

MODELAGEM MATEMÁTICA PARA ESTIMAR A INTERFERÊNCIA E O NÍVEL DE DANO ECONÔMICO DE PLANTAS VOLUNTÁRIAS INFESTANTES DA CULTURA DO MILHO

DANIEL CRISTIAN CAVALETTI^{1,2}, RAFAEL WOFFMANN WALL^{2,3}, VINICIUS BENETTI^{2,3}, LEONARDO BRUNETTO^{2,4}, LEANDRO GALON^{2,5*}

1 INTRODUÇÃO

As culturas agrícolas, incluindo o milho, dependem de diversos fatores ambientais que influenciam no seu crescimento, desenvolvimento e conseqüentemente na produtividade dos grãos. Dentre estes, além dos fatores climáticos e edáficos, a ocorrência de plantas daninhas competindo com a cultura por espaço, água, nutrientes e luz, afetam negativamente a produtividade e a qualidade dos grãos. As plantas daninhas quando não controladas podem ocasionar perdas na produtividade do milho superior a 80% (FRANDOLOSO et al., 2020; SILVA et al., 2020). Além disso, as plantas daninhas podem liberar compostos alelopáticos, hospedarem pragas e doenças que interferem negativamente na cultura ou mesmo interferirem nos processos de colheita, com baixo rendimento operacional (SILVA et al., 2020).

Com o surgimento de culturas geneticamente modificadas e resistentes a herbicidas, em especial ao glyphosate, as perdas de grãos dessas culturas que ficam nas lavouras após a colheita tornam-se problemas para as culturas semeadas posteriormente. Em decorrência de perdas na colheita, os grãos da soja ficam distribuídos no solo, germinam e emergem na forma de plantas voluntárias. Nesse caso as plantas voluntárias de soja dispersas após a colheita, podem afetar a produtividade e a qualidade de grãos do milho, acarretando em prejuízos econômicos para os agricultores.

Quando ocorrem infestações com altas densidades de plantas daninhas sobre as culturas a tomada decisão sobre o seu controle torna-se facilitada, porém ao surgirem em baixas densidades tem-se dificuldade em saber se irão causar danos ao infestarem a lavoura de milho (FRANDOLOSO et al., 2020). Sendo assim, busca-se com o trabalho identificar qual híbrido de milho apresenta maior habilidade competitiva na presença da soja voluntária e o nível de dano econômico dessa planta daninha ao infestar a cultura.

¹Acadêmico do curso de Agronomia, Universidade Federal da Fronteira Sul, campus Erechim, contato: danielcavaletti@gmail.com.

² Grupo de Pesquisa: Manejo Sustentável dos Sistemas Agrícolas (MASSA).

³ Acadêmico do curso de Agronomia, Universidade Federal da Fronteira Sul.

⁴ Mestrando em Ciência e Tecnologia Ambiental (PPGCTA), Universidade Federal da Fronteira Sul

⁵ Professor Doutor, Universidade Federal da Fronteira Sul, campus Erechim, *Orientador.

2 OBJETIVOS

Testar modelos matemáticos e identificar variáveis explicativas visando determinar o nível de econômico de soja voluntária infestante do milho estimados em função de híbridos da cultura e de densidades de soja.

3 METODOLOGIA

O experimento foi conduzido a campo, na área experimental da Universidade Federal da Fronteira Sul (UFFS), Campus Erechim/RS, em sistema de plantio direto. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados, sendo os tratamentos compostos por seis híbridos de milho (NK 422 Vip 3, NK 488 Vip 3, Syn Supremo Vip 3, Brevant 2A401 PW, FS 481 PW e FS620 PWU) e 12 densidades de soja (0, 4, 14, 14, 18, 20, 28, 30, 42, 50, 66 e 66; 0, 14, 22, 22, 28, 34, 34, 38, 42, 44 54 e 130; 0, 12, 14, 18, 28, 32, 32, 36, 36, 48, 54 e 82; 0, 6, 10, 18, 34, 42, 44, 24, 40, 56, 54 e 54; 0, 4, 4, 10, 10, 28, 30, 34, 42, 46, 50 e 94; 0, 4, 8, 10, 20, 22, 28, 32, 40, 48, 50 e 58 plantas m⁻²) em competição com os respectivos híbridos de milho.

Cada unidade experimental (parcela) foi composta por área de 15,0 m² (3,0 x 5,0 m), sendo a semeadura realizada em 6 linhas, com 5 m de comprimento e espaçadas a 0,50 m. A densidade de semeadura dos híbridos de milho foi de 3,65 sementes m⁻¹ ou aproximadamente 73.000 sementes ha⁻¹. Avaliou-se a densidade de plantas de soja (m²), a produtividade de grãos do milho (kg ha⁻¹), o custo de controle (US\$ ha⁻¹), o preço do milho (US\$ 60 kg⁻¹) e a eficiência do herbicida (%). Para o cálculo do nível de dano econômico (NDE) utilizou-se as estimativas do parâmetro *i* obtidas através das Equações 1 (COUSENS, 1985) e 2 (LINDQUIST & KROPFF, 1996): $P_p = (i \cdot X) / [1 + (i/a) \cdot X]$, Equação 1, em que: P_p = perda de produtividade (%); X = densidade de soja e i e a = perdas de produtividade (%) por unidade de plantas de soja quando o valor da variável se aproxima de zero e quando tende ao infinito, respectivamente; NDE: $((C_c / (R \cdot P \cdot (i/100)) \cdot (H/100))$, Equação 2, onde: NDE = nível de dano econômico (plantas m⁻²); C_c = custo do controle (mistura comercial dos herbicidas, atrazina+simazina – 1500 + 1500 g ha⁻¹ e aplicação terrestre tratorizada, em dólares ha⁻¹); R = produtividade de grãos de milho (kg ha⁻¹); P = preço do milho (dólares 60 kg⁻¹ de grãos por saca); i = perda (%) de produtividade do milho por unidade de planta competidora quando o nível populacional se aproxima de zero e H = nível de eficiência do herbicida (%). Para as variáveis C_c , R , P e H (Equação 2) foram estimados três valores ocorrentes nos últimos 10 anos. Assim, para o custo de controle (C_c), considerou-se o preço médio, sendo o custo máximo e mínimo alterado em 25%, em relação ao custo médio. A produtividade de grãos do milho (R) foi baseada na menor, média e maiores obtidas no Rio Grande do Sul, nos últimos 10 anos. O preço do produto (P) foi estimado a partir do menor, médio e maior preço do milho 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 (SBCPD, 1995). Para as simulações de NDE foram utilizados os valores intermediários para as variáveis que não estavam sendo objeto de cálculo.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O valor da estatística F foi significativo para a densidade de plantas de soja infestantes de todos os híbridos de milho (Tabela 1). Observou-se que todos os híbridos de milho ajustaram-se adequadamente ao modelo da hipérbole retangular, com valores de R^2 superiores a 0,63 para a densidade de plantas e baixo quadrado médio do resíduo (QMR). De acordo com Cargnelutti Filho e Storck (2007), ao trabalharem com variação genética, efeito de cultivares e a herdabilidade de híbridos de milho, consideraram como moderados a bom os valores de R^2 entre 0,57 a 0,66, o que corrobora, em partes com os resultados encontrados no presente estudo.

Observou-se que os valores estimados para o parâmetro i tenderam a ser menores para o híbrido NK 488 Vip3, seguido por Brevant 2A401 PW e Syn Supremo Vip3 (Tabela 1). A menor competitividade foi verificada para o híbrido FS 481 PW. Os híbridos NK 422 Vip3 e FS 620 PWU apresentaram valores intermediários aos demais na presença de densidades de plantas de soja voluntária. A diferença de competitividade observada nos híbridos de milho em competição a soja voluntária pode estar relacionada com as diferenças genéticas dos mesmos, tais como ciclo de desenvolvimento, arquitetura de planta, sistema radicular, dentre outros que apresentam relação direta com a habilidade competitiva das culturas (FRANDOLOSO et al., 2020).

As estimativas do parâmetro a foram todas inferiores a 100% (Tabela 1), demonstrando que foi possível simular adequadamente as perdas máximas de produtividade de grãos do milho com as densidades utilizadas de soja voluntária. Ressalta-se ainda que quanto maior for o potencial produtivo das culturas e se as condições de fertilidade do solo, de disponibilidade de água e de luminosidade forem adequadas, tem-se como consequência uma menor perda percentual diária causada por uma determinada espécie daninha (KALSING e VIDAL, 2013).

O sucesso na implantação de sistemas de manejo de soja voluntária infestante da cultura do milho pode decorrer da determinação da densidade que excede o nível de dano econômico (NDE). Desse modo, observou-se que o híbrido NK 488 Vip3, Syn Supremo Vip 3 e Brevant 2A401 PW apresentaram os maiores valores de NDE em todas as simulações realizadas, tendo variações de 1,07 a 3,82 plantas m^{-2} (Figura 1). Frandoloso et al. (2020) ao estudarem a competição de milho com densidades de papuã também encontraram diferenças na habilidade competitiva e no NDE de acordo com o híbrido avaliado na presença da planta daninha.

Os menores valores de NDE foram apresentados pelos híbridos NK 422 Vip3, FS 481 PW e FS 620 PWU com variações de 0,18 a 1,0 planta m^{-2} (Figura 1). Os híbridos de milho apresentaram

diferenças nos valores de NDE, o que acarreta diferenças na capacidade de competirem com a soja voluntária pelos recursos disponíveis no meio como água, nutrientes e luz. Os NDE diminuem com o aumento da produtividade de grãos, do preço da saca do milho, da eficiência do herbicida e com a redução no custo de controle da soja, justificando a adoção de medidas de controle em menores densidades da planta voluntária.

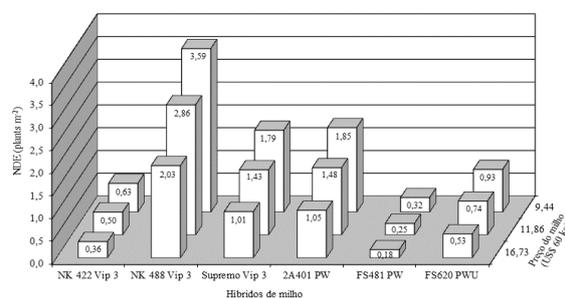
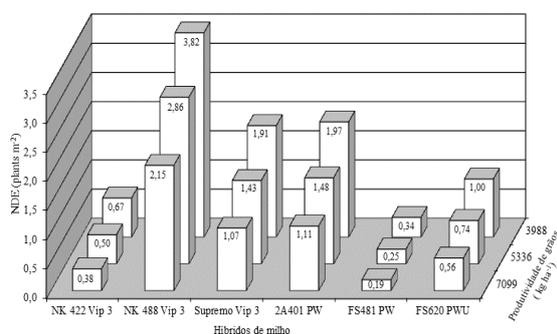
5 CONCLUSÃO

O modelo da hipérbole retangular estima adequadamente as perdas unitárias e máximas de produtividade de grãos de milho. Os híbridos NK 488 Vip3, Brevant 2A401 PW e Syn Supremo Vip3 apresentaram as maiores competitividades ao serem infestados por diferentes densidades de soja voluntária. Os maiores valores de NDE foram de 1,07 a 3,82 plantas m⁻², para os híbridos NK 488 Vip3, Syn Supremo Vip 3 e Brevant 2A401 PW os quais demonstraram as maiores competitividades com a soja voluntária.

Tabela 1. Ajustes obtidos com o modelo da hipérbole retangular de Cousens (1985) para perda de produtividade de grãos por interferência de soja voluntária, em função dos híbridos de milho; NK 422 Viptera3, NK 488 Viptera 3, Supremo Viptera3, Brevant 2A401 PW, FS 481 PW e FS 620 PWU em resposta a variável explicativa relativa densidade de plantas. UFFS, Erechim/RS.

Variável explicativa relativa	Parâmetros ¹		R ²	QMR	F
	<i>i</i>	<i>a</i>			
Densidade de plantas					
NK 422 Vip3	5,42	38,62	0,87	104,90	39,87*
NK 488 Vip3	0,95	36,70	0,95	23,77	76,38*
Syn Supremo Vip3	1,90	41,51	0,79	27,60	21,01
Brevant 2A401 PW	1,84	68,53	0,76	109,40	52,62*
FS 481 PW	10,76	43,37	0,63	68,71	99,98*
FS 620 PWU	3,65	46,05	0,82	125,90	39,82*

¹*i* e *a*: perdas de produtividades de grãos de milho (%) por unidade de soja quando o valor da variável se aproxima de zero ou tende ao infinito, respectivamente; * Significativo a p≤0,05.



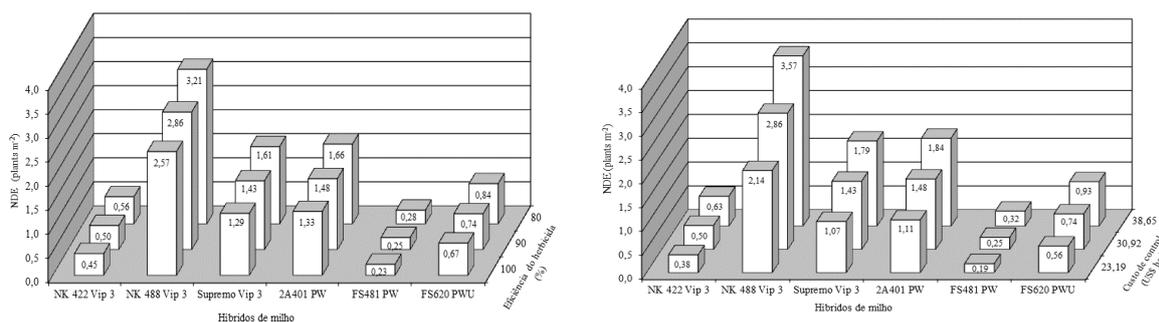


Figura 1. Nível de dano econômico (NDE) de soja voluntária em híbridos de milho em função da produtividade de grãos, preço do produto, eficiência de controle e custo de controle.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CARGNELUTTI FILHO A., STORCK L. Estatísticas de avaliação da precisão experimental em ensaios de cultivares de milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.42, n.1, p.17-24, 2007.

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.

FRANDOLOSO, F.S. et al. Interference and level of economic damage of alexandergrass on corn. **Planta Daninha**, v.38, e020219966, 2020.

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

LINDQUIST, J. L.; KROPFF, M. J. Application of an ecophysiological model for irrigated rice (*Oryza sativa*) - *Echinochloa* competition. **Weed Science**, v.44, n.1, p.52-66, 1996.

SILVA, M.R. et al. Weed management in glyphosate-resistant maize. **Arquivos do Instituto Biológico**, v.87, e0862019, 2020.

SOCIEDADE BRASILEIRA DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS-SBCPD. **Procedimentos para instalação, avaliação e análise de experimentos com herbicidas**. Londrina: SBCPD, 1995. 42p.

Palavras-chave: *Zea mays*; *Glycine max*; Nível de dano econômico.

Nº de Registro no Sistema Prisma: PES-2020- 0162.

Financiamento: PROBITI/FAPERGS/UFFS.