

## ANÁLISE COMPARATIVA DE MODELOS MATEMÁTICOS NA ESTIMATIVA DA PERDA DE RENDIMENTO DE GRÃOS DE ARROZ IRRIGADO EM FUNÇÃO DA INTERFERÊNCIA DE GENÓTIPOS DE ARROZ CONCORRENTES.

Nilson G. Fleck<sup>(1)</sup>, Dirceu Agostinetto<sup>(1)</sup>, Alvadi A. Balbinot Junior<sup>(1)</sup>, Mauro A. Rizzardi<sup>(1)</sup>, Valmir G. Menezes<sup>(2)</sup>. <sup>1</sup>UFRGS, Porto Alegre, RS, C.P. 776, CEP 91501-970 - agostinetto@agricultura.gov.br; <sup>2</sup> IRGA, Cachoeirinha, RS.

Palavras-chave: *Oryza sativa*, competição, variáveis explicativas.

A perda no rendimento de grãos geralmente é muito sensível a pequenas diferenças no período entre emergência da cultura e das plantas daninhas. Deste modo, além da variável população de ervas, o período entre emergência da cultura e das ervas costuma definir as relações de competição entre elas e, assim, ambas necessitam ser incorporadas em modelos matemáticos que estimem o resultado da interferência entre espécies daninhas e cultivadas. O presente trabalho teve por objetivo comparar modelos matemáticos em estimar perdas de rendimento de grãos de arroz irrigado por influência de populações e de épocas de emergência do arroz-vermelho ou da cultivar EEA 406, simuladora daquele, e comparar variáveis explicativas visando identificar a que forneça melhor ajuste ao modelo da hipérbole retangular.

Dois experimentos foram conduzidos em área experimental do Instituto Rio-Grandense do Arroz (IRGA), no Município de Cachoeirinha-RS, na estação de crescimento 1999/00. O delineamento experimental utilizado foi completamente casualizado, com uma repetição. Os tratamentos foram arranjos em esquema fatorial, formado por três épocas de emergência (-9, 0 e +8, dias, em relação à da cultivar IRGA 417) e por populações de arroz-vermelho (Experimento 1) ou da cultivar simuladora (Experimento 2).

O preparo do solo foi realizado em sistema convencional. A cultivar de arroz utilizada foi IRGA 417, e sua emergência ocorreu em 19/12/1999. As demais práticas de manejo utilizadas foram aquelas recomendadas pela pesquisa. As avaliações de populações dos genótipos competidores, massa seca da parte aérea e cobertura vegetal do solo foram realizadas aos 15 dias após a emergência da cultura (DAE). Por ocasião da colheita da cultura, realizada 122 DAE, determinou-se o rendimento de grãos.

Para descrever as relações entre perda de rendimento de grãos e população de plantas concorrentes, massa seca da parte aérea ou cobertura do solo, em cada época de emergência das competidoras, utilizou-se o modelo de regressão não linear da hipérbole retangular proposto por Cousens (1985) (Equação 1); e, para quantificar o efeito integrado de populações e épocas relativas de emergência dos genótipos competidores, usou-se o modelo proposto por Cousens et al. (1987) (Equação 2).

$$\text{Equação 1: } Pr = \frac{(i * X)}{[1 + (i/a) * X]} \quad \text{Equação 2: } Pr = \frac{(i * X)}{[(\exp^{-cT}) + (i/a) * X]}$$

onde: Pr = perda de rendimento (%); X = população, massa seca ou cobertura do solo, relativas aos competidores; i = perda de rendimento (%) quando a respectiva variável se aproxima de zero; a = perda de rendimento (%) quando a variável em questão tende ao infinito; T = época de emergência do arroz cultivado em relação aos competidores, expresso em unidades calóricas; c = parâmetro próprio do modelo.

O ajuste dos dados ao modelo foi realizado através do procedimento *Proc Nlin* do programa computacional SAS (SAS, 1989). O valor da estatística F, ao nível de 5% de probabilidade, foi utilizado como critério de ajuste dos dados ao modelo. O critério de aceitação do ajuste baseou-se no coeficiente de determinação (R<sup>2</sup>) e na soma de quadrados do resíduo

(SQR). Quando os valores do parâmetro  $a$  (perda máxima do rendimento de grãos) foram superestimados, a assíntota foi limitada para 100%.

O modelo expresso pela Equação 1, que considera apenas população de plantas (um parâmetro), em geral, demonstrou ajustes satisfatórios dos dados para todas as variáveis explicativas testadas e para ambos os genótipos concorrentes, à exceção da última época de emergência para a cultivar simuladora (Tabela 1). Os valores da estatística F foram significativos para todas as variáveis explicativas e, também, para épocas de emergência. De modo geral, os valores de  $R^2$  diminuíram e os valores da SQR aumentaram à medida que houve atraso na emergência dos genótipos concorrentes em relação ao arroz cultivado. Verificou-se tendência geral de redução do valor estimado para o parâmetro  $i$  da primeira para a terceira época de emergência, sendo esta variação mais expressiva na variável população de plantas. As estimativas da assíntota ( $a$ ) indicaram perdas de rendimento superiores a 100% na maioria dos casos avaliados. As variáveis explicativas população de plantas e cobertura do solo foram as que resultaram em melhores ajustes dos dados ao modelo da Equação 1.

Tabela 1 – Ajustes obtidos para perda (%) do rendimento de grãos de arroz em função de população de plantas, massa seca da parte aérea e cobertura do solo, para épocas de emergência do arroz-vermelho ou da cultivar simuladora (EEA 406), IRGA/Cachoeirinha-RS, 1999/00

Variáveis explicativas	Parâmetros <sup>1</sup>		Coeficiente de determinação ( $R^2$ )	Soma de quadrados do resíduo	Estatística F
	$i$	$a$			
<b>Arroz-vermelho</b>					
População de plantas					
-9 dias <sup>2</sup>	12,65	100,0	0,92	529,0	186,6*
0 dia <sup>2</sup>	4,07	100,0	0,65	2389,2	32,3*
+8 dias <sup>2</sup>	1,67	100,0	0,81	947,2	34,4*
-----					
Massa seca					
-9 dias	0,91	100,0	0,94	439,2	225,6*
0 dia	1,32	100,0	0,82	1241,2	65,8*
+8 dias	1,00	100,0	0,81	962,9	33,7*
-----					
Cobertura do solo					
-9 dias	0,40	100,0	0,91	599,1	164,3*
0 dia	0,63	100,0	0,90	673,2	124,7*
+8 dias	0,49	100,0	0,90	509,8	67,3*
<b>Cultivar EEA 406</b>					
População de plantas					
-9 dias	4,81	100,0	0,75	3452,5	92,0*
0 dia	1,25	100,0	0,78	1345,8	93,8*
+8 dias	1,14	25,2	0,47	449,8	22,8*
-----					
Massa seca					
-9 dias	0,32	100,0	0,64	4999,6	59,8*
0 dia	0,31	100,0	0,81	1144,5	112,3*
+8 dias	1,27	19,3	0,23	654,7	13,9*
-----					
Cobertura do solo					
-9 dias	0,16	100,0	0,85	2148,4	155,1*
0 dia	0,19	100,0	0,77	1431,8	87,4*
+8 dias	0,17	32,1	0,25	638,3	14,4*

<sup>1</sup>  $i$  e  $a$  = perdas (%) de rendimento de grãos por unidade de arroz-vermelho ou da cultivar simuladora quando o valor da variável se aproxima de zero ou tende ao infinito, respectivamente; <sup>2</sup> Épocas de emergência dos competidores em relação à do arroz cultivado; \* Significativo ao nível de 5% de probabilidade.

O modelo matemático (Equação 2) que incorpora população de plantas e época de emergência (dois parâmetros) apresentou ajustes satisfatórios ( $R^2$ ) e significâncias estatísticas

(F) para todas as variáveis avaliadas e épocas de emergência (Tabela 2). Os valores da assíntota foram, novamente, superestimados pelo modelo, sendo a perda máxima limitada para 100% em todos os casos estudados. O parâmetro  $c$ , que representa o índice de competitividade da cultura, demonstrou que o arroz irrigado foi pouco competitivo com os genótipos concorrentes (Tabela 2). Foram obtidos melhores ajustes dos dados ao modelo com utilização das variáveis explicativas população de plantas e cobertura do solo do que massa seca.

Tabela 2 - Ajustes obtidos para perda (%) do rendimento de grãos de arroz cultivado em função de população de plantas, massa seca e cobertura do solo de arroz-vermelho ou cultivar simuladora (EEA 406), IRGA/Cachoeirinha-RS, 1999/00

Variáveis explicativas	Parâmetros <sup>1</sup>			Coeficiente de determinação (R <sup>2</sup> )	Soma de quadrados do resíduo	Estatística F
	$i$	$a$	$c$			
<b>Arroz-vermelho</b>						
População de plantas	5,28	100	-0,09	0,89	2321,6	150,1*
Massa seca	1,06	100	0,003	0,87	2761,1	125,2*
Cobertura do solo	0,50	100	0,007	0,91	1945,7	180,4*
<b>Cultivar EEA 406</b>						
População de plantas	1,30	100	-0,11	0,79	5322,0	134,7*
Massa seca	0,32	100	-0,0003	0,72	6974,4	98,4*
Cobertura do solo	0,15	100	-0,01	0,81	4635,2	157,4*

<sup>1</sup>  $i$  = perda (%) de rendimento de grãos por unidade dos competidores quando o valor da variável se aproxima de zero;  $a$  = perda de rendimento por unidade dos competidores quando o valor da variável tende ao infinito;  $c$  = parâmetro próprio do modelo; \* Significativo ao nível de 5% de probabilidade.

A análise comparativa entre os genótipos concorrentes, com base na habilidade competitiva ( $i$ ), revelou que o arroz-vermelho mostrou superioridade em relação à cultivar simuladora. Por outro lado, considerando-se a variável população de plantas, o parâmetro  $c$ , indicou que as presenças do arroz-vermelho ou do genótipo simulador resultaram em índices de competitividade equivalentes com relação à cultura (IRGA 417).

Ao se compararem os dois modelos matemáticos, constata-se, com base nos valores de R<sup>2</sup>, que o modelo de dois parâmetros demonstra ser mais adequado do que o modelo de um único parâmetro em estimar a perda de rendimento em arroz irrigado (Tabelas 1 e 2). As perdas unitárias estimadas pelo modelo que incorpora população de plantas e época de emergência, no caso da variável explicativa população de plantas, foram de 5,28 e 1,3% para arroz-vermelho e cultivar simuladora, respectivamente. Já, o modelo de um só parâmetro, considerando-se ainda a variável população de plantas, estimou as perdas unitárias de rendimento, quando a emergência dos competidores foi simultânea à do arroz irrigado, em 4,07 e 1,25% para arroz-vermelho e cultivar simuladora, respectivamente. Com base nos dados acima, verifica-se que o modelo de dois parâmetros elevou em 30 e 4% as estimativas para perdas unitárias de rendimento decorrentes da presença de arroz-vermelho ou cultivar simuladora, respectivamente.

A emergência antecipada dos genótipos competidores em relação à cultura aumenta seu potencial competitivo. O arroz-vermelho é mais competitivo com a cultura do arroz, do que a cultivar simuladora (EEA 406). O modelo da hipérbole retangular que incorpora os efeitos da população de plantas e de épocas de emergência é mais adequado do que o de população de plantas em estimar as perdas de produtividade na cultura por interferência de plantas concorrentes. As variáveis explicativas população de plantas e cobertura do solo apresentam melhores ajustes aos modelos matemáticos testados do que massa seca.

#### **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:**

COUSENS, R. An empirical model relating crop yield to weed and crop density and a statistical comparison with other models. **Journal of Agricultural Science**, Cambridge, v.105, n.3, p.513-521, 1985.

COUSENS, R.; BRAIN, P.; O'DONOVAN, J.T.; O'SULLIVAN, P.A. The use of biologically realistic equations to describe the effects of weed density and relative time of emergence on crop yield. **Weed Science**, Champaign, v.35, n.5, p.720-725, 1987.

SAS – Institute Statistical Analysis System. **User's guide**: version 6.4 ed. Cary: SAS Institute, 1989. 846p.