁻²) em competição.

Variáveis explicativas	Parâmetros ¹		R ²	QMR	F
	<i>i</i>	<i>a</i>			
Densidade de plantas milho voluntário (m ²)					
Nidera 5909 RG	13,69	159,50	0,76	292,50	116,68*
Brasmax Elite IPRO	34,44	120,30	0,84	55,64	658,39*
Syngenta 13561 IPRO	22,42	122,70	0,73	74,56	468,93*
Dom Mario 5958 RSF IPRO	28,91	122,70	0,67	124,90	266,90*
Nidera 6909 IPRO	69,73	96,98	0,55	61,04	620,30*
Brasmax Lança IPRO	18,76	168,40	0,50	144,60	265,61
Cobertura do solo (%)					
Nidera 5909 RG	0,06	135,70	0,91	167,60	207,36*
Brasmax Elite IPRO	0,12	118,20	0,67	74,22	492,35*
Syngenta 13561 IPRO	0,10	138,50	0,50	101,50	343,23*
Dom Mario 5958 RSF IPRO	0,09	135,00	0,84	91,91	364,30*
Nidera 6909 IPRO	0,16	109,30	0,84	35,07	1083,37*
Brasmax Lança IPRO	0,13	116,70	0,95	37,95	1026,31*
Área foliar (cm ² m ⁻²)					
Nidera 5909 RG	0,08	111,50	0,60	121,60	289,42*
Brasmax Elite IPRO	0,003	92,77	0,68	97,02	419,19*
Syngenta 13561 IPRO	0,002	100,10	0,86	95,09	366,64*
Dom Mario 5958 RSF IPRO	0,002	94,31	0,74	317,50	99,65*
Nidera 6909 IPRO	0,008	88,90	0,64	61,92	611,48
Brasmax Lança IPRO	0,0005	135,40	0,55	149,90	256,02*
Massa seca da parte aérea (g m ⁻²)					
Nidera 5909 RG	0,03	114,50	0,90	284,30	120,21*
Brasmax Elite IPRO	0,17	93,44	0,81	54,86	667,87*
Syngenta 13561 IPRO	0,08	99,50	0,60	118,90	280,53*
Dom Mario 5958 RSF IPRO	0,09	99,50	0,60	115,90	280,56*
Nidera 6909 IPRO	0,88	87,97	0,66	56,20	674,20*
Brasmax Lança IPRO	0,05	108,40	0,88	124,40	309,00*

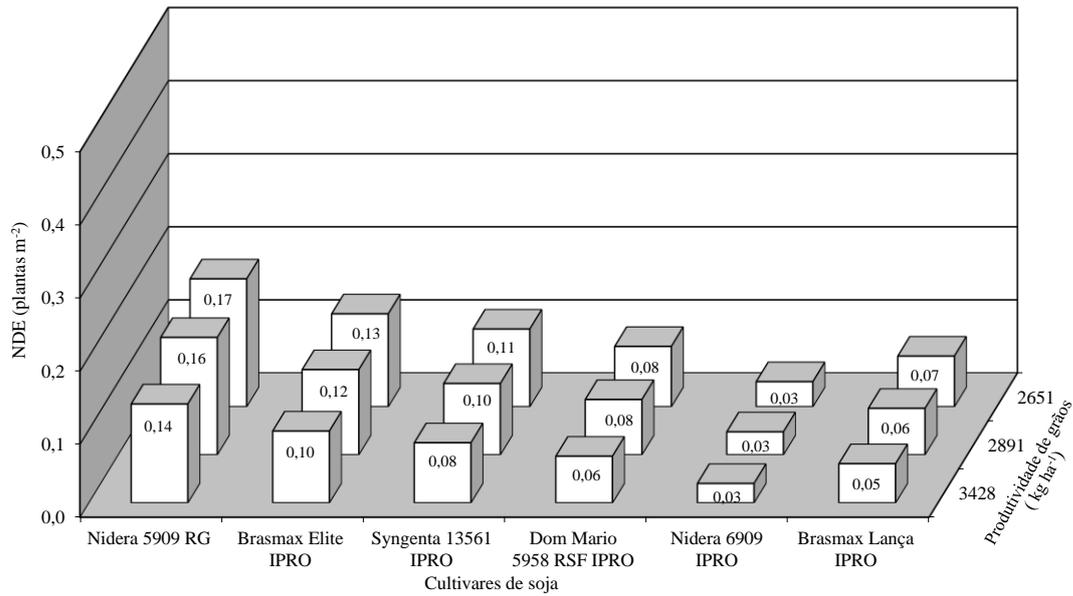


Figura 5. Nível de dano econômico (NDE) em função da produtividade de grãos, densidades de milho voluntário e diferentes cultivares de soja.

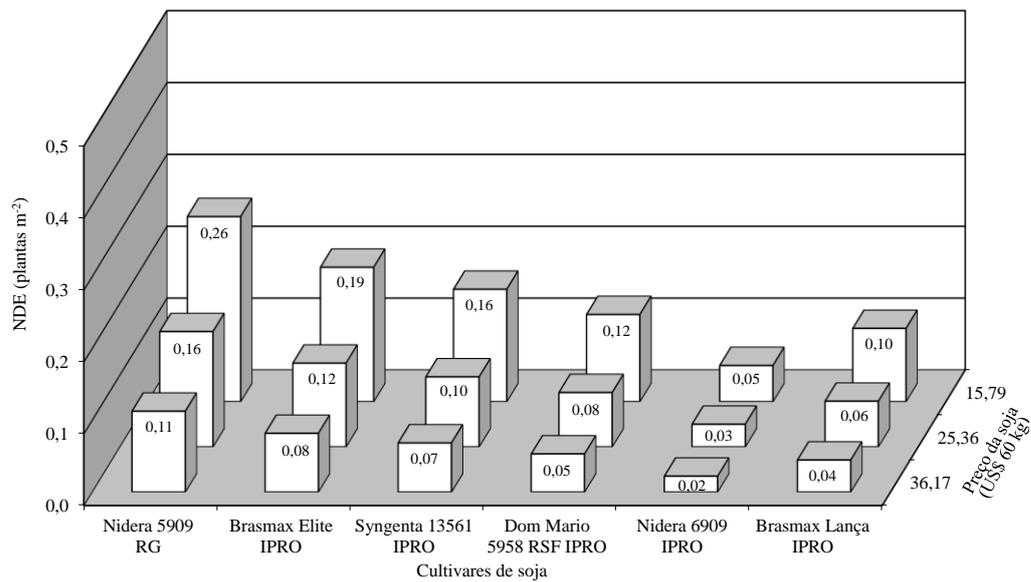


Figura 6. Nível de dano econômico (NDE) em função do preço pago a saca, densidades de milho voluntário e diferentes cultivares de soja.

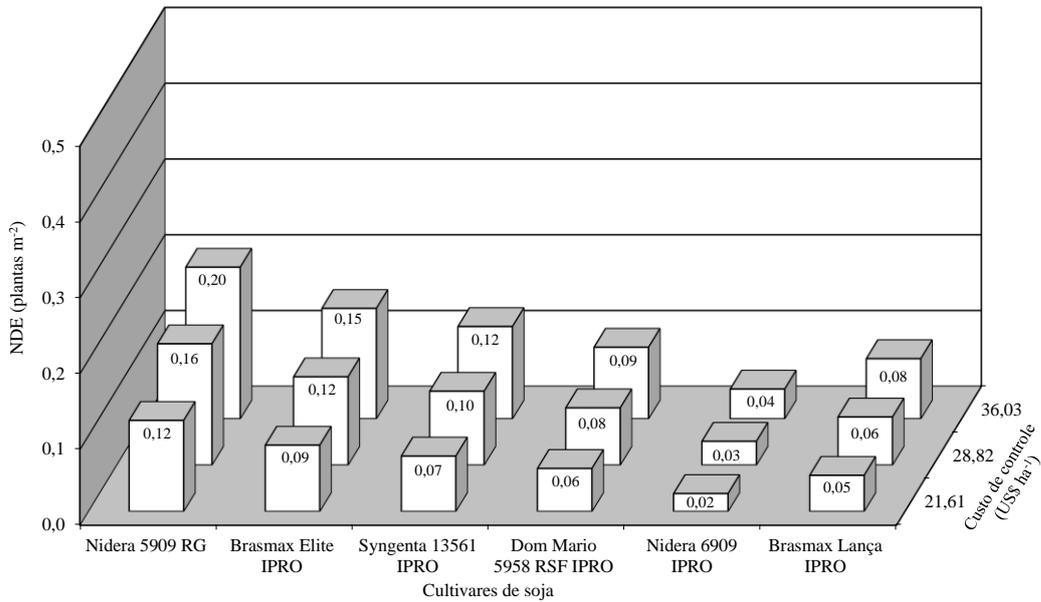


Figura 6. Nível de dano econômico (NDE) em função do custo de controle, densidades de milho voluntário e diferentes cultivares de soja.

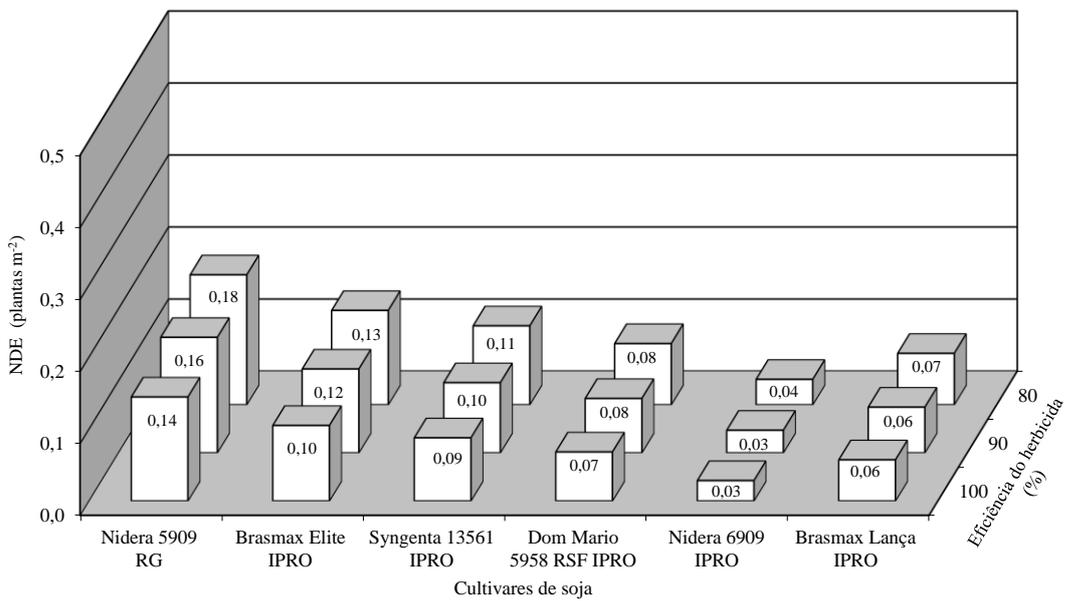


Figura 7. Nível de dano econômico (NDE) em função da eficiência do herbicida, densidades de milho voluntário e diferentes cultivares de soja.