

Perdas de rendimento de grãos de soja causadas por interferência de picão-preto e guanxuma

Soybean grain yield losses due to interference by beggarticks and arrowleaf sida¹

Mauro Antônio Rizzardi² Nilson Gilberto Fleck³
Claudio Mário Mundstock³ Mário Antônio Bianchi⁴

RESUMO

O grau de interferência mútua entre plantas daninhas e cultivadas pode ser afetado pelas espécies concorrentes e por seu nível populacional. O objetivo deste trabalho foi avaliar a possibilidade de uso do modelo da hipérbole retangular na previsão das perdas de rendimento de grãos de soja causadas por picão-preto (*Bidens* spp.) e guanxuma (*Sida rhombifolia* L.). Para isso, foram realizados dois experimentos em campo no Município de Eldorado do Sul-RS, nos anos de 1999/00 e 2000/01. Os tratamentos constaram de densidades de plantas de picão-preto ou de guanxuma, as quais foram alocadas de acordo com níveis populacionais de ervas encontrados naturalmente na área experimental. Constatou-se que as perdas de rendimento causadas por incrementos nas densidades de picão-preto e de guanxuma aumentaram de forma não linear. O modelo da hipérbole retangular propicia melhores ajustes quando utiliza perdas do rendimento de grãos do que perdas da matéria seca da soja no florescimento ou do rendimento biológico da soja. por meio da comparação dos parâmetros obtidos para o modelo testado, conclui-se que picão-preto interfere mais negativamente na cultura do que guanxuma.

Palavras-chave: *Bidens* spp., *Sida rhombifolia* L., modelos matemáticos, hipérbole retangular.

ABSTRACT

The level of reciprocal interference between weeds and crops is affected by the competing species and plant populations involved. This research was conducted in order to evaluate the possibility of using the rectangular hyperbolic

model for predicting soybean grain yield losses caused by beggarticks (*Bidens* spp.) and arrowleaf sida (*Sida rhombifolia* L.) infestations. To accomplish this, there were carried out two field experiments in Eldorado do Sul, RS, Brazil, during the 1999/00 and 2000/01 growing seasons. Treatments consisted of beggarticks and arrowleaf densities, which were located according to naturally occurring population levels in the research area. Was detected that grain yield losses due to increasing densities of these weeds increased non-linearly. The rectangular hyperbolic model suits better adjustments when is used grain yield losses than using soybean dry matter at flowering stage or biological yield losses. Through comparison of the parameters estimated for the adjusted model, it is concluded that beggarticks exerts greater interference in soybean than arrowleaf sida.

Key words: *Bidens* spp., *Sida rhombifolia* L., mathematical models, rectangular hyperbolic.

INTRODUÇÃO

A interferência exercida por plantas daninhas constitui-se em fator responsável por reduções do rendimento de grãos de soja, o que ocorre com frequência nessa cultura no Rio Grande do Sul. Dentre as principais ervas que infestam lavouras no Estado, destacam-se, por sua ampla distribuição e frequência, as espécies dicotiledôneas picão-preto (*Bidens pilosa* L. e *B. subalternans* DC.) e guanxuma

¹Parte da tese do primeiro autor para a obtenção do título de Doutor em Fitotecnia.

²Engenheiro Agrônomo, Mestre, Professor da Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária da Universidade de Passo Fundo (UPF) e aluno do Programa de Pós-graduação em Fitotecnia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). CP 611, 99001-970, Passo Fundo-RS. E-mail:rizzardi@upf.tche.br. Autor para correspondência.

³Engenheiro Agrônomo, PhD, Professor do Departamento de Plantas de Lavoura da Faculdade de Agronomia, UFRGS.

⁴Engenheiro Agrônomo, Mestre, aluno do Programa de Pós-graduação em Fitotecnia da UFRGS.

(*Sida rhombifolia* L.), às quais se têm atribuído contribuição significativa nas reduções do potencial de produtividade da soja.

Os efeitos negativos de plantas daninhas em culturas decorrem tanto do aumento na densidade de ervas quanto da duração da interferência (GUERSA & HOLT, 1995). Em relação à densidade, VANDEVENDER et al. (1997) observaram que, com o incremento na densidade de ervas, aumentaram as perdas de rendimento de arroz irrigado. As relações densidade-rendimento, observadas por esses autores, foram não lineares, do tipo sigmoideal ou hiperbólica.

A não-linearidade da resposta ocorre porque cada planta de erva, em densidades elevadas, apresenta menos impacto ao rendimento da cultura do que quando as ervas encontram-se em densidades relativamente baixas (COUSENS, 1985). Esse tipo de relacionamento entre densidade e rendimento da cultura é causado pela disponibilidade de recursos finitos (RADOSEVICH et al., 1997). De acordo com esses autores, em densidades muito baixas, o rendimento final da população é determinado pelo número de indivíduos, mas, em densidades elevadas, quando a capacidade do ambiente em suprir recursos torna-se limitada, o rendimento final independe da densidade de plantas.

O objetivo deste trabalho foi avaliar a possibilidade de uso do modelo da hipérbole retangular na predição das perdas de rendimento de grãos de soja causadas por picão-preto e guanxuma.

MATERIAL E MÉTODOS

Os experimentos foram conduzidos em campo, na Estação Experimental Agronômica da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (EEA-UFRGS), em Eldorado do Sul - RS, nas estações de crescimento 1999/00 e 2000/01. A área experimental está situada na região fisiográfica da Depressão Central e possui solo classificado como Latossolo Vermelho Distrófico típico (EMBRAPA, 1999).

Nos dois experimentos conduzidos, o delineamento utilizado foi o completamente casualizado, com uma repetição. Os tratamentos constaram de densidades de plantas de picão-preto (associações de *Bidens pilosa* L. e *B. subalternans* DC.) ou de guanxuma (*Sida rhombifolia* L.). As unidades experimentais foram alocadas aleatoriamente, empregando-se, para picão-preto, 20 unidades, nas quais as densidades de erva variaram de três a 176 plantas m⁻²; e para guanxuma, 15 unidades, nas quais as densidades variaram de uma a 82 plantas m⁻². Nos dois experimentos mantiveram-se quatro unidades com

ausência da erva. Cada unidade experimental mediou 6m² (2m x 3m), constando de cinco fileiras de soja.

Os experimentos foram implantados utilizando-se o sistema de semeadura direta, em áreas contendo cobertura vegetal formada por aveia-preta (*Avena strigosa* Schreb), no experimento com picão-preto, e por aveia-preta e nabo forrageiro (*Raphanus sativus* var. *oleiferus* L.), no experimento com guanxuma. O manejo das espécies de cobertura foi realizado com os herbicidas glyphosate (900g de equivalente ácido ha⁻¹) e 2,4-D (670 g equivalente ácido ha⁻¹), sendo efetuado na fase de florescimento das plantas de aveia-preta e nabo forrageiro. As dessecações foram realizadas 20 e 13 dias antes da semeadura da soja, respectivamente para os experimentos com picão-preto e com guanxuma.

A adubação do solo foi realizada por ocasião da semeadura da soja, através da distribuição de 340kg ha⁻¹ da fórmula 05-25-25 no experimento com picão-preto; e, de 300kg ha⁻¹ da fórmula 05-20-20 no experimento com guanxuma. Em ambos os experimentos, utilizou-se a cultivar de soja Embrapa 66, de ciclo médio de desenvolvimento e estatura média de 83cm, a qual foi estabelecida na densidade de 400 mil plantas ha⁻¹, em espaçamento de 0,4m entre fileiras.

O controle de ervas gramíneas foi obtido com o herbicida graminicida clethodim (120g ha⁻¹), acrescido do adjuvante Assist usado a 0,5 % volume/volume. Durante a condução dos experimentos, foram realizadas suplementações hídricas por meio de irrigações por aspersão, a fim de se garantir adequado desenvolvimento à cultura.

As avaliações das densidades das ervas ocorreram 20 dias após a emergência da soja (DAE), mediante contagem dos indivíduos presentes em área de 1,0m² por parcela, dividida em dois locais de cada unidade. As determinações realizadas nos experimentos incluíram matéria seca da parte aérea da soja no florescimento, através da coleta, secagem e pesagem de cinco plantas de soja por parcela e rendimento biológico aparente (somatório da matéria seca da parte aérea e dos grãos), com coleta de dez plantas de soja na pré-colheita e posterior secagem e pesagem. O rendimento de grãos da soja foi determinado numa área de 3,0m² (1,2m x 2,5m), englobando as três fileiras centrais da parcela. Por ocasião da pesagem dos grãos foi determinada sua umidade e, posteriormente, as massas foram ajustadas para 13 % de umidade. Aos dados de matéria seca da soja no florescimento, rendimento biológico e rendimento de grãos foram calculadas as perdas percentuais em relação às parcelas mantidas livre de ervas, de acordo com a Equação 1:

$$P_r (\%) = ((R_a - R_b) / R_a) \times 100 \quad (\text{Equação 1});$$

onde: P_r = perda de rendimento; R_a = rendimento sem ervas e R_b = rendimento com ervas.

Aos dados de porcentagens de perda foi ajustado o modelo de regressão não linear da hipérbole retangular proposto por COUSENS (1985):

$$P_r = (i \cdot X) / (1 + ((i/a) \cdot X)) \quad (\text{Equação 2});$$

onde: P_r = perda de rendimento (%); X = densidade de plantas da erva; i = porcentagem de perda de rendimento por unidade de erva quando sua densidade se aproxima de zero; a = porcentagem de perda de rendimento quando a densidade de ervas tende ao infinito.

O ajuste do modelo aos dados foi realizado usando-se o procedimento Proc Nlin do programa computacional SAS (SAS, 1989). Para este procedimento, utilizou-se o método de Gauss-Newton, o qual estima os valores dos parâmetros nos quais a soma dos quadrados dos desvios das observações em relação aos valores ajustados é mínima.

Para perda de rendimento de grãos, além do modelo da hipérbole retangular, foi ajustado o modelo linear, com segmentação arbitrária da curva em linhas retas, obtendo-se declividade de cada segmento linear. O número de pontos para ajustar ao modelo linear foi determinado de acordo com o efeito que o acréscimo de cada ponto adicional propiciava no aumento numérico do coeficiente de determinação.

Tanto para picão-preto quanto para guanxuma foram previamente separadas cinco parcelas com densidades variáveis de ervas para validação do modelo de regressão não linear. Para o cálculo da perda de rendimento de grãos, utilizaram-se dados de rendimento de soja na ausência de ervas de outros experimentos conduzidos na mesma área experimental. O nível de associação entre as perdas de rendimento observadas e as perdas de rendimento estimadas pela Equação 2 foi avaliado com o uso de correlação linear simples.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O rendimento médio de grãos de soja na ausência de picão-preto foi 3290kg ha⁻¹, com variação de 2800 a 3800kg ha⁻¹, e na ausência de guanxuma foi 4780kg ha⁻¹, com variação de 4200 a 5200kg ha⁻¹. O aumento na densidade de plantas de picão-preto causou maior percentual de perdas no rendimento de grãos da soja do que o decorrente do incremento na

densidade de guanxuma (Figura 1). Percebe-se, nessa figura, que as perdas máximas de rendimento foram de, aproximadamente, 58% e 14% para picão-preto e guanxuma, respectivamente. Para ambas as espécies, observou-se, em densidades baixas, que as perdas de rendimento foram menos intensas do que o observado na ausência de ervas, gerando inclusive alguns valores negativos.

Algumas vezes, sob baixas densidades de ervas, ocorrem incrementos no rendimento de grãos (FLOREZ et al., 1999). Isso pode decorrer de efeito complementar entre as espécies, possibilitando algum tipo de interação positiva na convivência entre ambas em densidades baixas e para espécies que apresentam menor habilidade competitiva ou condições de reduzida interferência, ou ainda, pode ser simplesmente devido ao erro experimental (BRAIN & COUSENS, 1989; SEEFELDT et al., 1995). Por exemplo, todas as perdas de rendimento foram padronizadas de acordo com o valor médio obtido para a testemunha (média de quatro repetições), o qual, implicitamente, assume-se ser estimado sem erro. Uma alternativa para superar tal efeito seria aumentar o número de repetições de parcelas sem ervas para diminuir a variabilidade obtida no rendimento.

O modelo da hipérbole ajustou satisfatoriamente os dados ($p < 0,05$), obtendo-se coeficientes de determinação de 0,63 e 0,54 para picão-preto e guanxuma, respectivamente. Esses valores de R^2 , embora relativamente baixos, estão de acordo com ajustes referidos na bibliografia para trabalhos dessa natureza (LUTMAN et al., 2000). Em relação ao R^2 , SARTORATO et al. (1996) salientam que o uso desse coeficiente, mesmo sendo inadequado para aferir regressão não linear, serve como um indicador aproximado da variabilidade explicada pelo ajuste das curvas.

A partir da análise de regressão pelo modelo da hipérbole, é possível estimar os parâmetros, que permitem comparar a interferência das espécies de ervas que competem com a cultura. O parâmetro “ i ”, por exemplo, foi 2,3 vezes maior para picão-preto do que para guanxuma, o que denota maior intensidade de interferência negativa daquela erva em densidades bem baixas. De forma semelhante, a relação “ i/a ”, que reflete o grau de competição intraespecífica, foi menor para picão-preto (0,03) do que para guanxuma (0,06).

Ao se analisar o ajuste propiciado pelo modelo da hipérbole sob o ponto de vista biológico, percebem-se duas situações distintas: na primeira, em densidades baixas, o efeito do incremento na densidade é aditivo. Isso ocorre porque as áreas de influência de ervas individuais não chegam a se sobrepor. Na

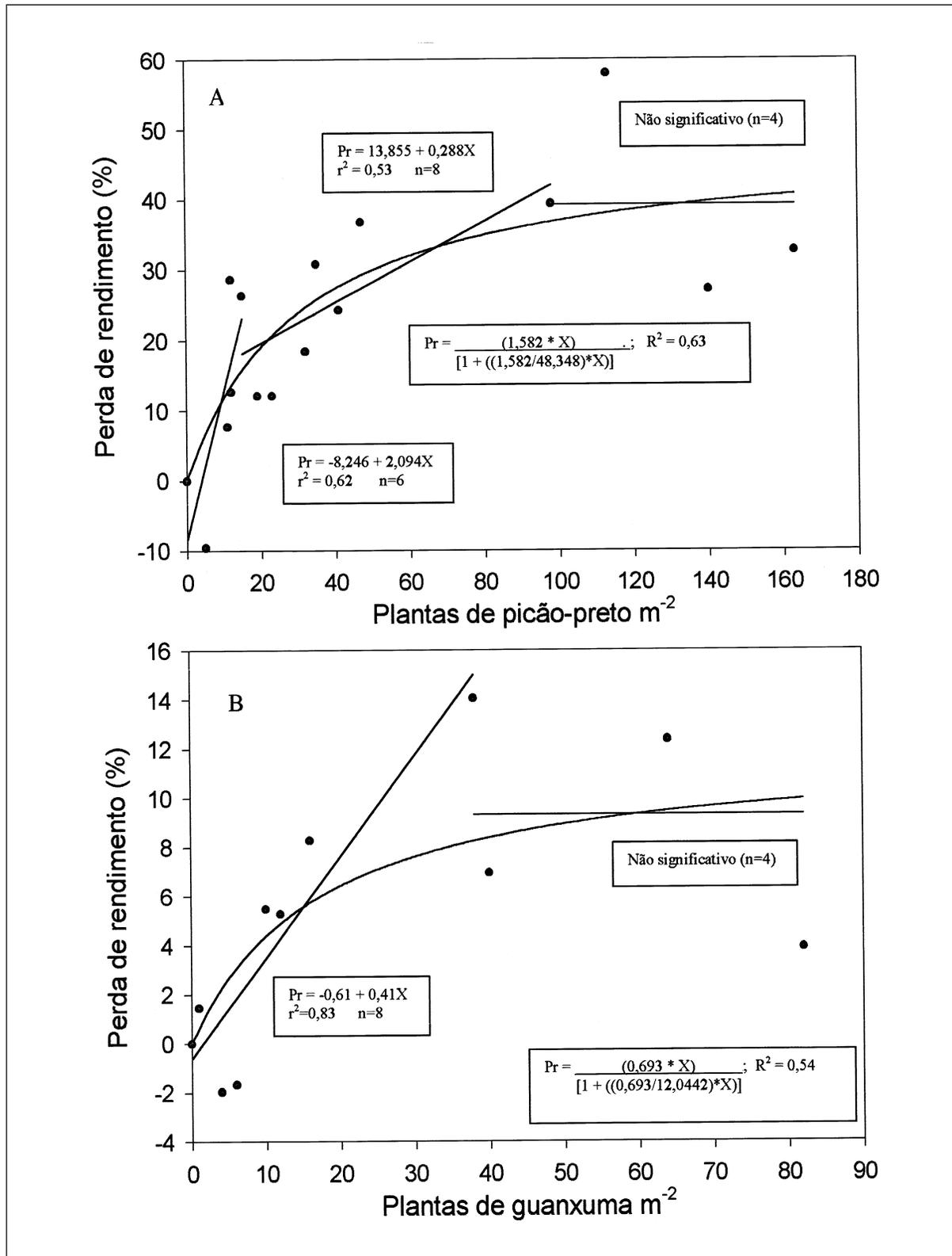


Figura 1 – Perdas de rendimento de grãos de soja em função de densidade de plantas de picão – preto, em 1990/00 (A), e guanxuma, em 2000/01 (B), EEA/UFRGS, Eldorado do Sul-RS.

segunda, em densidades altas, o efeito de competição decorrente de cada unidade de erva que é adicionada à cultura diminui. Isso ocorre porque as áreas de influência já começam a se sobrepor e, como consequência desse aumento na intensidade da competição intraespecífica, as perdas no rendimento tendem a se estabilizar. Dessa forma, por este modelo, cada unidade de incremento adicionada na carga competitiva da erva causa mais perdas de rendimento em baixas do que em altas densidades. Esse comportamento segue o que estabelece a lei da diminuição das respostas, a qual indica que, quando a densidade de ervas aumenta, a produtividade da cultura diminui, até um ponto em que a adição posterior de ervas não diminui substancialmente o rendimento, ou ainda, está de acordo com a lei da produtividade final constante (RADOSEVICH et al., 1997). Por essa lei, a produção de matéria seca por unidade de área é independente da densidade das plantas presentes na área.

O uso do modelo linear segmentado, para se obter a partição da curva da hipérbole em segmentos de reta, permitiu gerar dois segmentos lineares significativos para a curva de picão-preto e um segmento para guanxuma (Figura 1). Para picão-preto, no primeiro segmento, obtido até 15 plantas de erva m^{-2} , o acréscimo de cada planta da erva aumentou em 2,1 % a perda de rendimento de grãos da soja, enquanto que, no segundo segmento, essa perda foi bem menor (0,3 %). Para guanxuma, houve incremento linear de perda de rendimento até a densidade de 40 plantas m^{-2} , em que o acréscimo de cada unidade da erva aumentou a perda em 0,4 %.

Em geral, o relacionamento entre rendimento da cultura e densidade de ervas, avaliado através de regressão linear, tem-se

mostrado apropriado, considerando que os efeitos de aumentos na densidade de ervas em populações relativamente baixas são aditivos (BAUER et al., 1991). Em tais situações, a competição intraespecífica é razoavelmente baixa; dessa forma, pode-se supor que as perdas percentuais de rendimento causadas por uma espécie daninha sejam constantes, quando a densidade de ervas aumenta.

O ajuste do modelo da hipérbole com uso de diferentes variáveis dependentes para estimar o efeito de infestações de ervas expressas por suas densidades, está sumarizado na tabela 1. Tanto para picão-preto quanto para guanxuma, os maiores valores de R^2 foram obtidos para o ajuste baseado na perda de rendimento de grãos, comparativamente às perdas calculadas com base na matéria seca da soja no florescimento e no rendimento biológico aparente. Esses resultados indicam que o cálculo de perdas baseado no rendimento de grãos aparentemente constitui-se na estratégia mais adequada, talvez por computar o efeito tanto da competição ocorrente na fase vegetativa quanto na reprodutiva, o que não se manifesta com a matéria seca avaliada no florescimento da soja. Em geral, quando a soja alcança a fase de florescimento, cessa seu crescimento em estatura, ocasião em que diversas espécies daninhas, como picão-preto, conseguem superá-la e passam a exercer competição por luz. Em relação ao rendimento biológico, provavelmente o baixo ajuste possa associar-se à época na qual a variável foi determinada; ou seja, por ocasião da coleta das plantas, parte das folhas já se apresentava senescente, o que pode ter-se refletido em matéria seca total subestimada. Outro aspecto a considerar deve-se ao fato de se utilizar

Tabela 1 - Parâmetros estimados pelo modelo da hipérbole retangular, considerando-se diferentes variáveis dependentes, para picão-preto, em 1999/00 e guanxuma, em 2000/01, EEA/UFRGS, Eldorado do Sul-RS.

Variáveis dependentes	Parâmetros ^a		R^2	Soma de quadrados do resíduo
	i	a		
Picão-preto				
Perda de biomassa seca no florescimento da soja	2,80	52,4	0,49	3183,07
Perda de rendimento de grãos da soja	1,58	48,3	0,63	1500,11
Perda de rendimento biológico aparente	0,26	48,9	0,33	5793,67
Guanxuma				
Perda de rendimento de grãos da soja	0,69	12,0	0,54	128,95
Perda de rendimento biológico aparente	6,13	8,2	0,06	911,25

^a i = porcentagem de perda de rendimento por unidade de erva quando sua densidade se aproxima de zero; a = porcentagem de perda de rendimento quando a densidade de ervas tende ao infinito.

somente a parte aérea das plantas na avaliação, o que não reflete possível competição que possa ocorrer em nível de raízes da soja e, também, que foram utilizadas poucas plantas na estimativa do rendimento biológico.

A validação dos modelos ajustados para picão-preto e guanxuma indicou baixa correlação entre perdas de rendimento de grãos de soja observadas e estimadas com o uso dos modelos. Os coeficientes de correlação foram 0,69 ($p = 0,19$) e 0,49 ($p = 0,39$) para picão-preto e guanxuma, respectivamente. Como visto, o modelo da hipérbole pode ajustar bem os dados observados; no entanto, está sujeito a críticas devido à baixa capacidade preditiva, associado às diferenças ocorrentes nas condições climáticas entre locais e/ou anos (WEBSTER et al., 2000), à variabilidade que ocorre no rendimento de grãos em áreas livres de ervas (LINDQUIST, 2001; MASSINGA et al., 2001), ou mesmo à heterogeneidade na emergência das ervas (KROPFF & LOTZ, 1992). Parte da baixa associação também pode ser creditada ao número relativamente baixo de pontos usados. Logo, não apenas se torna difícil estimar com precisão a densidade de nível de dano, devido à distribuição das ervas em manchas na lavoura, mas também porque elas usualmente emergem em fluxos sucessivos (MICKELSON & HARVEY, 1999). A capacidade preditiva do modelo de COUSENS (1985) tem seus limites, porque a densidade das ervas não computa a variação na época de sua emergência em relação à cultura, fluxos consecutivos de ervas ou variações no vigor das ervas (VAN ACKER et al., 1997).

CONCLUSÕES

O grau de interferência exercido por ervas dicotiledôneas na cultura da soja depende da espécie daninha presente e de sua densidade, e a espécie *Bidens* spp. interfere mais negativamente na cultura do que a *Sida rhombifolia* L.

O modelo da hipérbole retangular propicia melhores ajustes aos dados, quando utiliza como variável dependente as perdas de rendimento de grãos, do que quando é calculado com base nas perdas de massa seca da soja no florescimento.

AGRADECIMENTOS

Ao CNPq (Proc. Nº 460789/00-7) e a Fapergs (Proc. Nº 00/0228.9) pelo apoio financeiro na execução do trabalho.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BAUER, T.A. et al. Environmental variability associated with economic thresholds for soybeans. **Weed Science**, Champaign, v.39, n.4, p.564-569, 1991.
- BRAIN, P.; COUSENS, R. An equation to describe dose responses where there is stimulation of growth at low doses. **Weed Research**, Oxford, v.29, n.2, p.93-96, 1989.
- COUSENS, R. An empirical model relating crop yield to weed and crop density and a statistical comparison with other models. **Journal of Agricultural Sciences**, Cambridge, v.105, n.3, p.513-521, 1985.
- EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília : EMBRAPA, 1999. 412p.
- FLOREZ, J.A. et al. Predicting rice yield losses caused by multispecies weed competition. **Agronomy Journal**, Madison, v.91, n.1, p.87-92, 1999.
- GHERSA, C.M.; HOLT, J.S. Using phenology prediction in weed management: a review. **Weed Research**, Oxford, v.35, n.6, p.461-470, 1995.
- KROPFF, M.J.; LOTZ, L.A.P. Optimization of weed management systems: the role of ecological models of interplant competition. **Weed Technology**, Champaign, v.6, n.2, p.462-470, 1992.
- LINDQUIST, J.L. Performance of INTERCOM for predicting corn-velvetleaf interference across north-central United States. **Weed Science**, Lawrence, v.49, n.4, p.195-201, 2001.
- LUTMAN, P.J.W. et al. Prediction of competition between oilseed rape and *Stellaria media*. **Weed Research**, Oxford, v.40, n.3, p.255-269, 2000.
- LUTMAN, P.J.W.; DIXON, F.L.; RISIOTT, R. The response of four spring-sown combinable arable crops to weed competition. **Weed Research**, Oxford, v.34, n.2, p.137-146, 1994.
- MASSINGA, R.A. et al. Interference of palmer amaranth in corn. **Weed Science**, Lawrence, v.49, n.2, p.202-208, 2001.
- MICKELSON, J.A.; HARVEY, R.G. Relating *Eriochloa villosa* emergence to interference in *Zea mays*. **Weed Science**, Lawrence, v.47, n.5, p.571-577, 1999.
- RADOSEVICH, S.; HOLT, J.; GHERSA, C. Associations of weeds and crops. In: **Weed ecology – implications for management**. 2.ed. New York : Wiley & Sons, 1997. p.163-214.
- SARTORATO, I.; BERTI, A.; ZANIN, G. Estimation of economic thresholds for weed control in soybean (*Glycine max* (L.) Merr.). **Crop Protection**, Surrey, v.15, n.1, p.63-68, 1996.
- SAS – Institute Statistical Analysis System. **User's guide**. Version 6.4. North Caroline, 1989. 846p.
- SEEFELDT, S.S.; JENSEN, J.E.; PATRICK FUERST E. Log-logistic analysis of herbicide dose-response relationships. **Weed Technology**, Champaign, v.9, n.2, p.218-225, 1995.

VAN ACKER, R.A.; LUTMAN, P.J.W.; FROUD-WILLIAMS, R.J. Predicting yield loss due to interference from two weed species using early observations of relative weed leaf area. **Weed Research**, Oxford, v.37, n.5, p.287-299, 1997.

VANDEVENDER, K.W.; COSTELLO, T.A.; SMITH JR., R.J. Model of rice (*Oryza sativa*) yield reduction as a function of

weed interference. **Weed Science**, Lawrence, v.45, n.2, p.218-224, 1997.

WEBSTER, T.M.; CARDINA, J.; WOODS, S.J. *Apocynum cannabinum* interference in no-till *Glycine max*. **Weed Science**, Lawrence, v.48, n.6, p.716-719, 2000.